

# Antes de comenzar nuestra sesión ...



INSTITUTO DE  
CAPACITACIÓN  
E INVESTIGACIÓN  
DEL PLÁSTICO Y  
DEL CAUCHO



Ubícate en un  
lugar cómodo

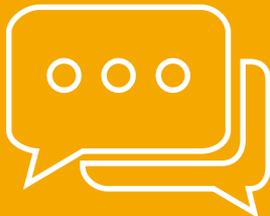


Prepárate un café  
o tu bebida favorita



Alista lápiz y papel  
para tomar nota

# Durante la sesión ...



Interactuar con los docentes y  
demás participantes del curso  
a través del chat



Q&A

Dejar tus preguntas haciendo  
clic en el botón Q&A (Preguntas y  
Respuestas).



No grabar la sesión.  
Recuerda que no está  
permitido



INSTITUTO DE  
CAPACITACIÓN  
E INVESTIGACIÓN  
DEL PLÁSTICO Y  
DEL CAUCHO

# Reciclaje Mecánico II





# Presentador:

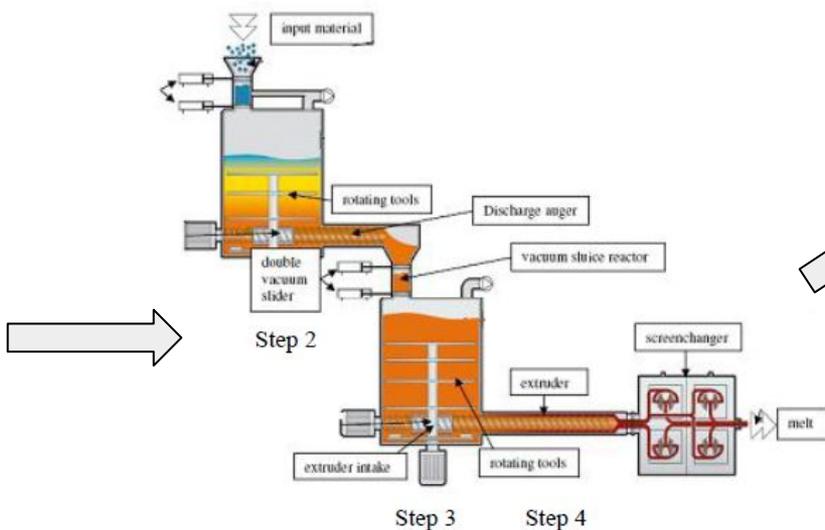
## Ph.D. Omar Augusto Estrada Ramírez

- Director Técnico y Científico (e) del ICIPC.
- Investigador Senior en el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología de Colombia
- Ingeniero Químico de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.
- Especialista en Procesos de Transformación del Plástico y del Caucho y Magíster en Ingeniería de Procesamiento de Polímeros del programa en convenio entre la Universidad EAFIT y el ICIPC.
- Doctor en Ingeniería con énfasis en Sistemas Energéticos de la Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Minas.
- Co-inventor de varias patentes otorgadas en Estados Unidos y patentes PCT.
- Coautor de software especializado del ICIPC con registros de soporte lógico ante la Dirección Nacional de Derecho de Autor en Colombia.
- Ponente en múltiples eventos y coautor de múltiples publicaciones científicas en el ámbito nacional e internacional.



# Conceptos de reciclaje para plásticos en contacto con alimentos

# Contextualización de NOL y SO





## 2. Exigencias FDA, EFSA e INVIMA



# Documentos asociados

## Uso de material reciclado para alimentos

### **EFSA**

Guidelines on submission of a dossier for safety evaluation by the EFSA of a recycling process to produce recycled plastics intended to be used for manufacture of materials and articles in contact with food.

### **UNIÓN EUROPEA**

REGLAMENTO 282-2008

REGLAMENTO 10-2011 Comunidad Europea

### **FDA:**

Guidance for Industry: Use of Recycled Plastics in Food Packaging: Chemistry Considerations

### **INVIMA:**

RESOLUCIÓN 2014022808 del 22 de Julio de 2014



# Exigencias FDA

## Use of Recycled Plastics in Food Packaging (Chemistry Considerations): Guidance for Industry

### INFORME TÉCNICO

- **Una descripción completa del proceso de reciclaje.**
  - Descripción completa de la fuente del material reciclado.
  - Descripción, en caso de haberlos, de los controles en la fuente del material
  - Descripción de acciones para evitar que el material reciclado se contamine, antes de su recolección para reciclaje o durante el proceso de reciclaje.
- **Resultado de cualquier prueba realizada para demostrar que el proceso de reciclaje remueve posibles contaminantes del material.**
  - Demostrar la eficiencia de limpieza del proceso de reciclaje a través de un ensayo con contaminantes sustitutos.
  - Pruebas de migración que demuestren que los niveles obtenidos de contaminantes no terminarán en el alimento.
- **Una descripción de las condiciones propuestas para el uso del plástico.**
  - Temperatura de uso
  - Tipo de alimento
  - Duración de contacto
  - Aplicaciones repetidas o de un solo uso



# Exigencias EFSA

Guidelines on submission of a dossier for safety evaluation by the EFSA of a recycling process to produce recycled plastics intended to be used for manufacture of materials and articles in contact with food

## INFORME TÉCNICO

- **Una descripción detallada del proceso de reciclaje**
  - Diagrama de flujo resaltando pasos clave en el proceso.
  - Una descripción detallada de cada uno de los pasos presentados en el diagrama de flujo.
  - Parámetros relevantes en el proceso y etapas (Temperaturas, presiones, tiempos, etc)
- **Caracterización en la entrada del material reciclado**
  - Descripción detallada del proceso de recolección del material.
  - Controles para evitar ingreso de materiales inadecuados.
- **Eficiencia de descontaminación del proceso de reciclaje**
  - Descripción detallada del Challenge test realizado.
- **Caracterización del plástico reciclado**
- **Aplicación prevista del plástico reciclado**
  - Temperatura de uso
  - Tipo de alimento
  - Duración de contacto
  - Aplicaciones repetidas o de un solo uso
- **Análisis de riesgos en el proceso**





# Guía del Invima para cartas de no objeción

**GUIA ASS-AYC-GU003**

REGLAMENTACIÓN  
APLICABLE

INFORME TÉCNICO

DOCUMENTACIÓN  
COMPLEMENTARIA

ANÁLISIS DEL INVIMA

VIGENCIA DE LA  
AUTORIZACIÓN



# Guía del Invima para cartas de no objeción

## INFORME TÉCNICO

Información del proceso

Caracterización del material de entrada

Eficiencia de descontaminación

Caracterización del plástico reciclado

Uso previsto del material reciclado

Cumplimiento de reglamentación sanitaria colombiana

Análisis de peligros y evaluación del proceso

Modificaciones del proceso

Antecedentes de autorizaciones del proceso-material reciclado, por parte de autoridades sanitarias de otros países

Sistema de aseguramiento de la calidad



# Guía del Invima para cartas de no objeción

## ANÁLISIS DEL INVIMA

Si la información presentada es completa, se programa visita de verificación.

En caso de concepto favorable en primera visita, se emite concepto y se expide autorización del material.

En caso de concepto desfavorable, la entidad cuenta con 30 días hábiles para atender requerimientos.

En caso de concepto favorable en segunda visita, se emite concepto y se expide autorización del material.

En caso de concepto desfavorable en segunda visita, la autorización del material reciclado será negada por el Invima.



# Guía del Invima para cartas de no objeción

## VIGENCIA DE LA AUTORIZACIÓN

No tiene vigencia

Puede ser cancelada por:

Cambio de dirección

Actividad económica

Tecnología de descontaminación

Condiciones sanitarias

Cuando se conozca información nacional o internacional acerca de componentes o situaciones que ponga en peligro la salud de los consumidores



# Bases de las cartas de no objeción y las opiniones científicas

Fuente

¿Es posconsumo controlado?  
¿No es posconsumo controlado?

Proceso

¿La tecnología descontamina y desodoriza efectivamente?

Aplicación

¿Es posible usarla en cualquier aplicación o sólo cumple requerimientos en algunas aplicaciones?

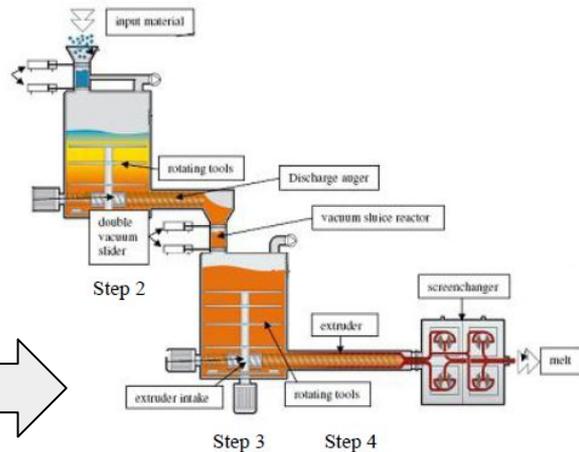
# Proceso de Challenge test



¿Fuente controlada?  
 ¿Nivel de contaminación?  
 ¿Información estadística?

Volatile polar  
 Volatile non-polar  
 non-volatile polar  
 non-volatile non-polar  
 Heavy metal

**CONTAMINACIÓN INTENCIONAL**



- Migración
- Sensorial



¿Cumple con requerimientos?

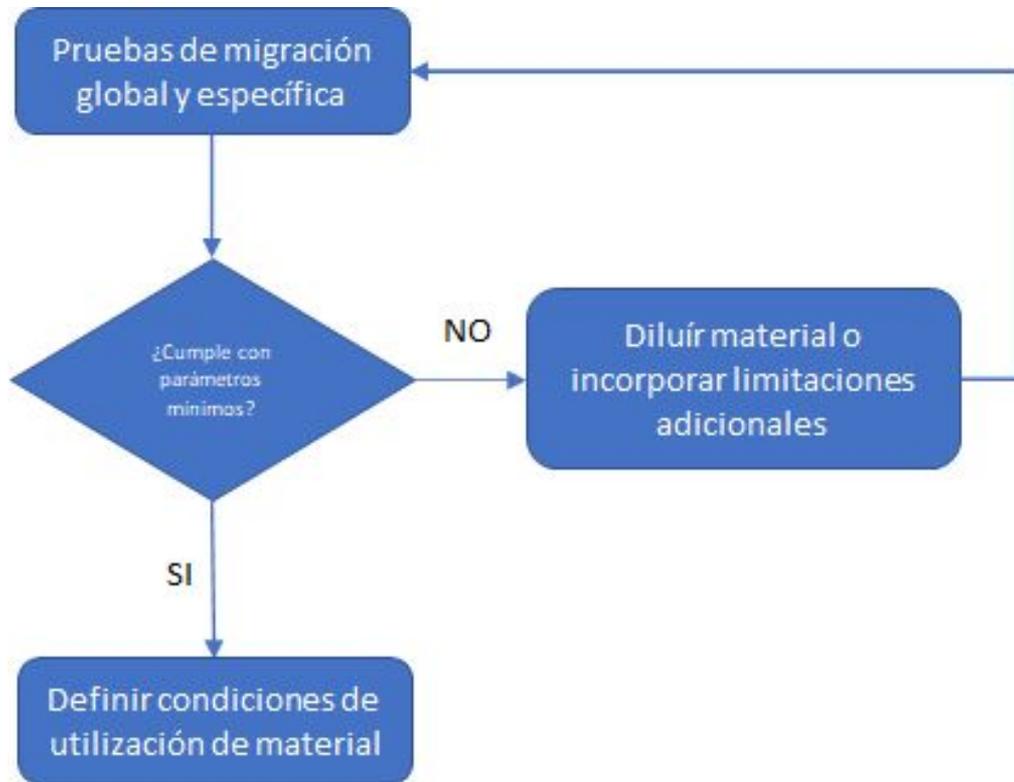
# Proceso del Challenge test

¿Cumple con los requerimientos?



- Migración
- Sensorial

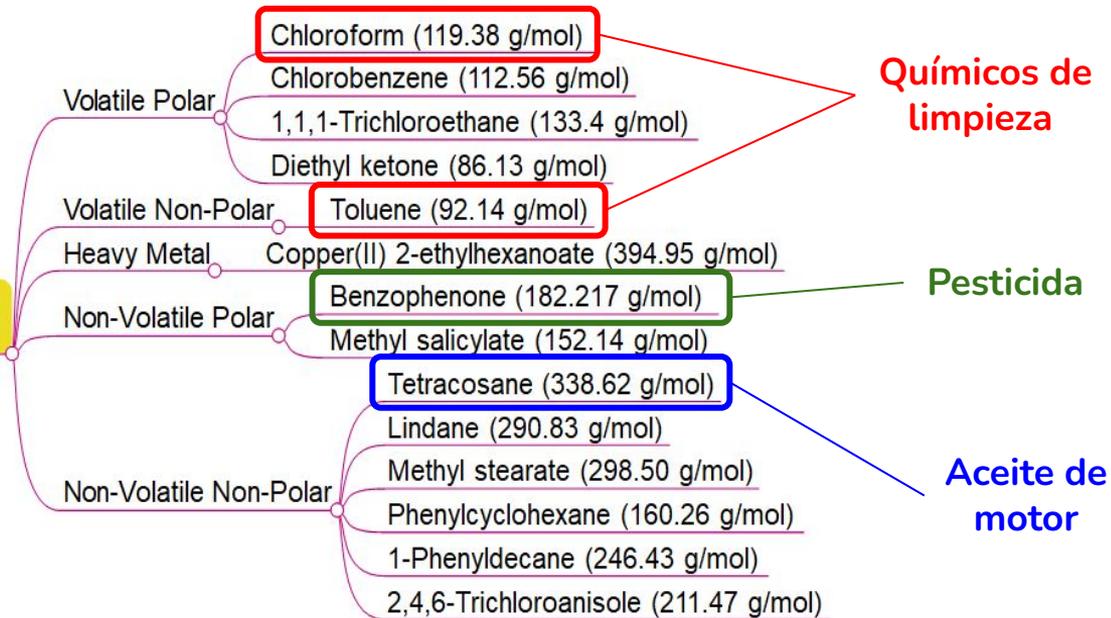
Acorde a requerimiento de cada entidad y normatividades locales.



# Contaminantes sustitutos

Sustancias con diferentes pesos moleculares y polaridades **representativas de aquellos contaminantes de interés (Químicos de limpieza, pesticidas, aceites de motor)**. La concentración de estos sustitutos en el material para el Challenge test debería estar **muchos órdenes de magnitud** por encima de las concentraciones reales.

FDA believes that one surrogate per category is sufficient for the testing (FDA 2021) HDPE





# 3. Navegación en páginas FDA y EFSA



# Páginas FDA y EFSA



Página web FDA: <https://www.fda.gov/>



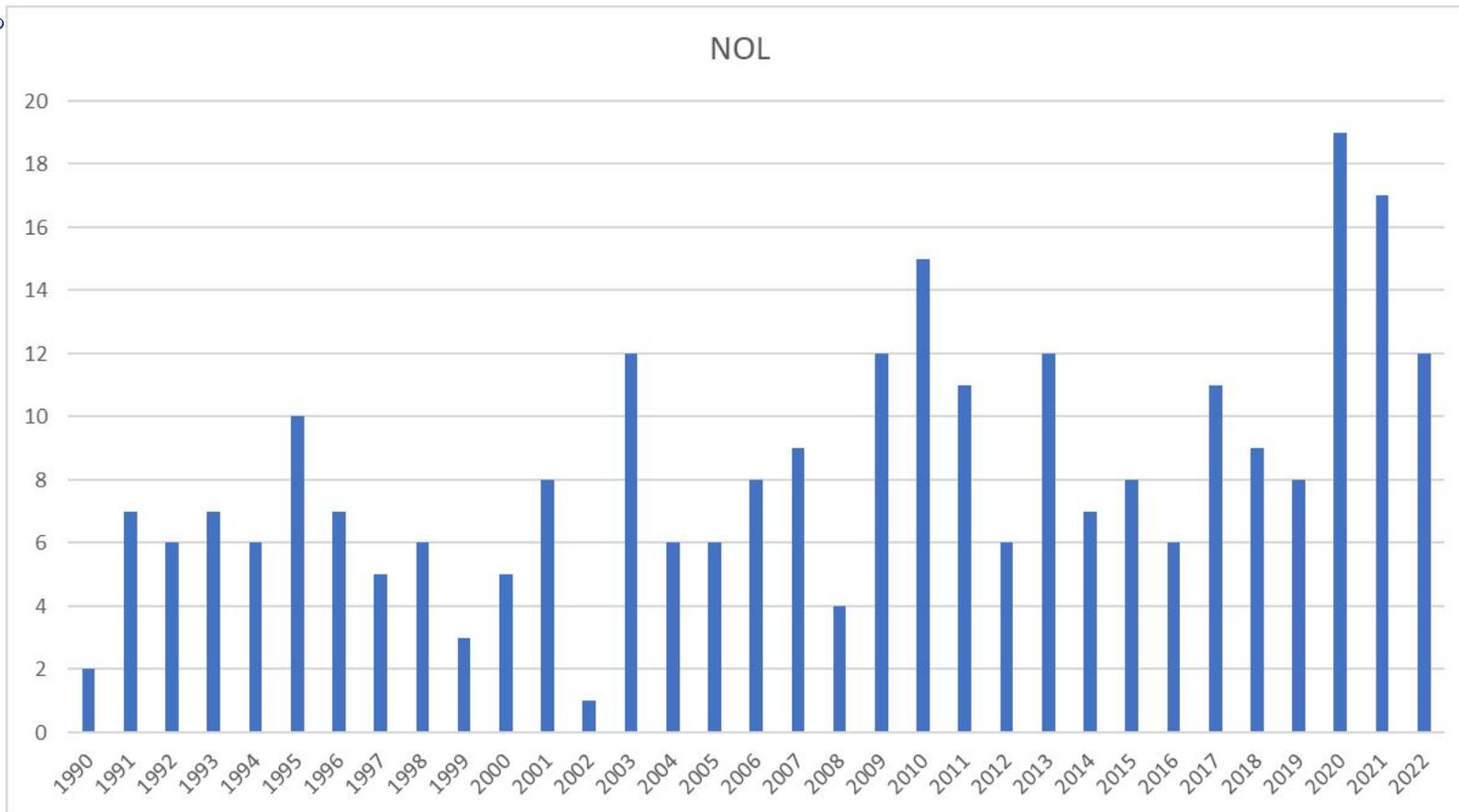
Página web EFSA: <https://www.efsa.europa.eu/en>



# 4. Estado actual NOL y SO

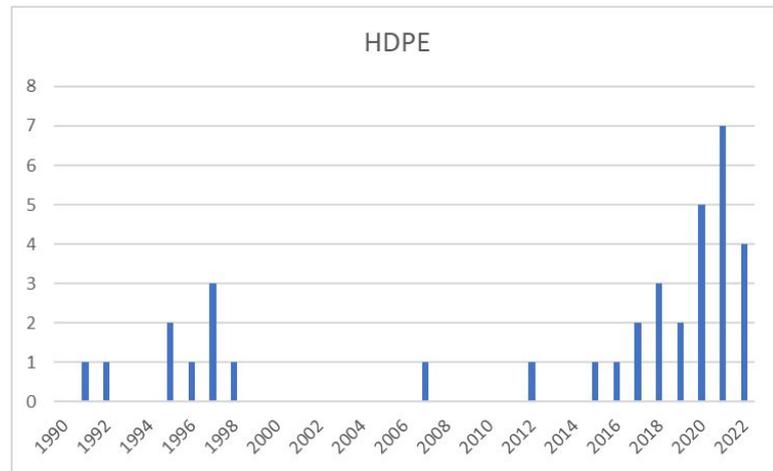
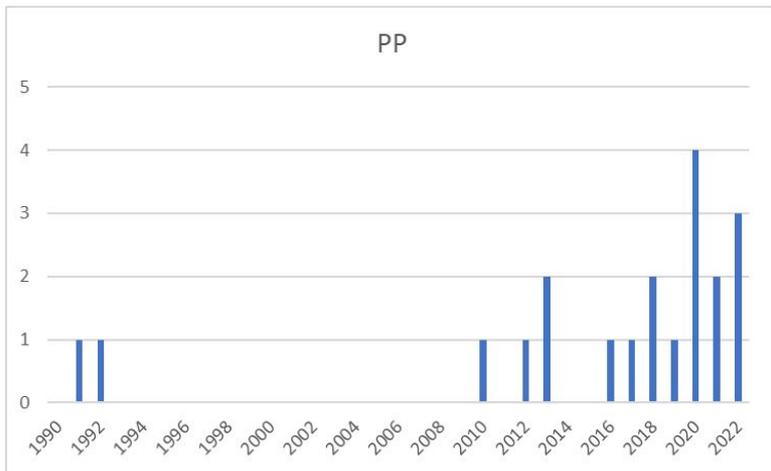
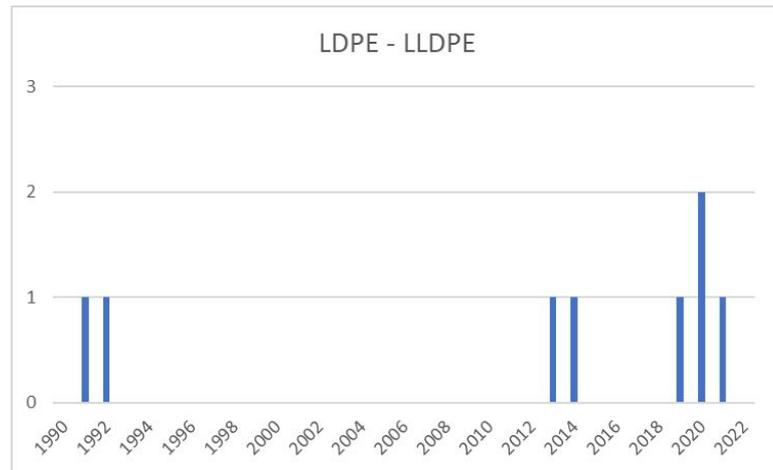
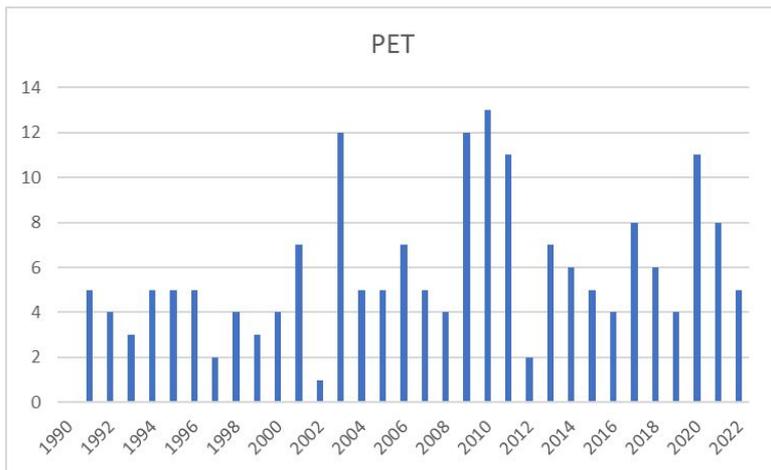


# Estado actual NOL



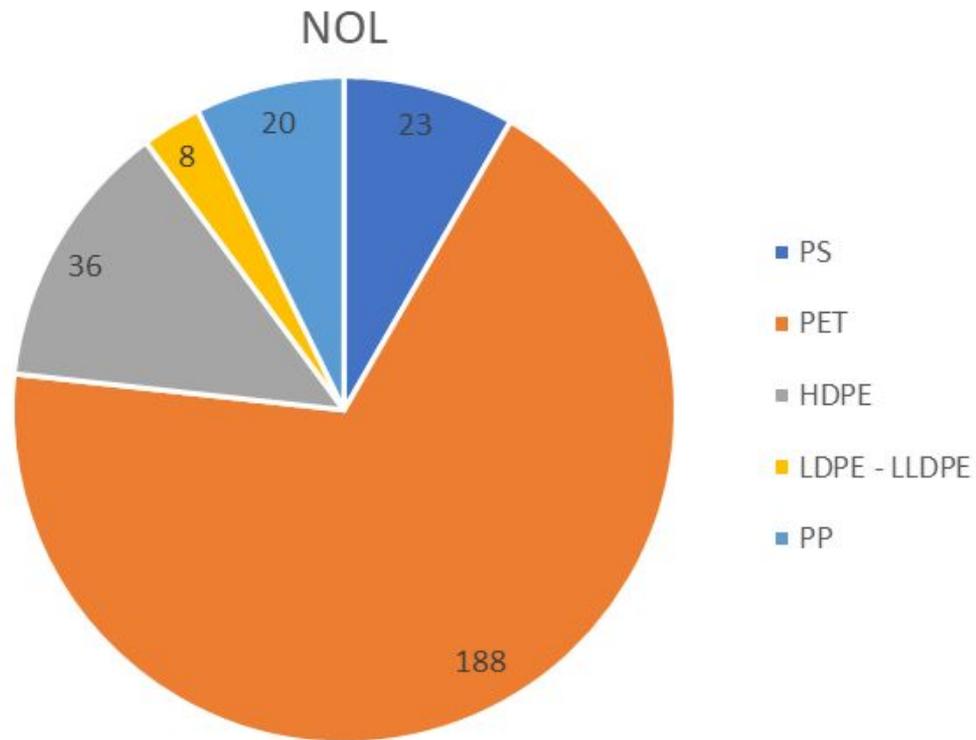


# Estado actual NOL





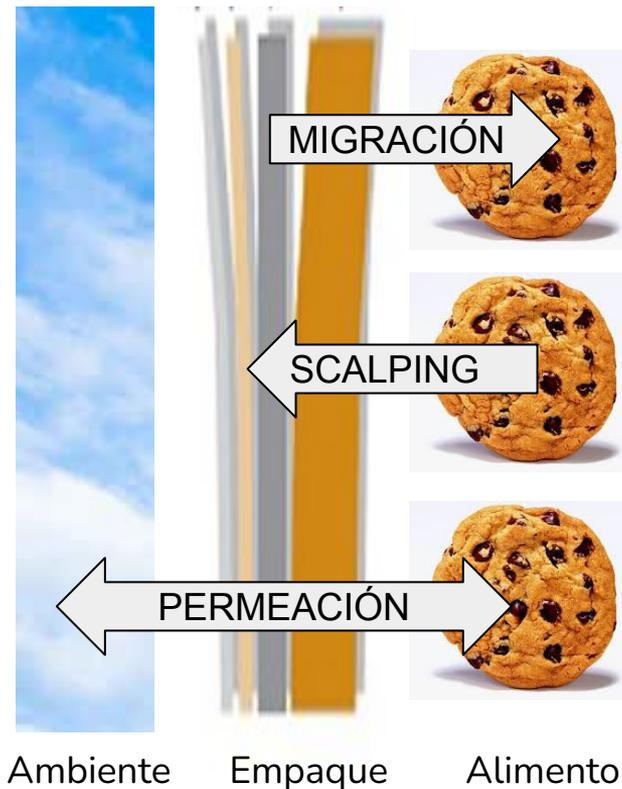
# NOL en FDA



¿Es lógico este comportamiento?

¿Por qué el PET presenta gran diferencia en autorizaciones en NOL y SO?

# Scalping



Absorción de sustancias del producto hacia el empaque.

**Genera:**

- Pérdida de sabores y aromas
- Daños en los empaques

**PE y PP** son “top scalpers”

- Son lipofílicos.
- Retienen compuestos no polares.
- Dificultad para descontaminar.

# Scalping



**PET**



**POLIOLEFINAS**



# Ejemplo de NOL

## CARTA DE NO OBJECCIÓN

Submissions on Post-Consumer Recycled  
(PCR) Plastics for Food-Contact Articles

<https://drive.google.com/file/d/1EajS576edUPVPxonXwP4hgCHWQpC5udw/view?usp=sharing>

## Food Types & Conditions of Use for Food Contact Substances

- A. Esterilizado por calor a alta temperatura (por ejemplo, más de 100°C).
- B. Agua hirviendo esterilizada.
- C. Relleno en caliente o pasteurizado por encima de 65°C.
- D. Relleno en caliente o pasteurizado por debajo de 65°C.
- E. Llenado y almacenado a temperatura ambiente (sin tratamiento térmico en el contenedor).
- F. Almacenamiento refrigerado (sin tratamiento térmico en el contenedor).
- G. Almacenamiento congelado (sin tratamiento térmico en el contenedor).
- H. Almacenamiento congelado o refrigerado: Alimentos preparados destinados a ser recalentados en un recipiente en el momento de su uso:
  - a. Emulsión acuosa o de aceite en agua de alto o bajo contenido de grasa.
  - b. Aceite o grasa acuosa, alta o baja libre.
- I. Irradiación
- J. Cocinar a temperaturas superiores a 120°C.



## PET (carta de no objeción 271)

- **Solicitante:** Top Lun Plastics Corporation
- **Fecha:** Junio 3 de 2022
- **Uso:** 100% para contenedores de frutas, verduras y huevos.
- **Fuente del material:** Recipientes de alimentos.
- **Condiciones de uso:** Almacenado a temperatura ambiente, refrigerado o congelado.

VERSATILIDAD DE RECICLAJE PARA APLICACIONES EN  
CONTACTO CON ALIMENTOS: **MEDIA-BAJA**



# NOL PET 2022

Year	Company	Polymer abbrev	Use Limitations
2022	Top Lun Plastics Corporation	PET	Fabrication of single layer clamshells and containers that contact raw fruits, vegetables, and shell eggs under Conditions of Use E through G, provided the PCR-PET comes from food containers and complies with all applicable authorizations.
2022	Zing Whorthai Co., Ltd.	PET	Fabrication of single layer clamshells and containers that contact raw fruits, vegetables, and shell eggs under Conditions of Use E through G, provided the PCR-PET comes from food containers and complies with all applicable authorizations.
2022	nia Polypro Industries Private Lin	PET	Fabrication of single layer clamshells and containers that contact raw fruits, vegetables, and shell eggs under Conditions of Use E through G, provided the PCR-PET comes from food containers and complies with all applicable authorizations.
2022	eville New Materials Technology	PET	Articles for contact with all types of food under Conditions of Use C through H, provided the PCR-PET material comes from food containers and complies with all applicable authorizations.
2022	Intco Malaysia Sdn Bhd	PET	Fabrication of single layer clamshells and containers that contact raw fruits, vegetables, and shell eggs under Conditions of Use E through G, provided the PCR-PET comes from food containers and complies with all applicable authorizations.



## HDPE (carta de no objeción 225)

- **Solicitante:** Polymetrix
- **Fecha:** Marzo 30 de 2020
- **Uso:** 100% para contenedores de leche, agua y jugo.
- **Fuente del material:** Envases de bebidas y leches.
- **Condiciones de uso:** Llenado y almacenado a temperatura ambiente. Refrigerado.

VERSATILIDAD DE RECICLAJE PARA APLICACIONES EN  
CONTACTO CON ALIMENTOS: **MEDIA-BAJA**



# NOL HDPE 2021-2022

Year	Company	Polymer abbreviation	Use Limitations
2021	Starlinger & Co GmbH	HDPE	Manufacture of milk and juice bottles, meat trays, and disposable tableware and cutlery for use under Conditions of Use E and F, provided the PCR-HDPE comes from food-grade material and complies with all applicable authorizations.
2021	Starlinger & Co GmbH	HDPE	Manufacture of bottle caps with a maximum cap diameter of 35 mm for beverages for use under Conditions of Use D through G, provided the PCR-HDPE comes from food-grade material and complies with all applicable authorizations.
2021	Closure Systems International	HDPE	For fabrication of caps and closures in contact with all food types under all Conditions of Use, provided PCR-HDPE complies with all applicable authorizations
2021	Fresh Pak Corporation	HDPE	Articles for contact with all types of food under Conditions of Use A through H, provided the PCR-HDPE comes from food-grade material and complies with all applicable authorizations.
2022	Starlinger & Co GmbH	HDPE	Manufacture of articles to contact Food Types I-IV and VIII-IX under Conditions of Use E through G, provided the PCR-HDPE comes from food-contact articles and complies with all applicable
2022	TSAAKIK MEXICO	HDPE	Articles that contact raw fruits, vegetables, and shell eggs under Conditions of Use E through G, provided the PCR-HDPE material comes from food containers and complies with all applicable authorizations.
2022	Ltd. group, including its subsidiaries	HDPE	Articles for contact with all types of food under Conditions of Use C through G, provided the PCR-HDPE material comes from food containers and complies with all applicable authorizations.
2022	Fraser Plastics	HDPE	Articles for contact with all types of food under Conditions of Use E through G, provided the PCR-HDPE material comes from food containers and complies with all applicable authorizations.



## PP y HDPE (Carta de no objeción 215)

- **Solicitante:** Aaron industries Corporation
- **Fecha:** Octubre 18 de 2018.
- **Uso:** Mezcla usada al 100% para artículos de un sólo uso en contacto con alimentos: cubiertos y platos desechables, bandejas y tapas para servicios de comida
- **Fuente del material:** HDPE y PP apto para alimentos. Se excluyen contenedores industriales o químicos.
- **Condiciones de uso:** Llenado en caliente, temperatura ambiente, refrigerado y congelado.

VERSATILIDAD DE RECICLAJE PARA APLICACIONES EN  
CONTACTO CON ALIMENTOS: **MEDIA-ALTA**



# NOL PP 2020-2022

Year	Company	Polymer abbrev	Use Limitations
2020	Ultra-Poly Corporation	PP	Articles for contact with food under Conditions of Use as described in all applicable authorizations, provided that recycled PP complies with all applicable authorizations.
2022	group, including its subsidiary Zh	PP	<ol>
2021	Lotte Chemical	PP	Articles containing up to 70% recycled content in contact with food under Conditions of Use D through G, provided the PCR-PP material comes from food-grade material and complies with all applicable authorizations.
2022	Closure Systems International	PP	Fabrication of caps and closures in contact with food under Conditions of Use as described in all applicable authorizations.
2020	KW Plastics	PP	Articles for contact with food under Conditions of Use as described in all applicable authorizations, provided that recycled PP complies with all applicable authorizations.
2020	SeaCa Plastic Packaging	PP	Corrugated PP cartons for shipping of produce (raw fruits and vegetables) and seafood (shellfish and packaged cut fish) under Conditions of Use E-G, provided that the feedstock comes from PP corrugated cartons complying with all applicable authorizations.
2022	TSAAKIK MEXICO	PP	Articles that contact raw fruits, vegetables, and shell eggs under Conditions of Use E through G, provided the PCR-PP material comes from food containers and complies with all applicable authorizations.



# NOL LDPE-LLDPE 2013-2022

Year	Company	Polymer abbrev	Use Limitations
2013	KW Plastics	PP and LDPE	Reusable articles for contact with fresh produce and shelled eggs under room temperature and below, provided that recycled material comes from post-consumer material that complies with 21 CFR 177.1520 and other applicable authorizations.
2014	KW Plastics	LDPE	Disposable articles for contact with food under the Conditions of Use C through G, provided that recycled material comes from post-consumer material that complies with 21 CFR 177.1520 and other applicable authorizations.
2019	Papier-Mettler KG	LDPE	Grocery bags
2020	Fresh Pak Corporation	HDPE or LDPE	Grocery bags, and secondary and tertiary packaging films (nonfood contact) for transport of packaged food under Conditions of Use E through G, provided the feedstock comes from food grade materials complying with all applicable authorizations.
2020	Arpema Plásticos SA de CV	LDPE, LDPE, HDPE, or	Articles for contact with fresh produce and shell eggs, under Conditions of Use E through F, provided that the recycled material comes from food grade materials and complies with all applicable authorizations.
2021	Revolution Company	LLDPE	Articles in contact with all food types under Condition of Use (COU) B through H, provided the PCR-LLDPE comes from food-grade material and complies with all applicable authorizations.



# Establecimientos avalados por INVIMA

## LISTADO DE ESTABLECIMIENTOS AUTORIZADOS PARA FABRICAR MATERIAL RECICLADO PARA CONTACTO CON ALIMENTOS

FUENTE INVIMA 7 DE ENERO DE 2022

No.	ESTABLECIMIENTO	CIUDAD	DEPARTAMENTO	DIRECCION	LINEAS O PRODUCTOS	FECHA DE CERTIFICACIÓN
1	CARVAJAL S.A.	TOCANCIPA	CUNDINAMARCA	PARQUE INDUSTRIAL GRAN SABANA LOTE 68A - 68B VEREDA TIBITO	FABRICACIÓN DE MATERIALES, OBJETOS ENVASES Y EQUIPAMIENTOS PARA CONTACTO CON ALIMENTOS Y BEBIDAS	27 de diciembre de 2019
2	LAMINAS Y EMPAQUES SAS	ITAGUI	ANTIOQUIA	CALLE 51 No. 40-180	HOJUELAS DE POLIETILEN TEREFALATO (PET) CRISTAL, OBTENIDOS A PARTIR DE MATERIAL POST CONSUMO (HOJUELAS DE ENVASES), MATERIAL POST INDUSTRIAL ( DE PRODUCTOS DE LAMIEMPAQUES SAS Y OTROS FABRICANTES DE PRODUCTOS DE PET), UTILIZADOS PARA LA FABRICACIÓN DE LAMINAS EMPLEADAS PARA LA ELABORACION DE RECIPIENTES Y ENVASES TERMOFORMADOS DESTINADOS A ENTRAR EN CONTACTO CON ALIMENTOS Y BEBIDAS ELABORADOS POR LAMIEMPAQUES SAS.	13 de diciembre de 2019
3	CARVAJAL EMPAQUES SA	TOCANCIPA	CUNDINAMARCA	PARQUE INDUSTRIAL GRAN SABANA LOTE 68A - 68B VEREDA TIBITO	LAMINAS DE POLIETILEN TEREFALATO (PET) RECICLADO	13 de julio de 2018
4	NOUVELLE COLOMBIA E.U.	CARTAGENA	BOLIVAR	VIA MAMONAL KILOMETRO 11	LAMINAS DE POLIETILEN TEREFALATO (PET) RECICLADO	22 de junio de 2016
5	APROPET S.A.S	BOGOTÁ D.C.	BOGOTÁ D.C.	CALLE 17 # 81B-83	PELETS (GRANULOS) DE POLIETILEN TEREFALATO (PET) RECICLADO	13 de mayo de 2016
6	ENKADOR S.A	PROVINCIA PICHINCHA	REPUBLICA DE ECUADOR	Sangolquí, Barrio Selva Alegre KILOMETRO 1, vía San Fernando.	GRANULADO DE POLIETILEN TEREFALATO RECICLADO GRADO ALIMENTARIO (PET-PCR)	3 de marzo de 2016
7	ENKA DE COLOMBIA S.A.	GIRARDOTA	ANTIOQUIA	KILOMETRO 2 VIA EL HATILLO	GRANULADO DE POLIETILEN TEREFALATO (PET) RECICLADO	18 de diciembre de 2013
8	RESINAS DEL ECUADOR SA	GUAYAQUIL	ECUADOR	KM 26 VIA DAULE, MZ 73, SOLAR 1	GRANULADO DE POLIETILEN TEREFALATO RECICLADO GRADO ALIMENTARIO (PET-PCR)	31 de octubre de 2009



# CONTROL DE LA FUENTE

Uso de material reciclado para alimentos

- De un material reciclado es posible retirar contaminantes por medio de lavado
- Es poco probable eliminar sus aditivos
- Alta importancia control de la fuente.



# CONTROL DE LA FUENTE

## Uso de material reciclado para alimentos

- En cualquiera de las regulaciones resulta peligroso utilizar material reciclado sin control de fuente:
  - Puede contener monómeros o aditivos no incluidos en las listas positivas
  - Puede sobrepasarse los límites de migración o contenidos máximo de la sustancia.

**EJEMPLO:** Se recicla un material avalado FDA para alimentos acuosos a temperatura ambiente, pero se utiliza para fabricar empaques para alimentos grasos a altas temperaturas.



## Respecto a NOL y OC....

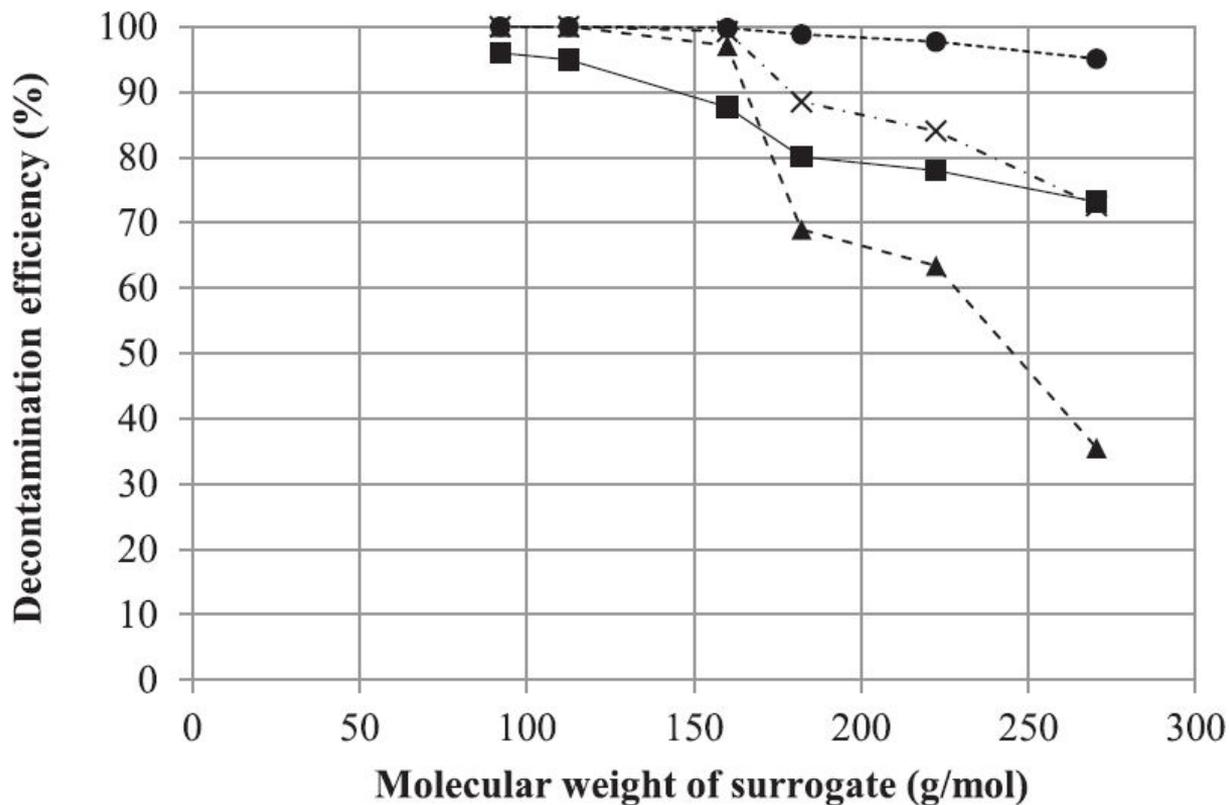
**!LO QUE ES VÁLIDO HOY,  
POSIBLEMENTE MAÑANA NO  
LO SEA!**



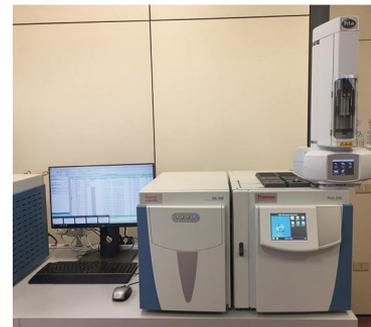
# **5. Perspectivas de reciclados en contacto con alimentos (Poliiolefinas)**

# Técnicas de detección

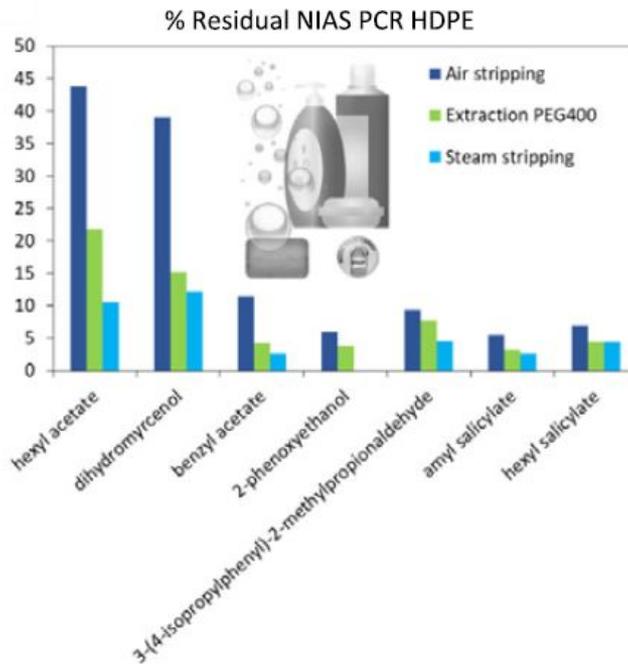
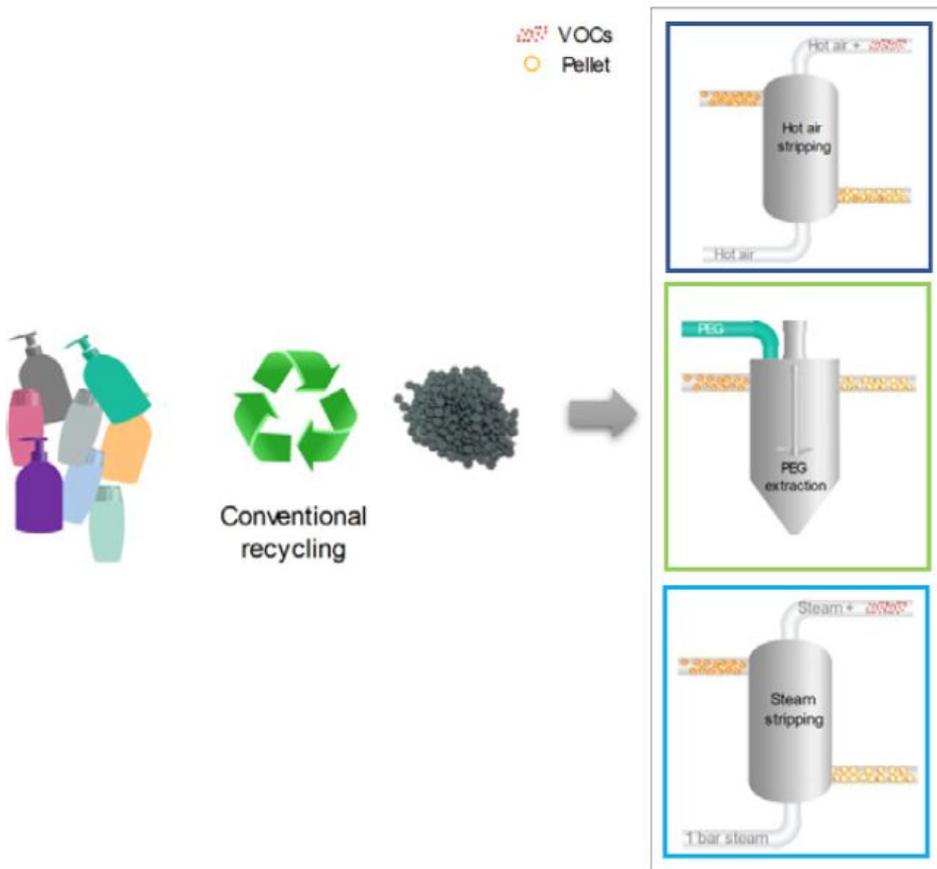
Entre **mayor peso molecular** de los posibles contaminantes presentes en las poliolefinas, mayor será la **dificultad para descontaminarlo**



El análisis de todos los migrantes potenciales que pueden ser liberados por las poliolefinas no puede lograrse mediante un análisis GC de rutina y requiere una **estrategia cuidadosa**.

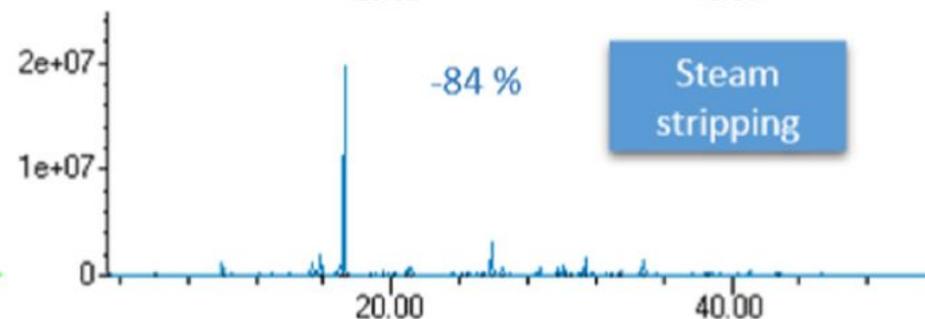
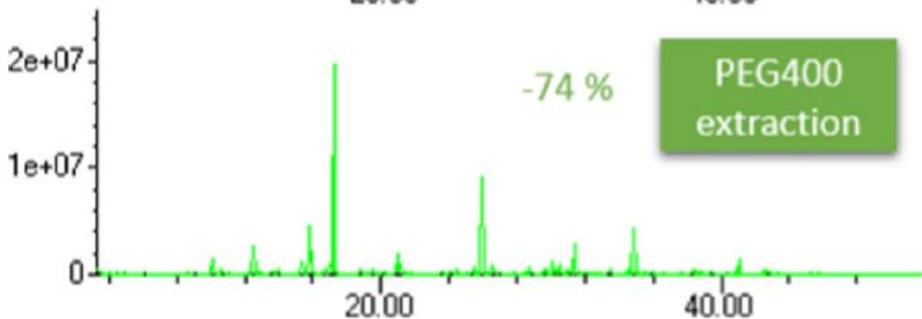
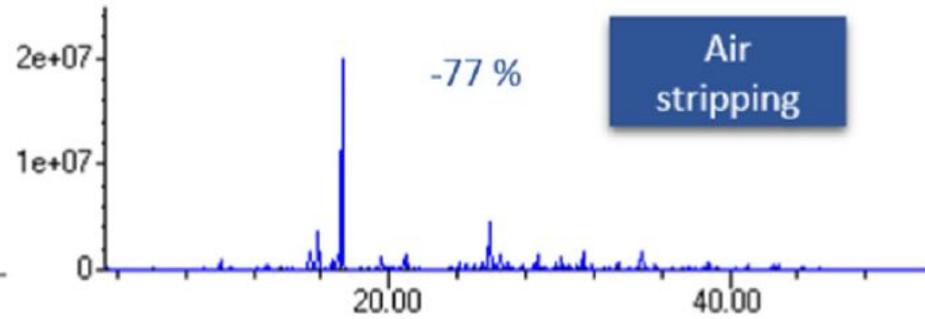
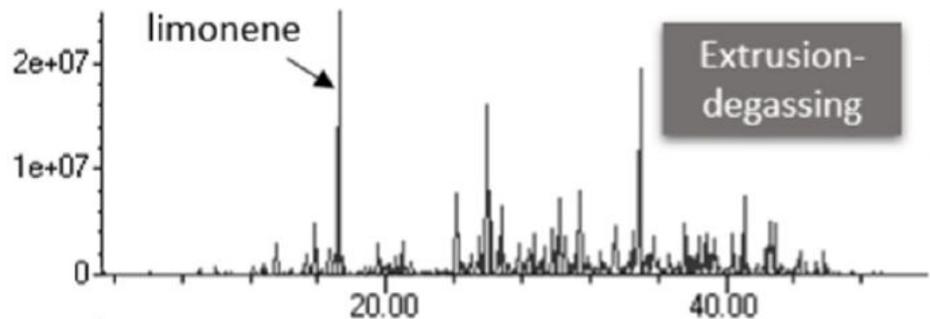


# Tecnologías de superlimpieza





# Tecnologías de superlimpieza





# Tecnologías de superlimpieza

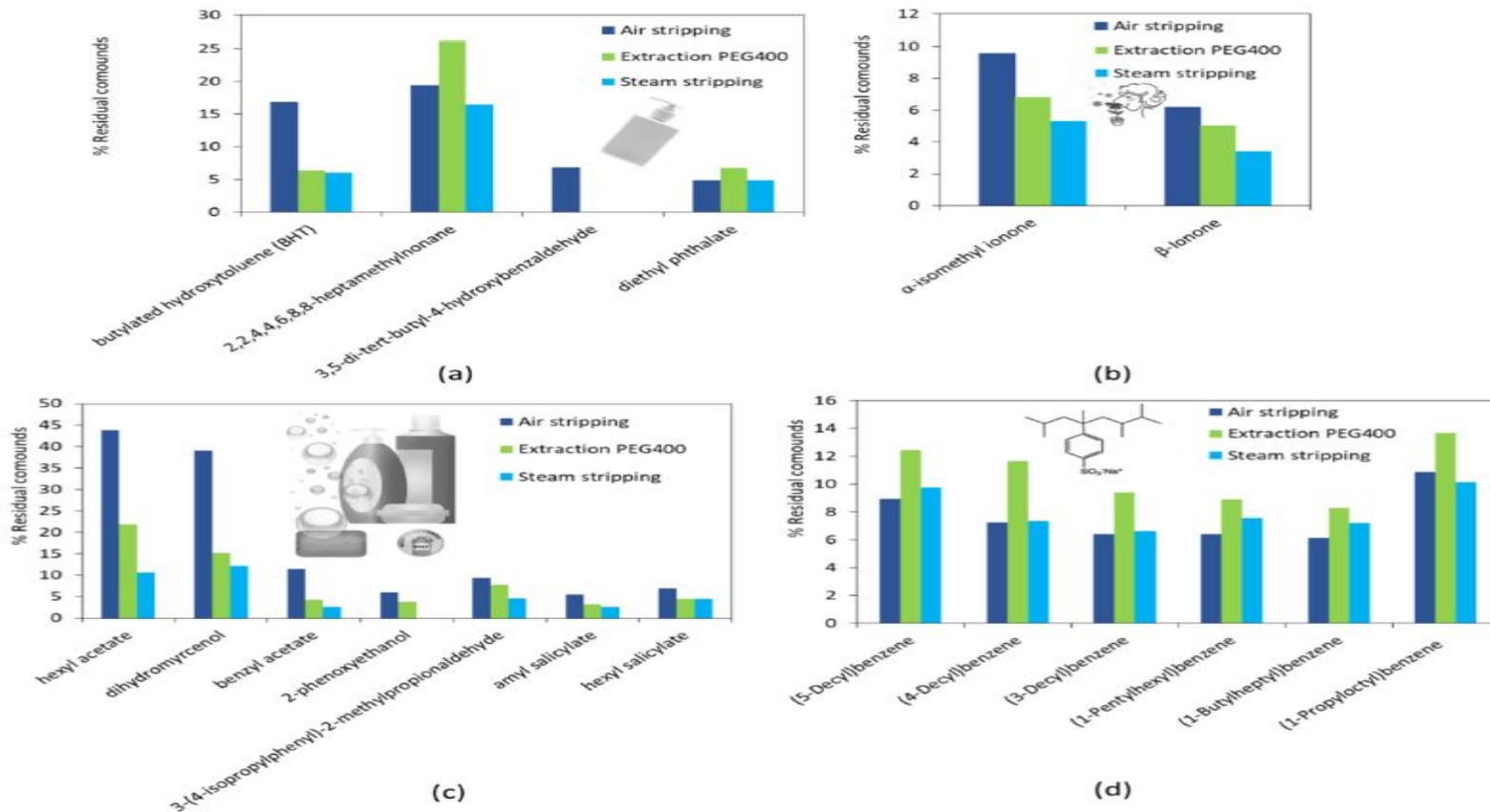
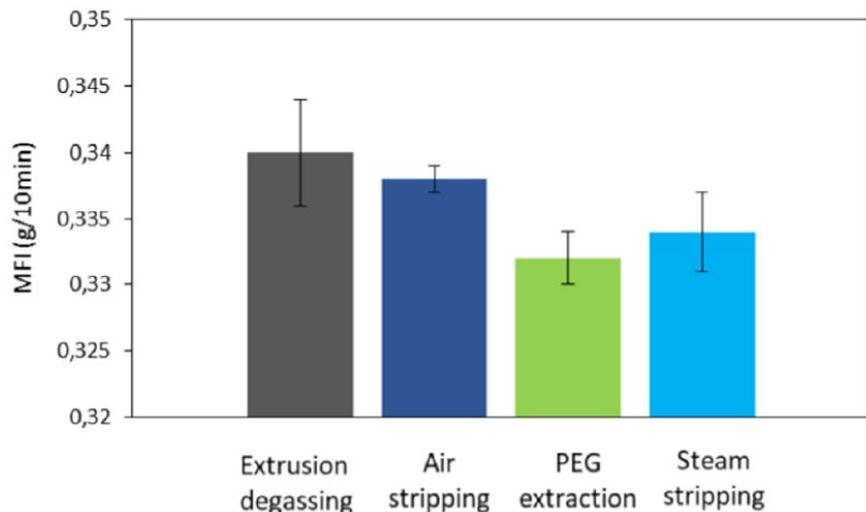


Fig. 4. Percentage of residual VOCs after treating with air stripping, PEG extraction, and steam stripping. The results are divided into (a) VOCs corresponding to NIAS and IAS from HDPE; (b) odor-active compounds; (c) NIAS migrated from cosmetics and cleaning agents; (d) NIAS originating as breakdown products from surfactants (alkylbenzenes).

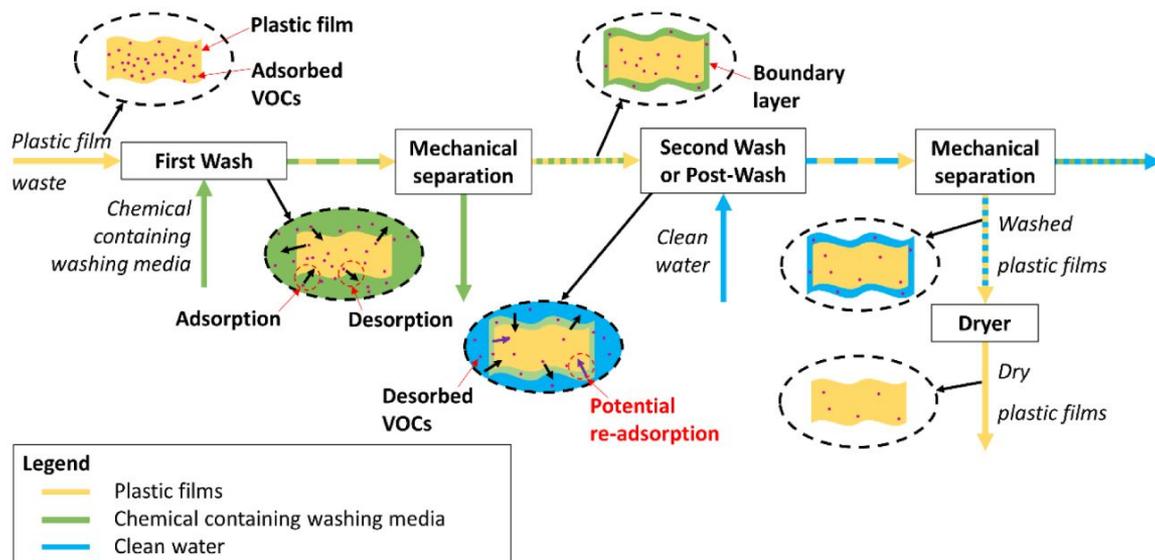


El esfuerzo realizado en la descontaminación del material a través de procesos térmicos se ven reflejados en una **degradación del material descontaminado**.

**Table 4**  
Calculation of the enthalpy difference for the three methods.

Method	Equation	Energy consumption (kJ/kg fluid)
Hot air stripping	$\Delta H_{air} = \int_{T=25}^{T=100} C_{p, air} dT + x_{water} \int_{T=25}^{T=100} C_{p, water} dT$ (I)	78
PEG extraction	$\Delta H_{PEG} = \int_{T=25}^{T=100} C_{p, PEG} dT$ (II)	159
Steam stripping	$\Delta H_{steam} = \int_{T=25}^{T=100} C_{p, water} dT + \Delta H_{vaporation}$ (III) $\int_{T=25}^{T=100} C_{p, water} dT = At + \frac{B}{2}T^2 + \frac{C}{3}T^3 + \frac{D}{4}T^4 - \frac{E}{T} + F - H$ (IV)	2571

# Tecnologías de superlimpieza



Aumentar la temperatura de 28°C a 85°C mejora la descontaminación. De 69 a 79% en Agua, 43 a 65% en soda cáustica, y de 65 a 72% tensoactivo + soda cáustica.

Reducir el tamaño de partícula de películas de 1.1 cm a 0.045 cm incrementa la eliminación de VOC 35% to 70%.



# Tecnologías de superlimpieza

PRESS RELEASE 03/2022

# KREYENBORG

**With KREYENBORG's new technology, odor-contaminated post-consumer plastics get "second life"!**



Excellent results for deodorization and decontamination can be achieved through the interaction of the main process parameters of air-flow, temperature, and residence time.

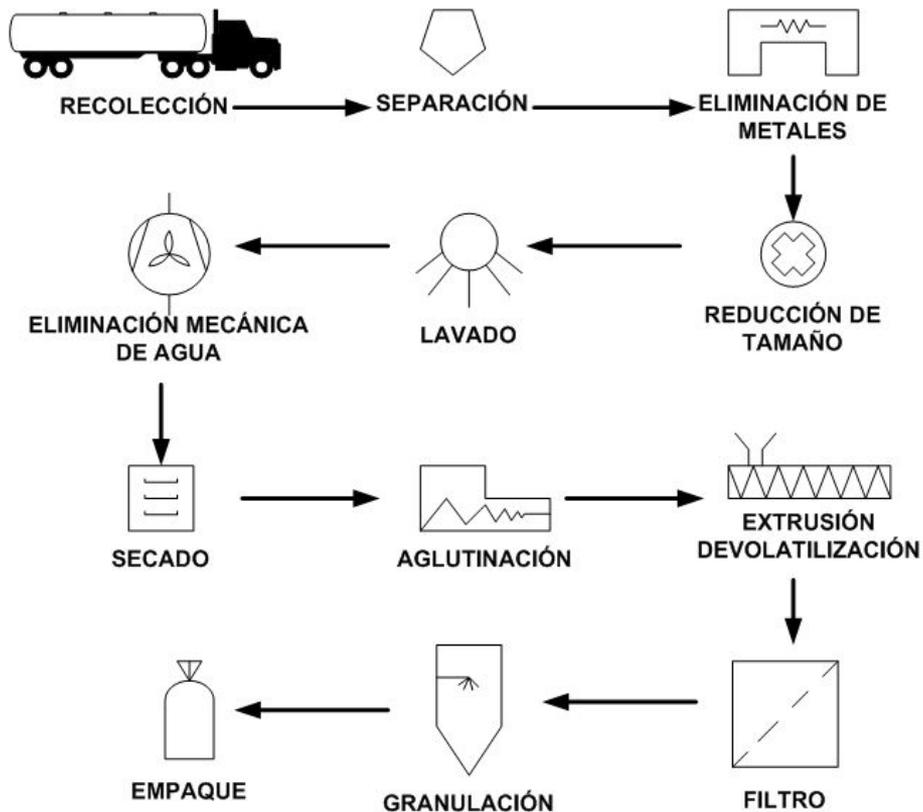




# TECNOLOGÍA PARA EL RECICLAJE

# Reducción de tamaño

## Cadena del reciclaje Mecánico





# Sistemas de transporte



# Transporte

## Molino con banda transportadora



Fuente: <https://www.enka.com.co/la-empresa/tecnologia-i-d/>



# Transporte

## Banda transportadora



<https://www.euro-machinery.dk/cn/us-ed-machinery/polystar-repro-recycling-line/>

<https://www.sesotec.com/emea/en/products/groups/recycling-sorting-systems-with-conveyor-belt>

# Transporte

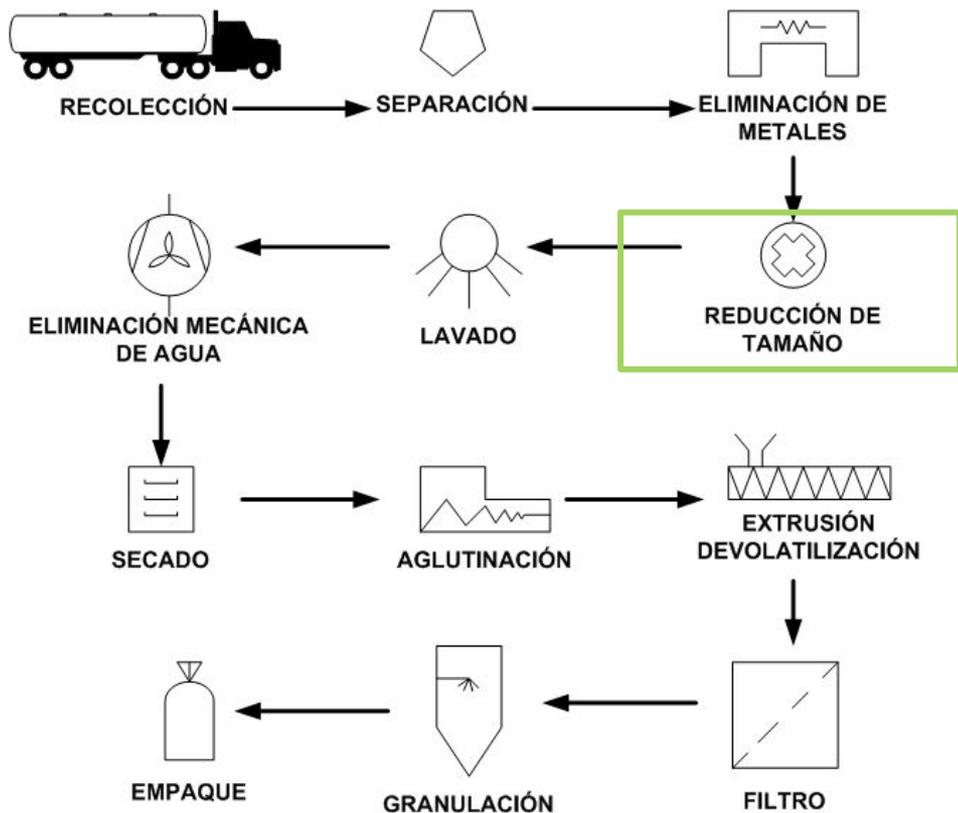
## Sistema de extracción del material.

- Neumático.
- Tornillo sin fin



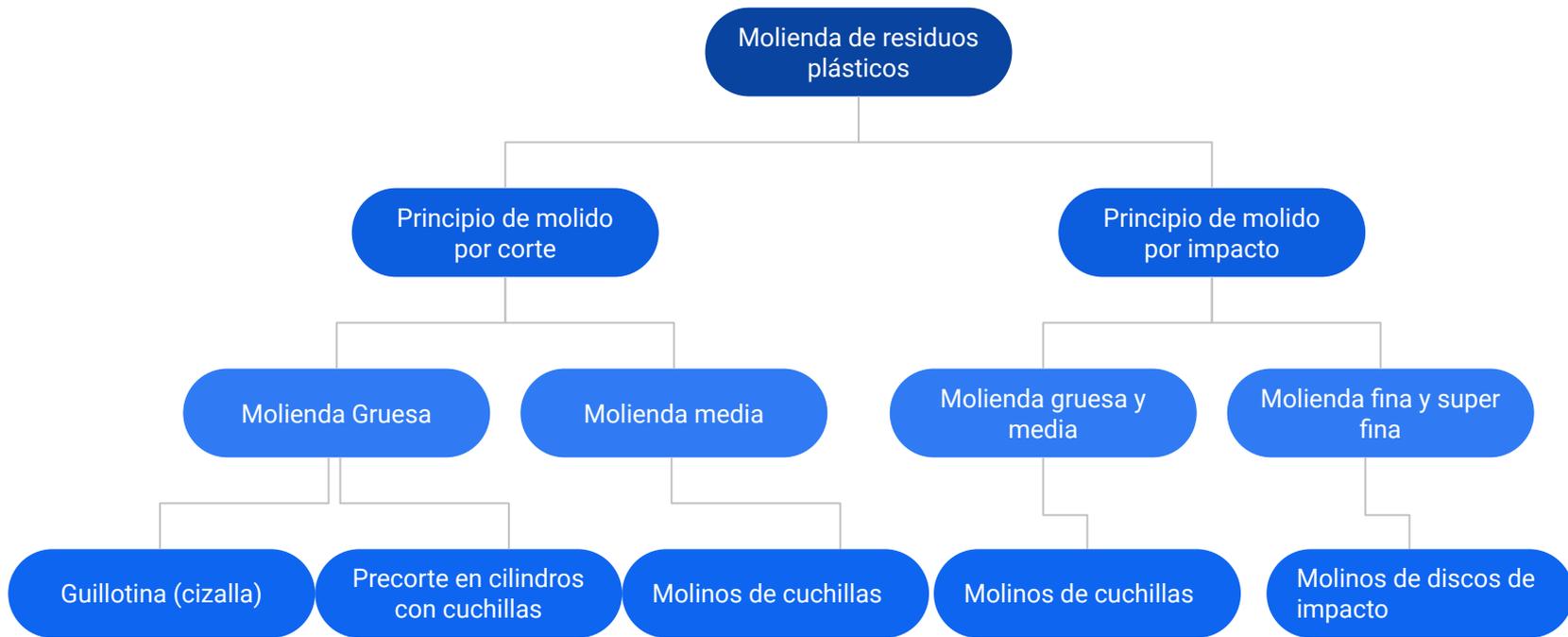
# Reducción de tamaño

## Cadena del reciclaje Mecánico



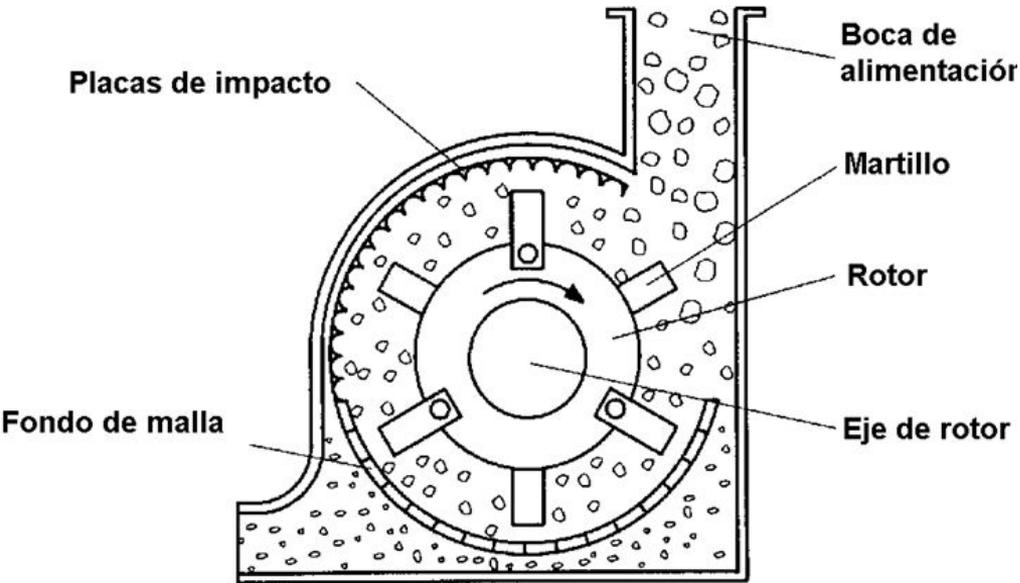
# Reducción de tamaño

## Equipos de molienda para reciclaje de plásticos



# Reducción de tamaño

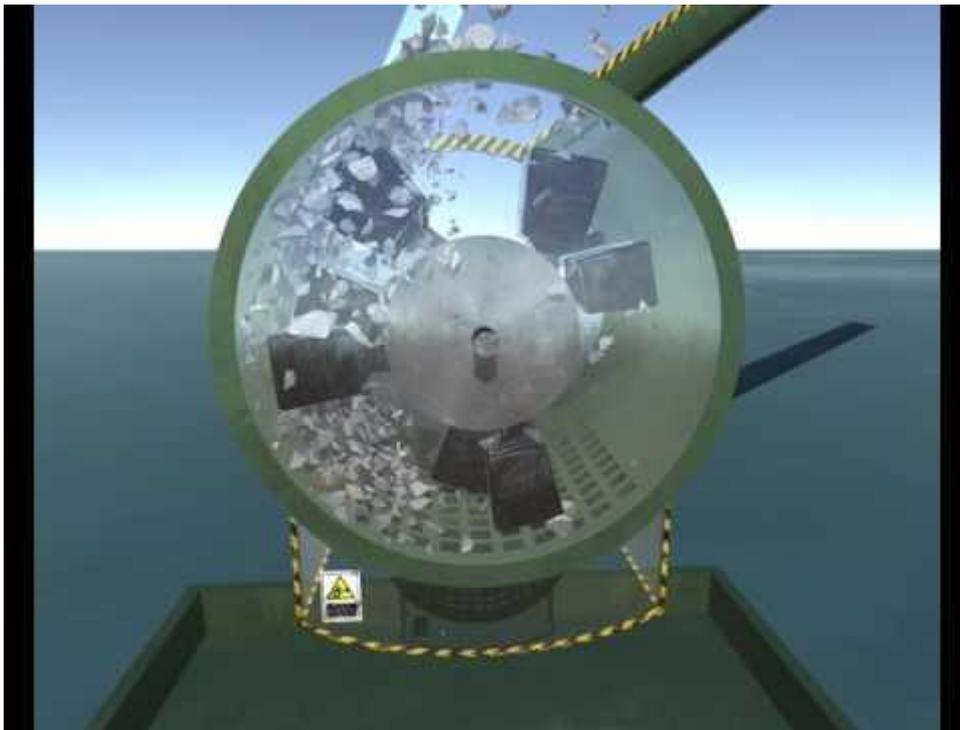
## Corte en molino de Martillos



- Más fino será el producto final cuanto más pequeña sea la perforación de la criba y mayores sean la velocidad y el número de martillos.
- Si el rotor funciona en ambas direcciones:
  - Aumenta la vida útil de los martillos y cribas.
  - La estructura del material molido se mantiene constante durante más tiempo.

# Reducción de tamaño

## Corte en molino de Martillos



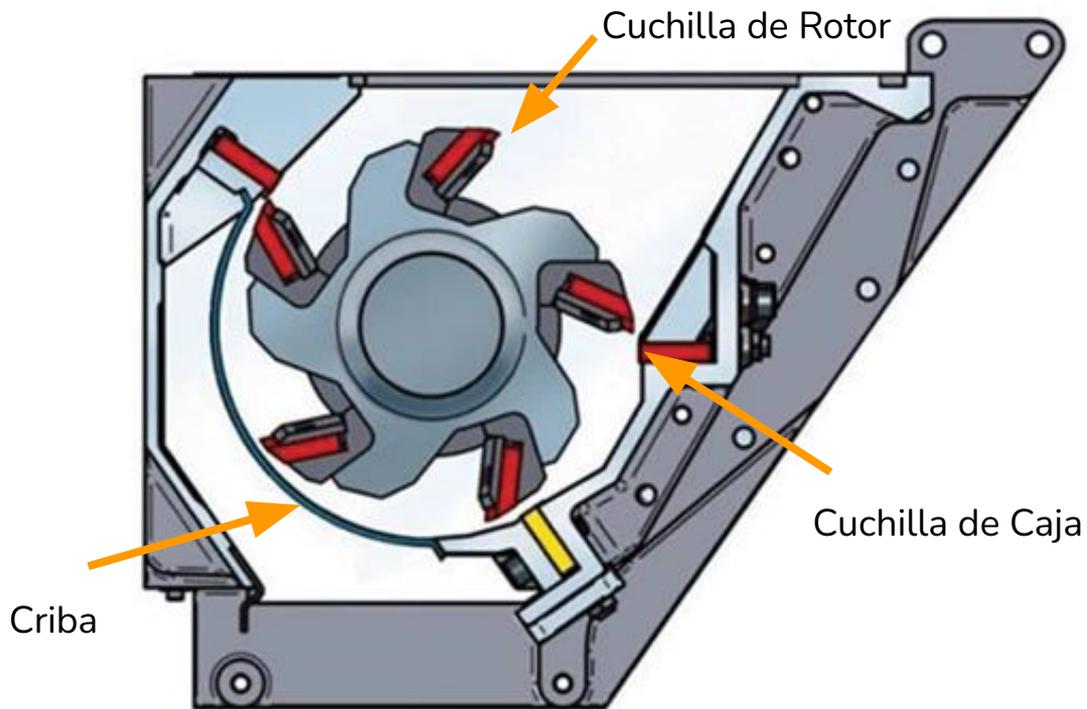
# Reducción de tamaño

Corte en molino de cuchillas



# Reducción de tamaño

## Corte en molino de cuchillas



El impacto se realiza dentro de la cámara de triturado, que limita el recorrido del producto tantas veces como resulte necesario hasta que la secuencia de impactos reduzca el material al tamaño buscado y le permita pasar el filtro metálico apropiado.

# Reducción de tamaño

## Corte en molino de rodillos de corte

Boca de alimentación

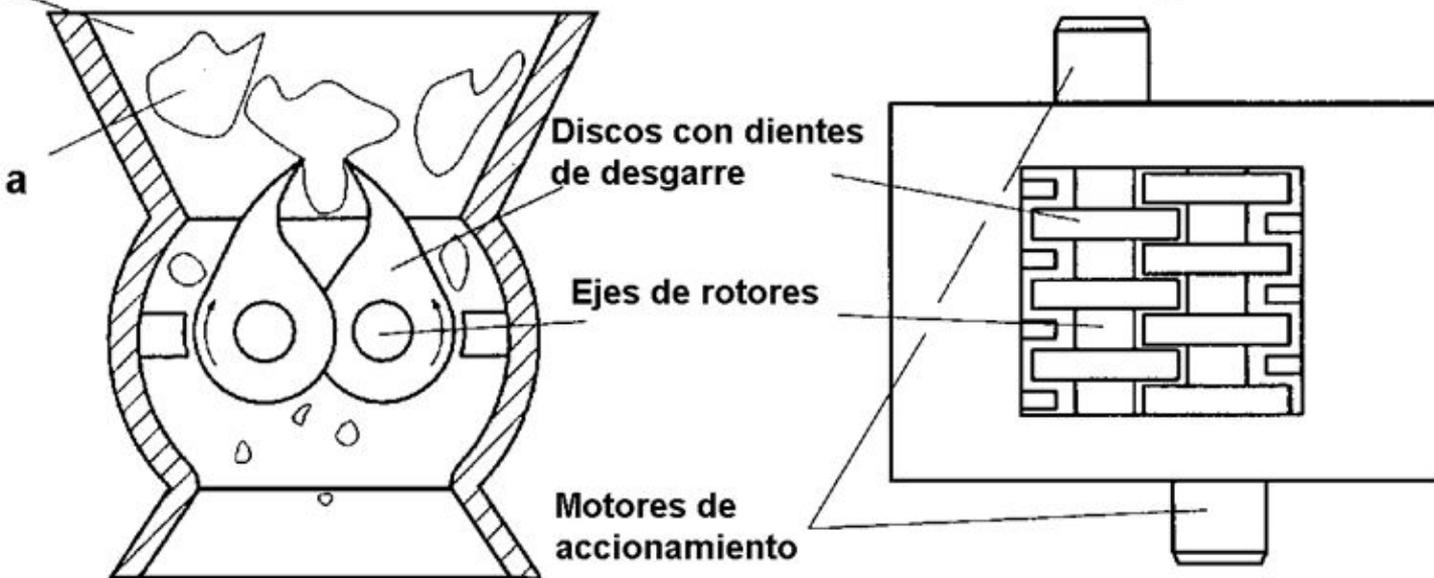
Material a moler

Discos con dientes de desgarre

Ejes de rotores

Motores de accionamiento

Vista superior



# Reducción de tamaño

Corte en molino de rodillos de corte



<https://bit.ly/3sBemIR>



<https://bit.ly/3bQ9poT>



# Reducción de tamaño

## Rotor tipo FA o Corte Inclinado

Es muy utilizado, puede cortar **materiales ligeros** como **películas**, pero también **botellas** y contenedores plásticos.

No es recomendado para artículos gruesos como las purgas (tortas) o materiales muy duros





ICIPC®

# Reducción de tamaño

## Tipos de rotores y formas de corte

Existen diferentes tipos de rotores y formas de corte los cuales dependen del material a reciclar.

- Rotor tipo FA o corte inclinado
- Corte en V tipo CH
- Rotor alternado, tipo FAP
- Rotor escalonado EHD



# Reducción de tamaño

## Corte en V tipo CH

Es adecuado para **películas, rafia e hilos.**

Tiene doble ángulo de corte.

No es recomendado para materiales de purga o de pared gruesa



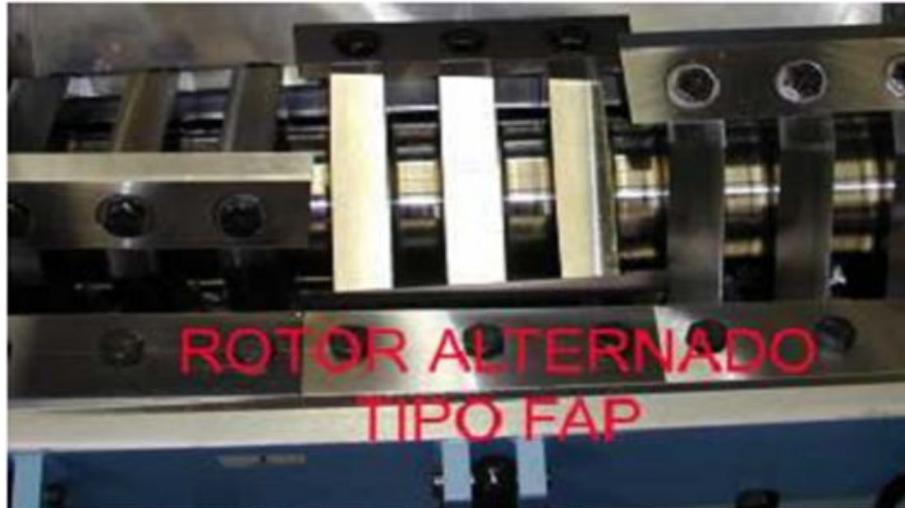


# Reducción de tamaño

## Rotor Alternado tipo FAP

Recomendado para **contenedores plásticos y cajas plásticas.**

No se recomienda para espesores gruesos

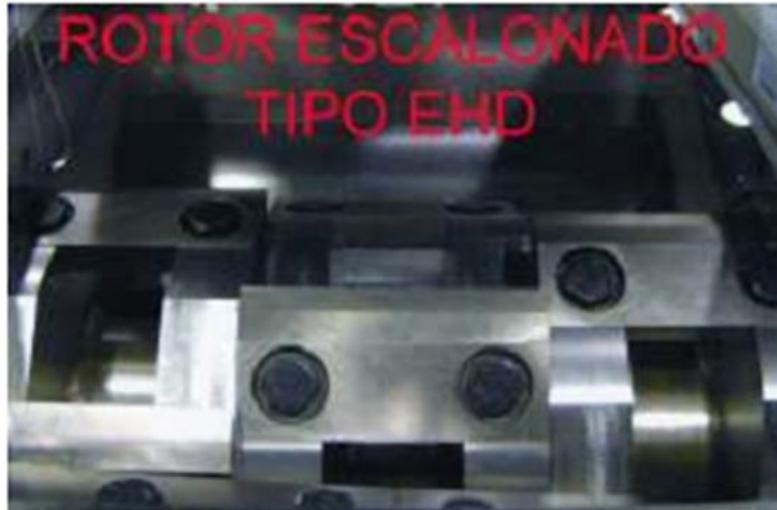




# Reducción de tamaño

## Rotor escalonado EHD.

Es adecuado para moler purgas y productos gruesos de gran dureza





# Reducción de tamaño

## Trituradores Micromat

Pretrituración de los residuos plásticos, reduciéndolos al tamaño de grano necesario para procesos posteriores, de 20 a 100 mm.



# Reducción de tamaño

## Extrusora y trituradora en línea Epsilon



Para recortes gruesos de líneas de film soplado MDO de alta velocidad, con tecnología de tornillo de doble diámetro.

Producción 40 a 200 kg/h



# Reducción de tamaño

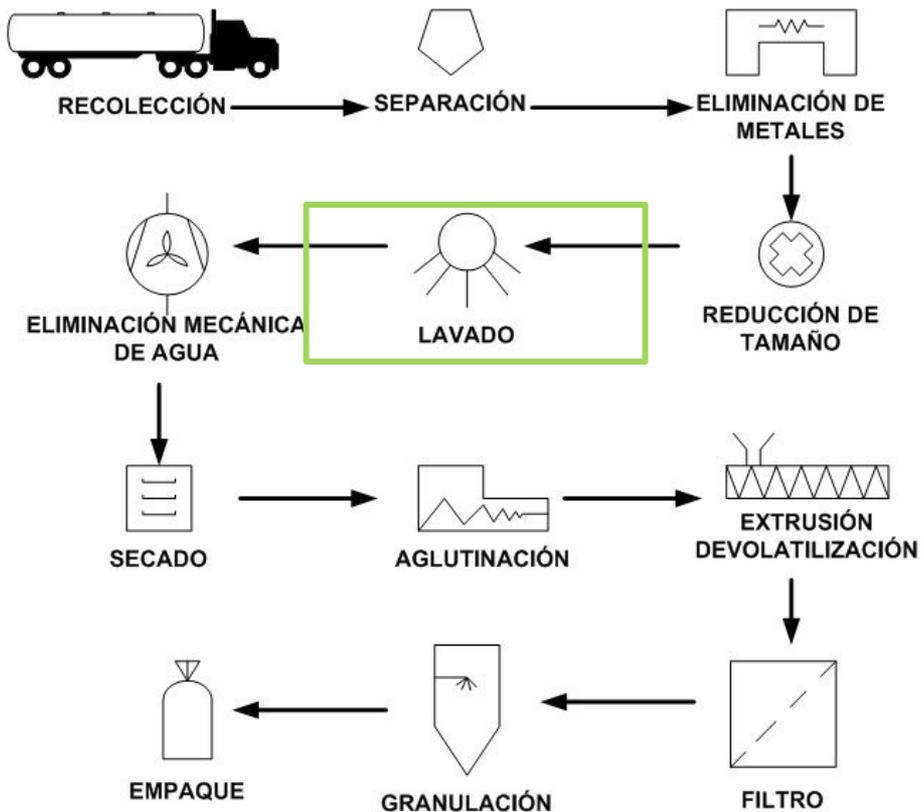
## Factores que afectan el rendimiento de un molino

- La forma del material: compactado o suelto, película o artículos rígidos.
- Tiempo de operación en vacío
- El tipo de material
- La forma de alimentar al molino.
- El nivel de rectificado de las cuchillas.
- Distancia entre la cuchilla fija o móvil, el cual debe ser de 0.1 mm, conservando el ángulo de corte.

***“Los molinos de última generación reportan productividad entre 500 a 800 kg/h, con demanda de 22 kW, 250 rpm y “flakes” entre 10 y 15 mm”***

# Lavado

## Cadena del reciclaje Mecánico





# Lavado

## Etapas 1 - Remojo de la suciedad

**Ablandar** la suciedad para una más fácil remoción, mediante un tiempo de contacto más prolongado de los desechos plásticos sucios con agua. Ahorrar energía mecánica y mejorar la calidad del producto en las actividades siguientes.

- Silos húmedos.
- Tanques agitados.
- Molienda húmeda.
- Tornillos transportadores (lentos).
- Tanques decantadores.
- Hidrociclones



# Lavado

## Etapas 2 - Liberación de suciedad

La liberación de la suciedad superficial por medio de la circulación intensiva de las partículas plásticas y la utilización de agua caliente y agentes químicos (tensoactivos y soda cáustica).

Se recomienda alta fricción entre las partículas de plástico y el agua de lavado.

- **Tanques provistos de agitadores de alta velocidad.**
- **Turbo lavadores provistos de canastillas perforadas.**



# Lavado

## Etapas 3 - Separación del agua con la suciedad

Escurre el agua sucia para garantizar que en el proceso de secado posterior no se vuelva a adherir a la superficie del plástico.

Utiliza agua fresca para remover el medio de lavado contaminado

- Se realiza con la operación de enjuague en los mismos equipos de lavado.
- Tanques de decantación posteriores a las lavadoras .
- Máquinas de escurrido y mediante la aspersion de agua.



# Lavado

## Factores que afectan su efectividad

<b>Factores relacionados con el proceso</b>	<b>Factores relacionados con la contaminación</b>	<b>Factores relacionados con el líquido de lavado</b>
Tiempo de remojo, lavado y enjuague	Cantidad de contaminación	Relación líquido/ reciclado
Velocidad del rotor	Tipo de contaminación	Temperatura
Tamaño de las partículas de reciclado (partículas con tamaño intermedio que promuevan una alta fricción entre sí y con el líquido de lavado son más convenientes)		Aditivos (detergentes, soda cáustica)
		Recirculación y renovación del líquido de lavado



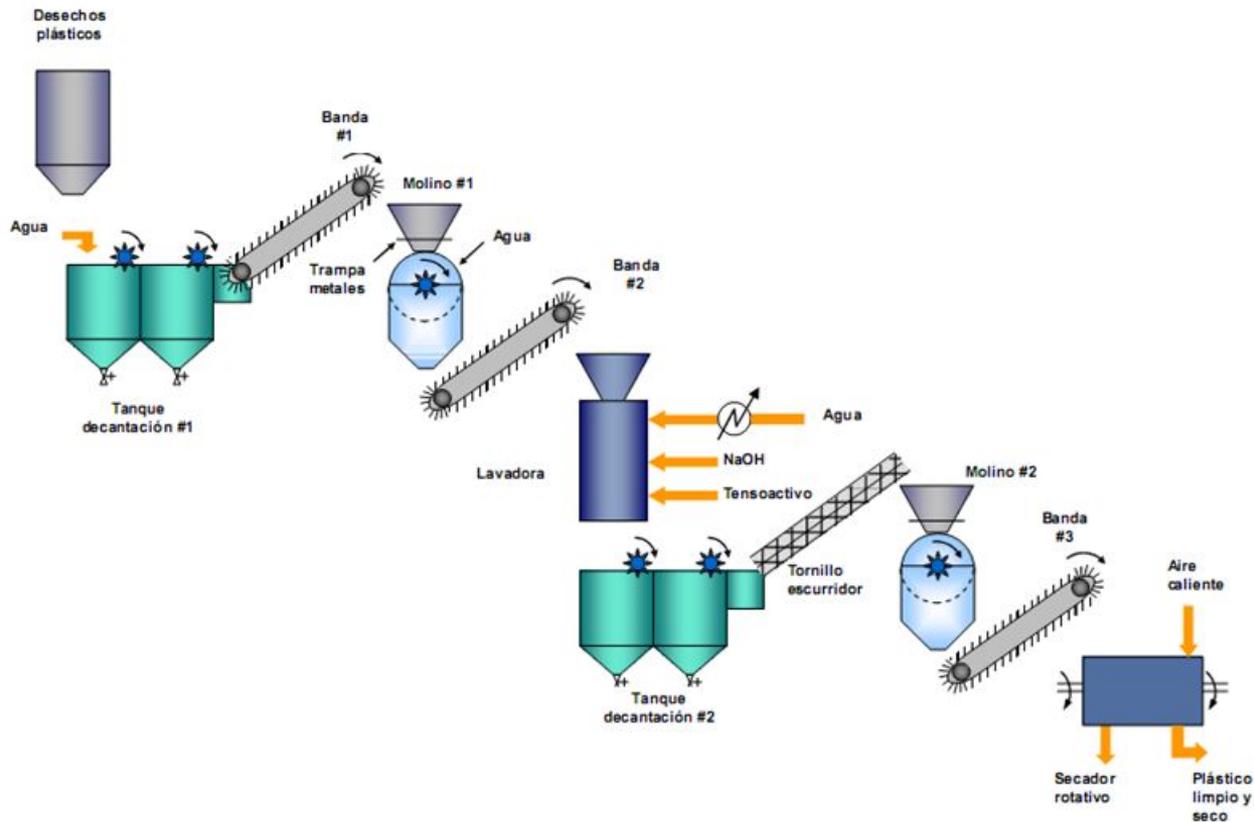
# Lavado

## Optimización del consumo de agua de lavado.

- Sistema de múltiples etapas y en contracorriente.
- Planta de tratamiento de efluentes para reutilizar el agua.
- Utilización de agua caliente (típicamente entre 40 y 60° C) .
- Agentes químicos como agentes tensoactivos no iónicos (típicamente en un 0.3% en volumen) y soda cáustica (típicamente en un 0.5% en peso), permite mejorar la remoción de la contaminación orgánica y los adhesivos de las etiquetas.

# Lavado

## Esquema de la línea de lavado



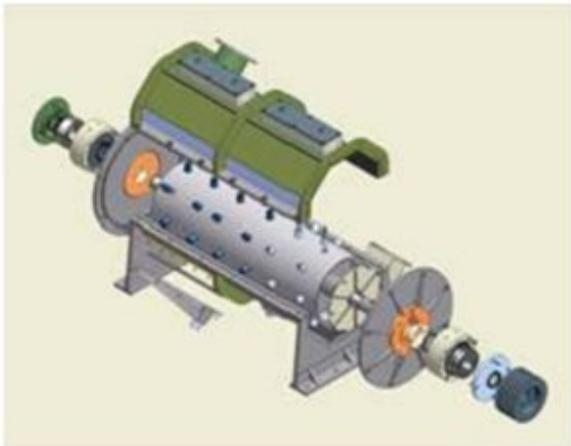
# Lavado

## Esquema de la línea de lavado



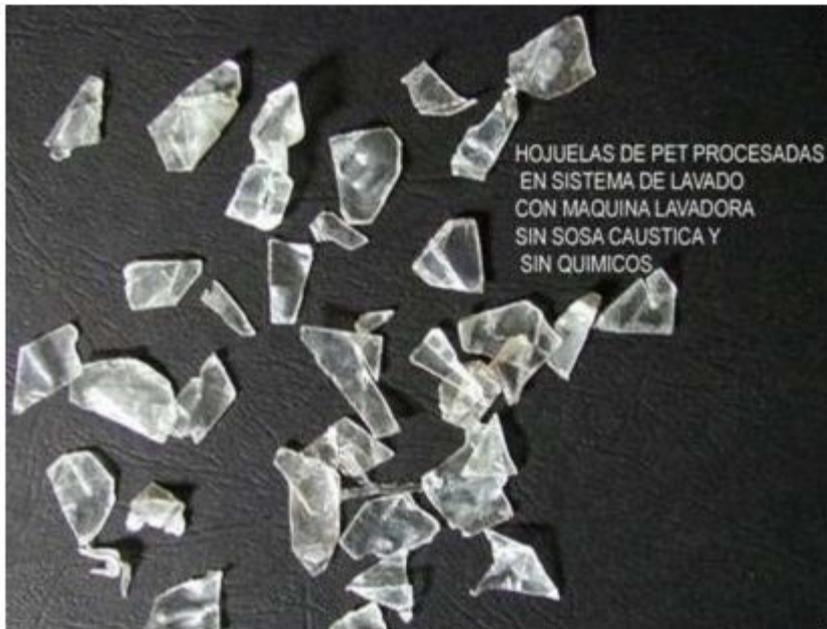
# Lavado

## Equipos de lavado



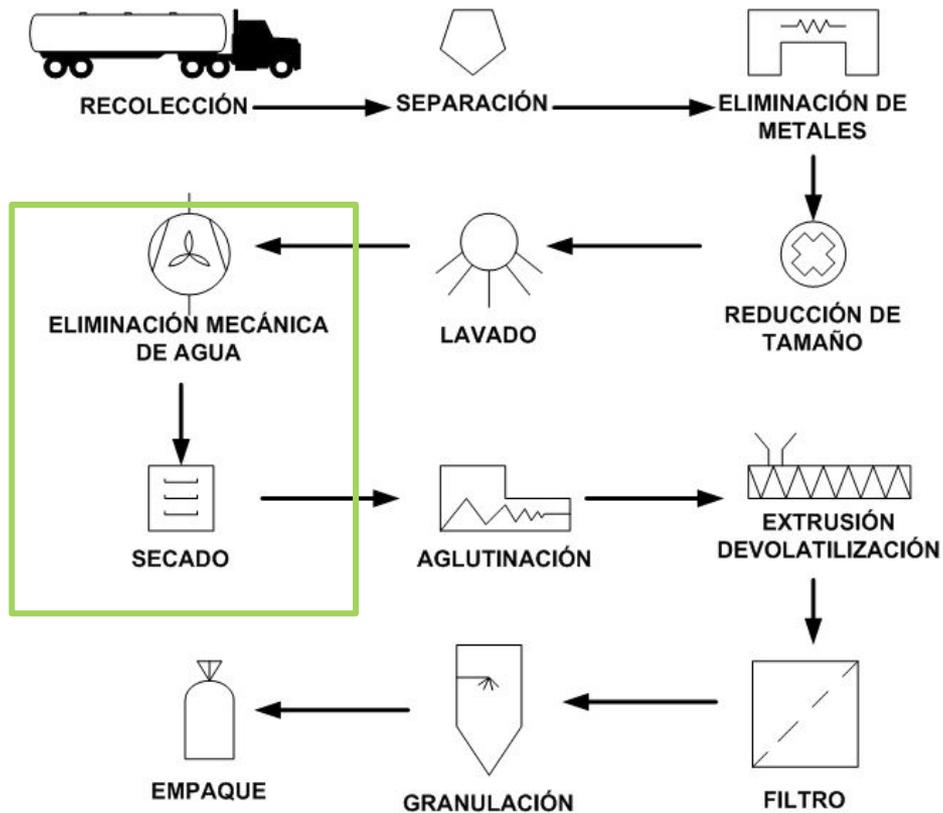
# Lavado

## Eficiencia en el lavado



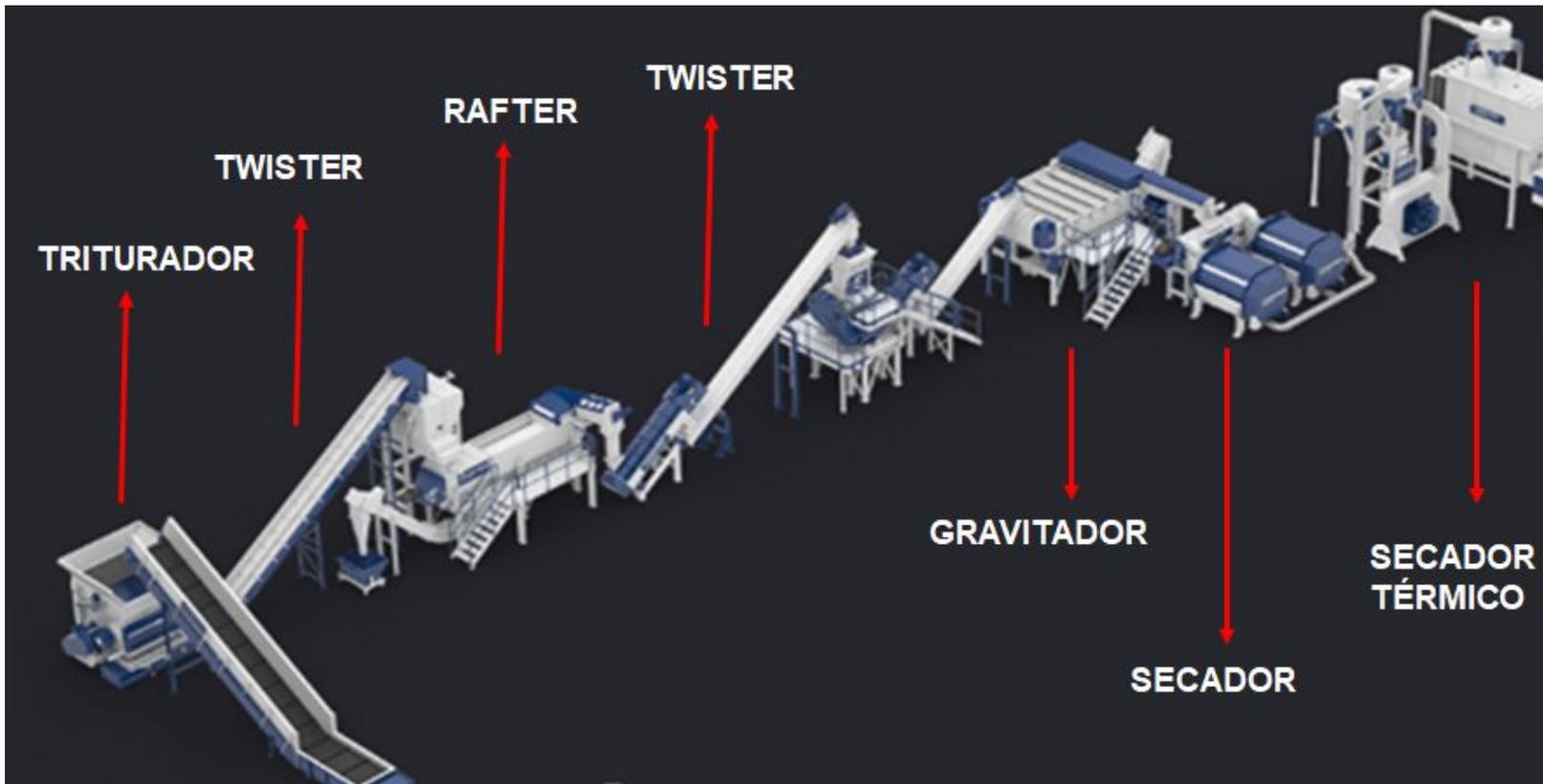
# Secado

## Cadena del reciclaje Mecánico



# Secado

## Equipo de triturado, lavado y secado



# Secado

## Tipos de Secadores

### Mecánicos



### Térmicos



Fuente: <https://www.plasticrecyclingmachine.net/thermal-dryer/>

- Sistemas de aire caliente
- Doble cama desecante.
- Aire comprimido y membrana
- Calentamiento y Vacío.
- Rayos infrarrojos.
- Rueda desecante.
- Sistema de secado central.

*Aire Comprimido y Membrana - Estándar*



*Aire Comprimido y Membrana - Nitrógeno*



*Rueda Desecante*



*Doble Cama de Desecante*



*Vacío*



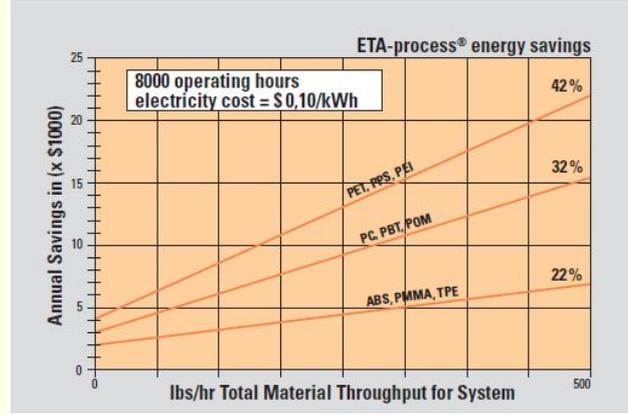
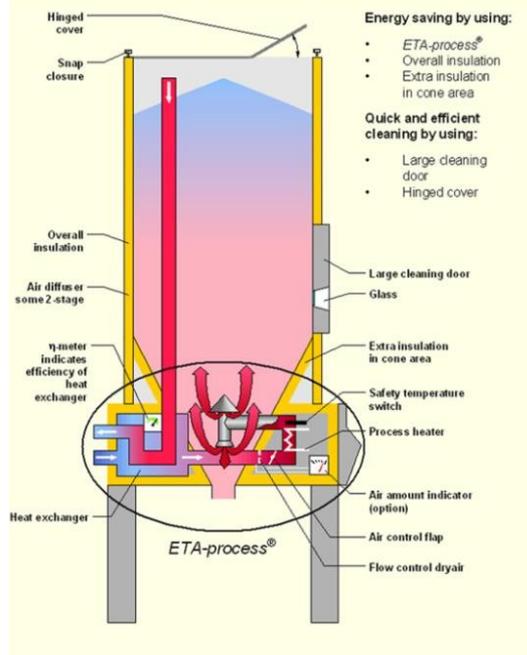
*Aire Caliente*



*Sistemas Centrales*



# PÉRDIDAS POR BOTAR SUSTANCIAS CALIENTES AL AMBIENTE: Secadores ETA Process®

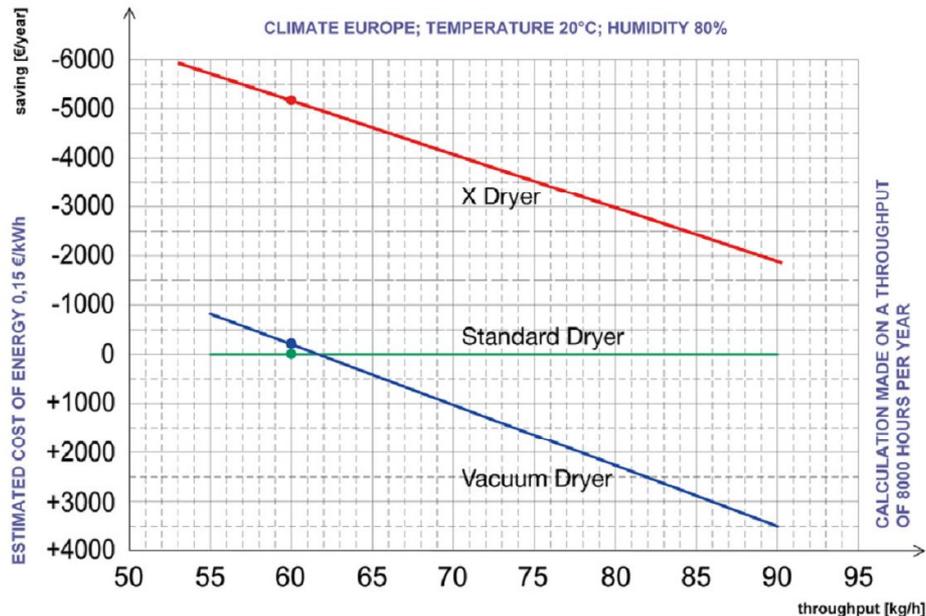


- En los sistemas convencionales se estiman pérdidas de energía del 47%. ETA-process® los puede reducir al 22%.
- El proceso de secado del aire reduce los requerimientos de enfriamiento logrando ahorros de energía totales superiores al 40%.

La corriente de aire caliente a la salida es utilizada para precalentar el aire de alimentación, aprovechando la energía remanente.

# SECADORES – X DRY PROCESS

## SAVING PER YEAR



REFERENCE DRYER WITH AIRFLOW CAPACITY OF 150 m<sup>3</sup>/h  
MATERIAL: PEEK DRYING TEMPERATURE: 150°C

REFERENCE THROUGHPUT: 60 kg/h  
TREATMENT TIME: 4h



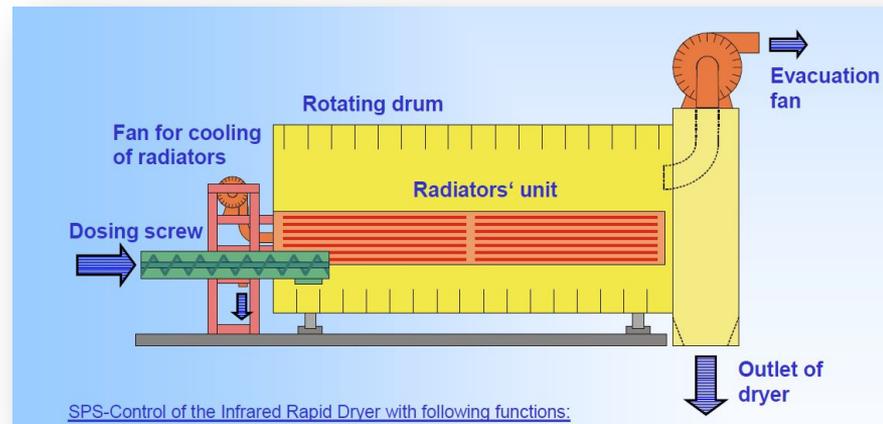
Hasta -70°C de temperatura de rocío.

Hasta 180°C de temperatura del aire de secado.

Basado en una tecnología de zeolitas que no requiere aire comprimido ni agua de refrigeración

# Secadores IR

Para PET en escamas con contenido inicial de humedad del 1%, es posible secar vía IRD hasta 0.03% de humedad en 15 minutos, consumiendo solo 0.13 kW/kg/hr. Reducir los niveles por debajo de 0.005% puede ser logrado con una hora adicional de secado en un deshumidificador.



# Secado

Equipo de triturado, lavado y secado

## LDPE FILM + HDPE FILM PCR



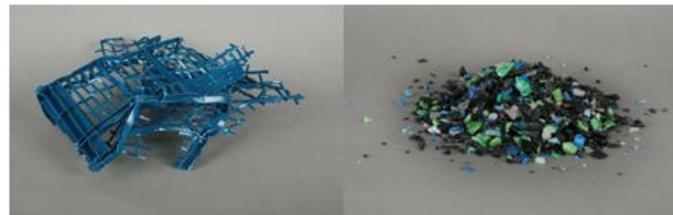
## FILM / LDPE + LLDPE FILM PCR



## PP BIG BAGS



## PP BOXES / PO HARD PLASTICS

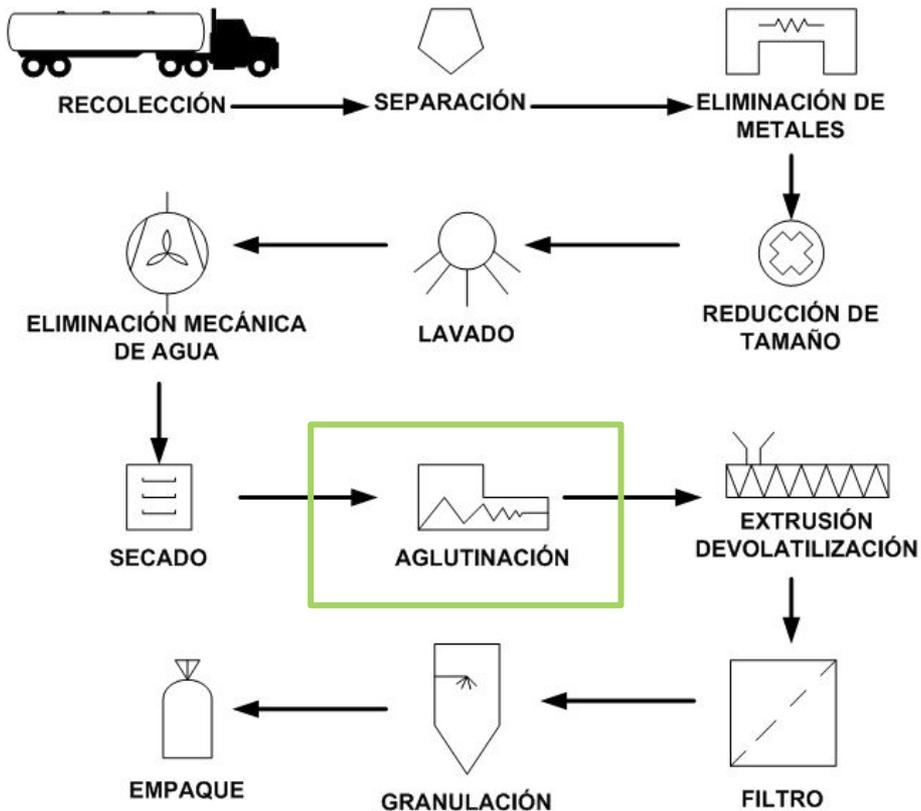


## HDPE BOTTLES



# Extrusión - Peletizado

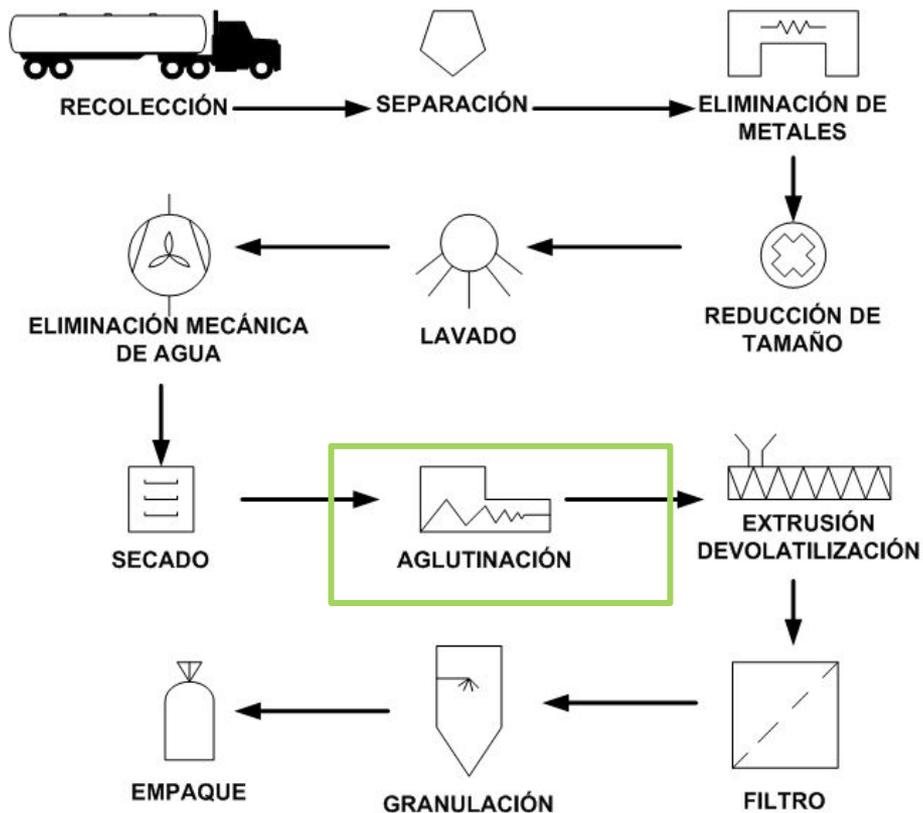
## Cadena del reciclaje Mecánico



# AGLUTINADO

# Aglutinado

## Cadena del reciclaje Mecánico



# Aglutinado

- Mejora la densidad aparente del material para ser alimentado a la extrusora.
- Demanda grandes cantidades de energía.
- Por medio del calor generado por la fricción de un conjunto de aspas sobre el material plástico, se pretende alcanzar la temperatura de ablandamiento del material de tal forma que el plástico se aglomere. En ese momento se inyecta una cantidad de agua, de tal forma que se conserve el mayor tamaño de grano en el material.
- Requiere de motores de alta capacidad (40 a 60 HP)





# Aglutinado



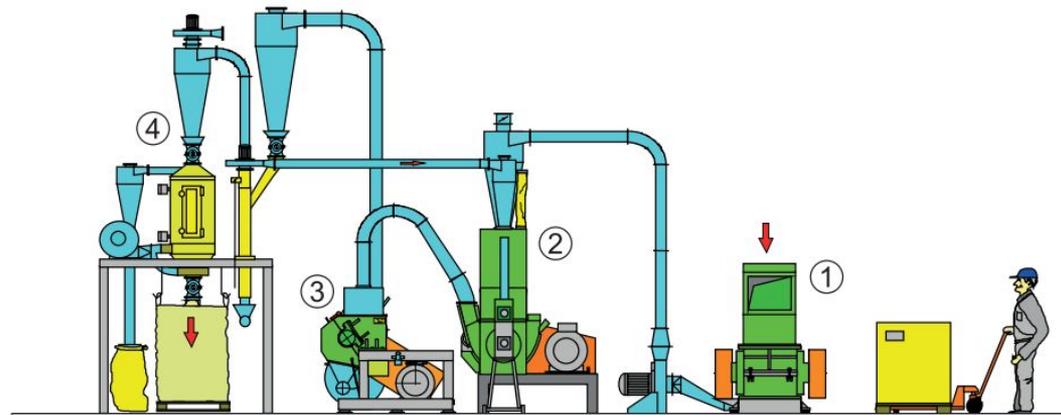
# Aglutinado

## Aglomerador de plástico Pallmann PFV



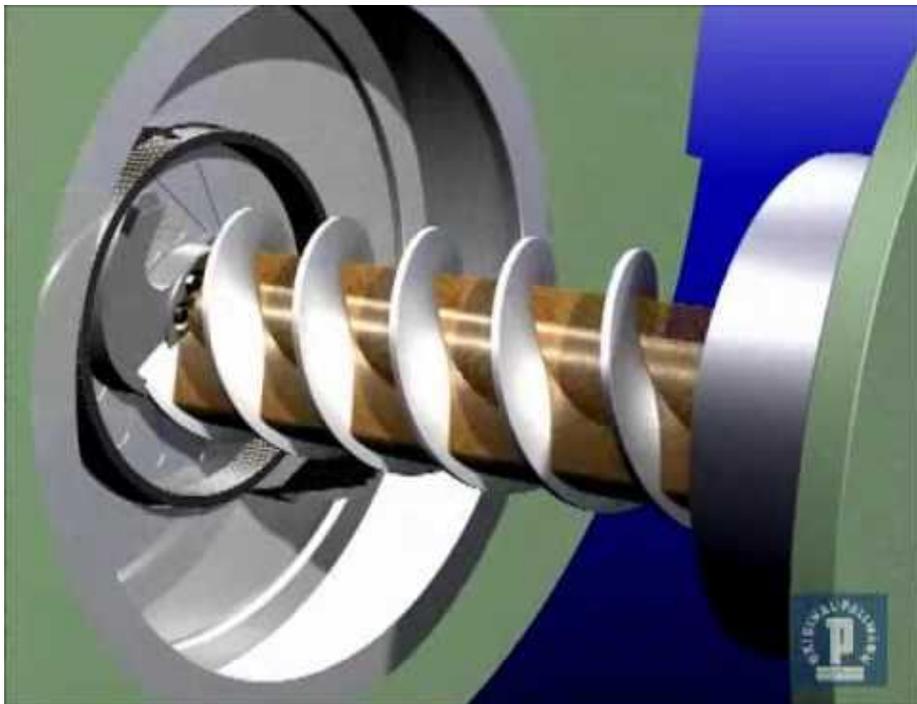
- Capacidad de 20 a 4000 kg/h (6 tamaños)
- Se alimenta material de 8-10 mm
- Operación automática y continua
- Sensores de nivel, presión y velocidad

(1) Molino de cuchillas (2) **Agglomerador** (3) Granulador en caliente (4) Unidad de clasificación con aire frío



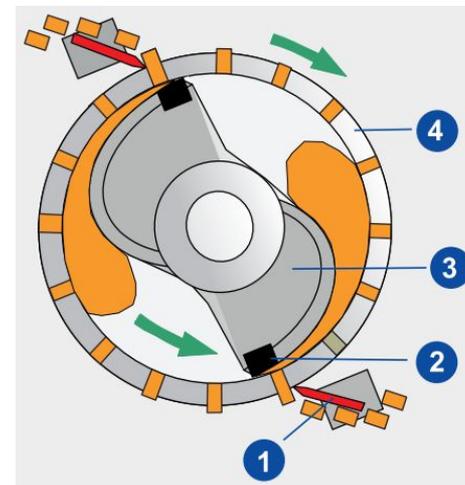
# Aglutinado

## Aglomerador de plástico Pallmann PFV



- Tiempo de retención en cámara de aglutinado: fracción de segundo
- Sistema de control: control de programas almacenados (SPC)

- (1) Cuchillas
- (2) Pieza de presión
- (3) Hélice
- (4) Troquel



**La forma resultante del aglutinado, depende de:**

- Tipo de material ingresado
- Temperatura de ablandamiento del polímero
- Velocidad de los rotores

De la geometría del aglutinado, depende la eficiencia en la alimentación del proceso de extrusión.

**Densidad de empaque**



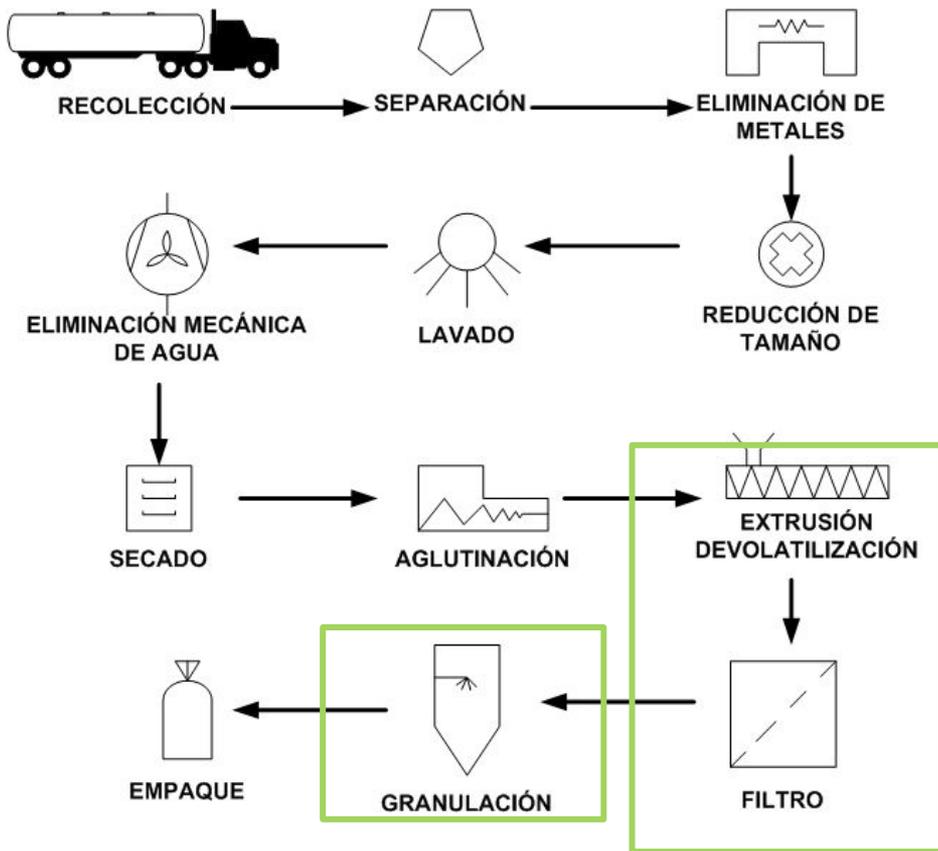
Película aglutinada



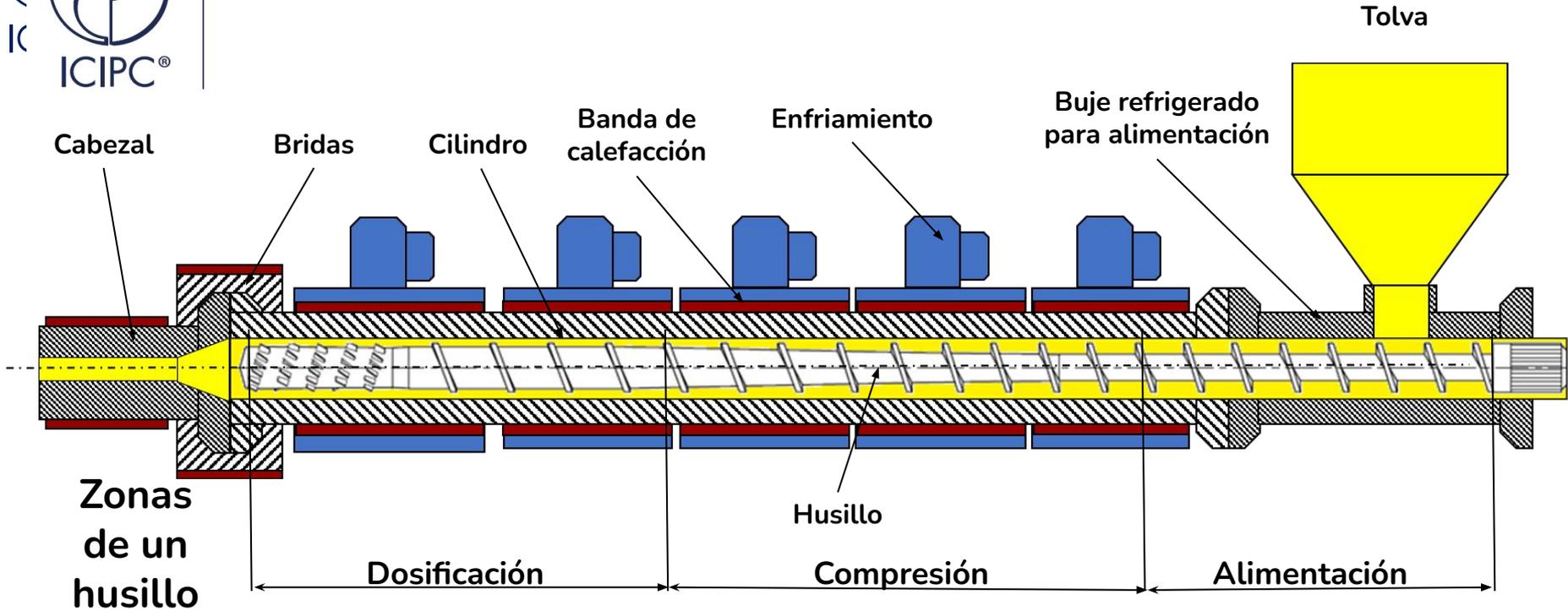
Película aglutinada y luego pasada por molino

# Aglutinado

## Cadena del reciclaje Mecánico



# Zona de alimentación del husillo



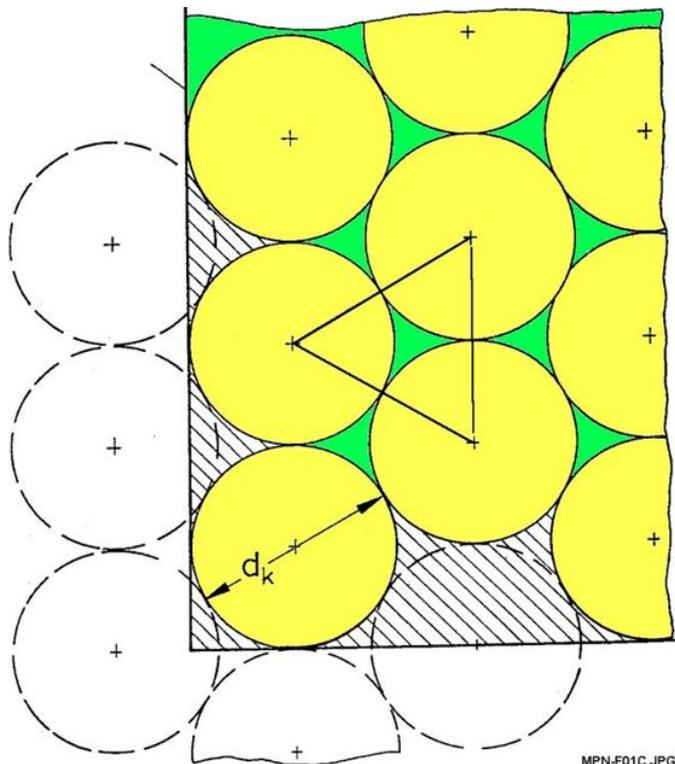
# ¿Cuál es el efecto de la densidad de empaque sobre la capacidad de la zona de alimentación?



Tomado de: <https://www.freepik.com/>

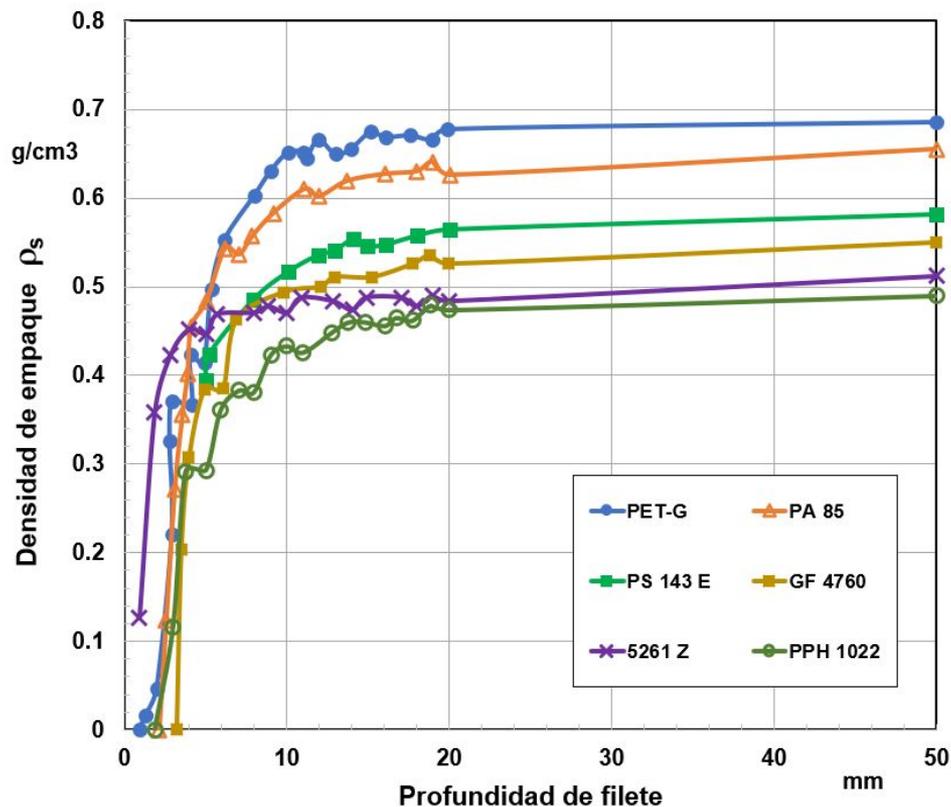
HDPE, L/D= 6, N=10 rpm <sup>97</sup>

# Densidad de empaque

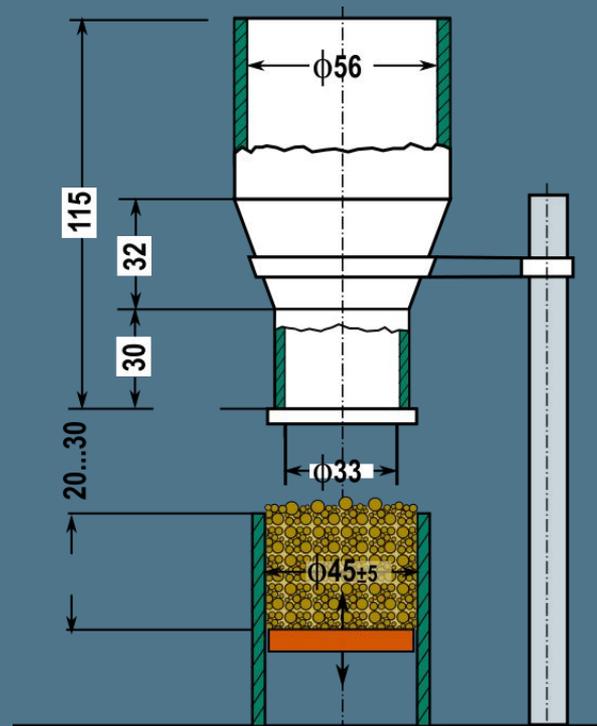


¿Cómo puedo medir la densidad de empaque de mi materia prima?

# Medición de la densidad de empaque



## DISPOSITIVO PARA LA MEDICIÓN DE LA DENSIDAD DE EMPAQUE, SEGÚN DIN 53468



# Efecto de la forma de los gránulos sobre la densidad de empaque



Pellet esférico



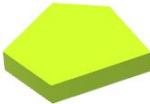
Pellet elipsoide



Pellet cilíndrico



Pellet cúbico



Trozo de película



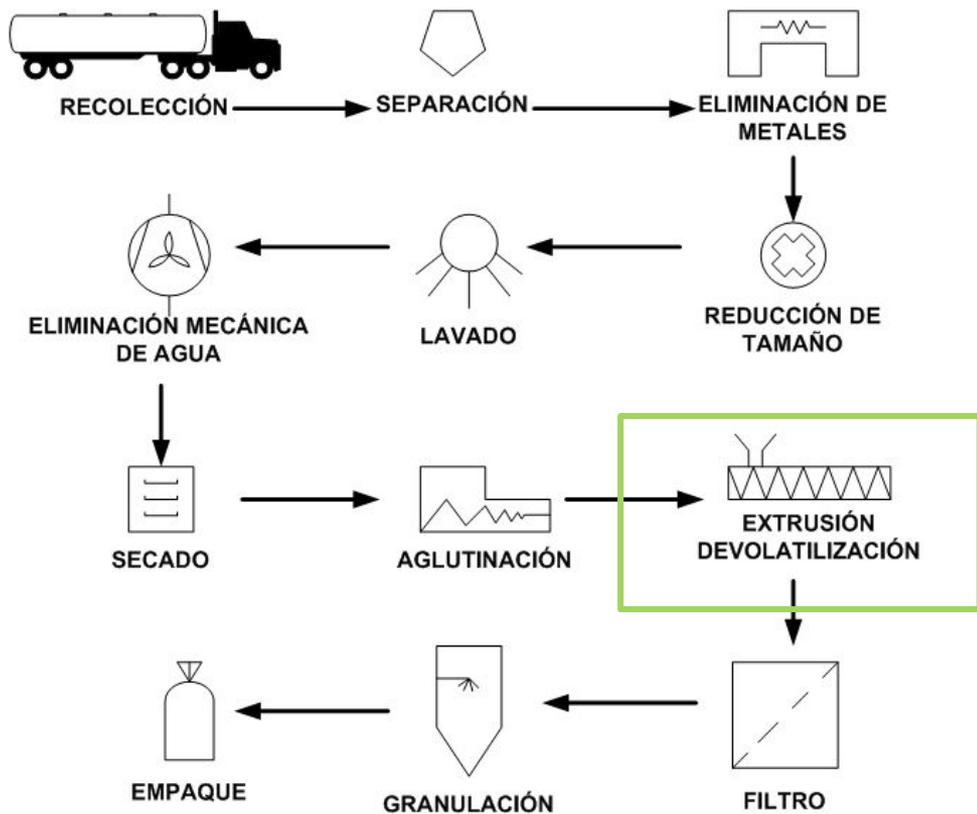
Pellet irregular

FORMA DEL MATERIAL, PE	DENSIDAD DE EMPAQUE [g/cm <sup>3</sup> ]	FLUJO MÁSICO [g/s]	G, FLUJO VOLUMÉTRICO [cm <sup>3</sup> /s]
En escamas	0.3	6.3	21
Gránulo cúbico	0.44	11.5	26
Gránulo cilíndrico	0.5	12	24
Gránulo esférico	0.55	12.6	23

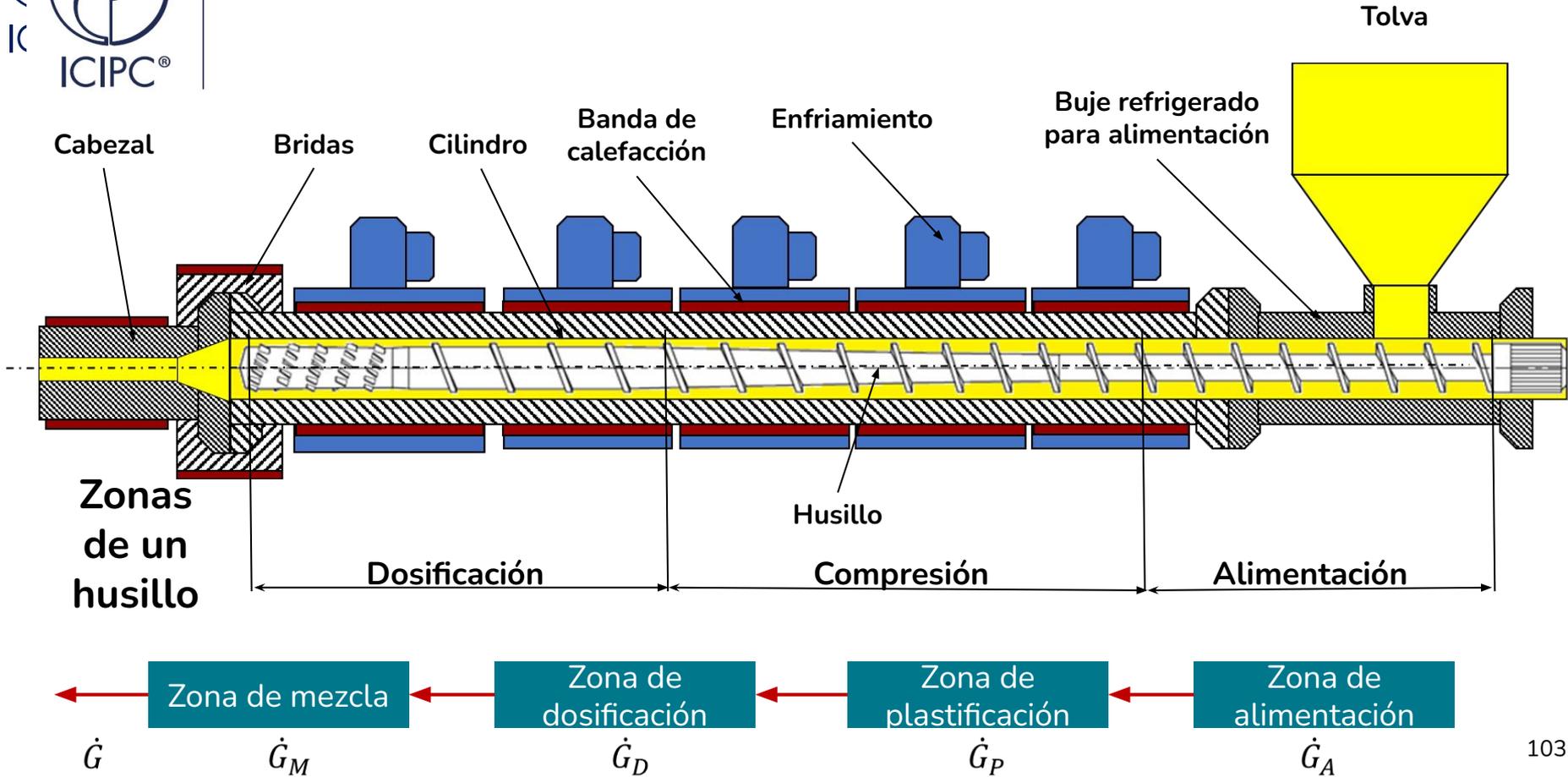
# Extrusión

# Extrusión

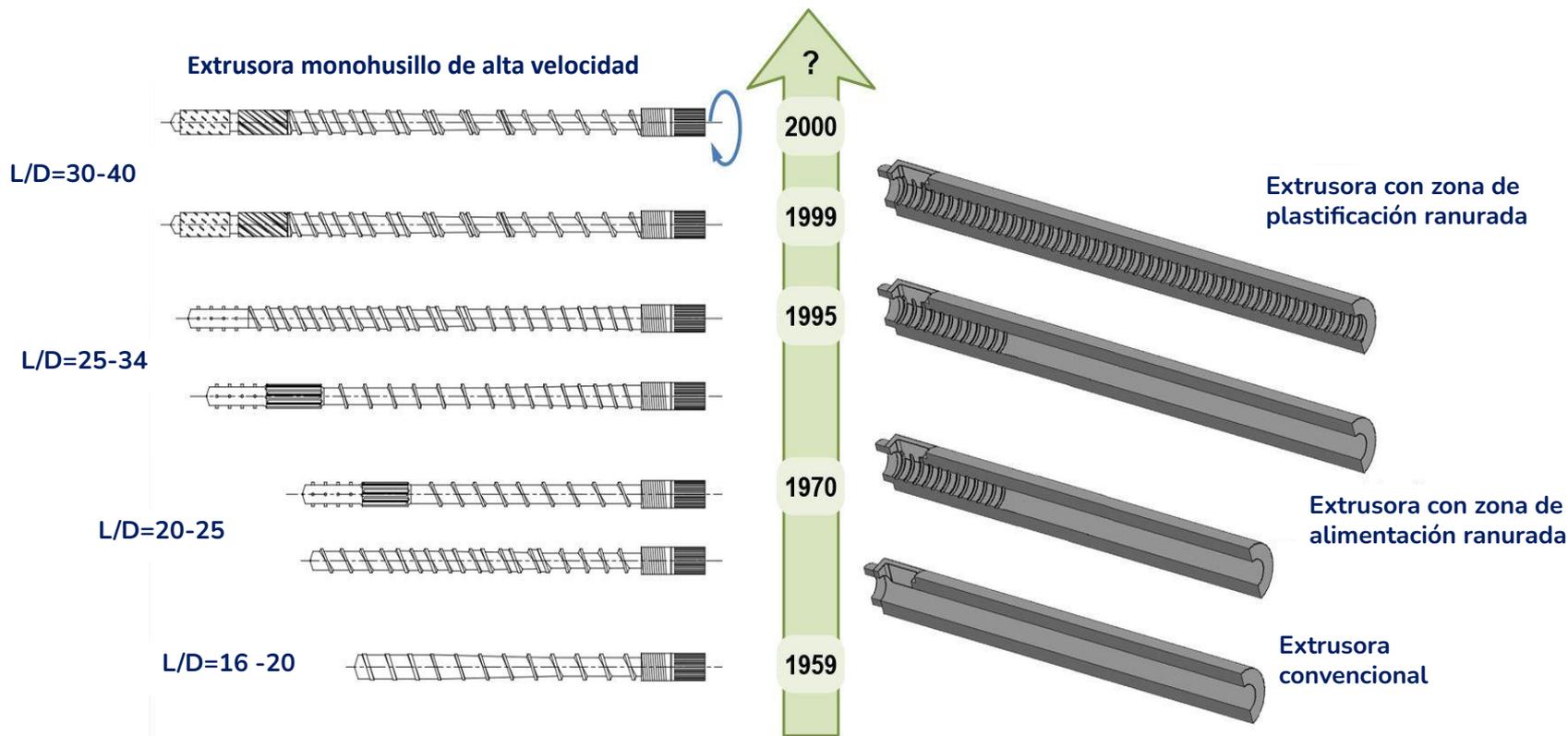
## Cadena del reciclaje Mecánico



# Zona de alimentación del husillo



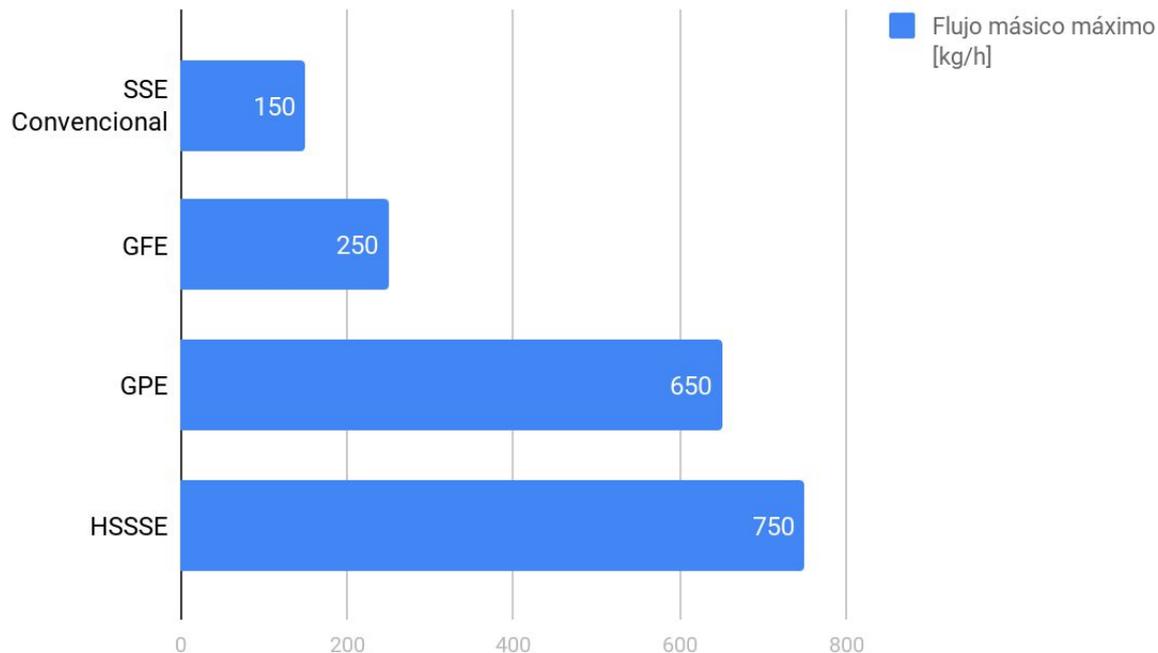
# Evolución de las unidades de plastificación monohusillo





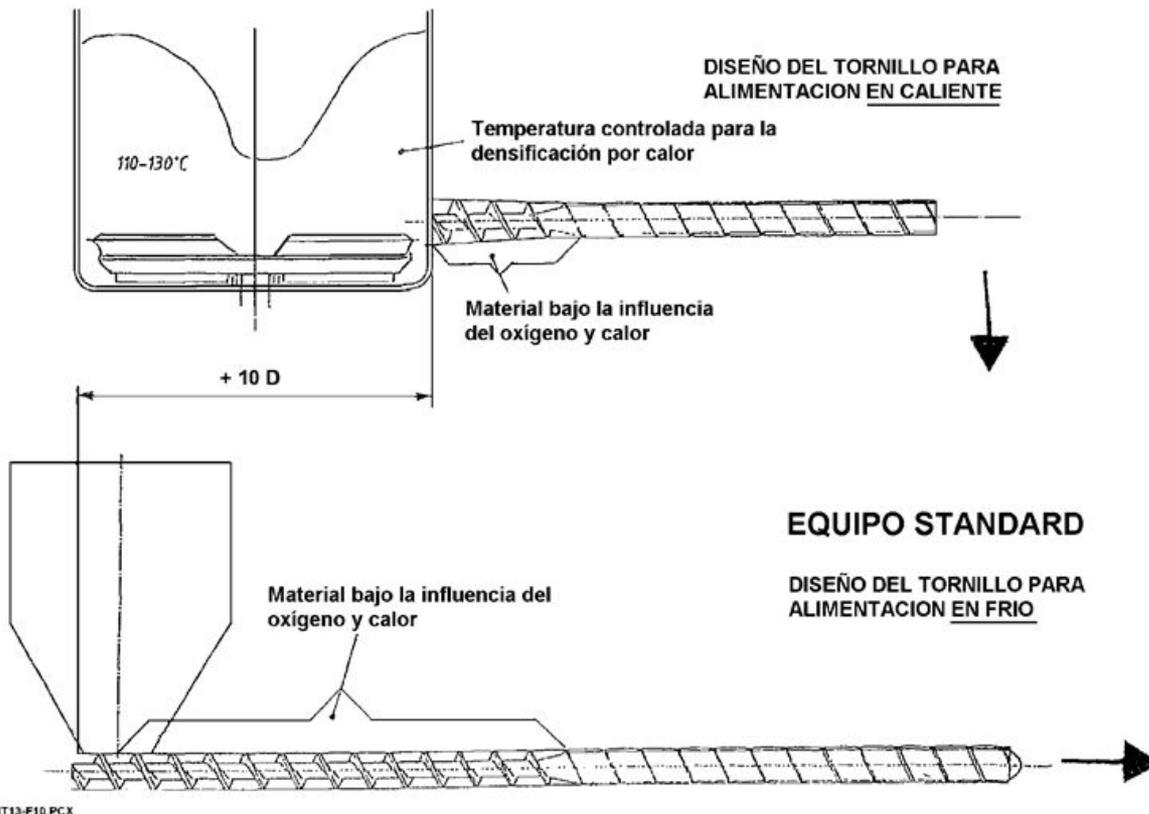
# Comparación de unidades de plastificación de 75mm de diámetro con HDPE

Rendimiento esperado de diferentes unidades de plastificación



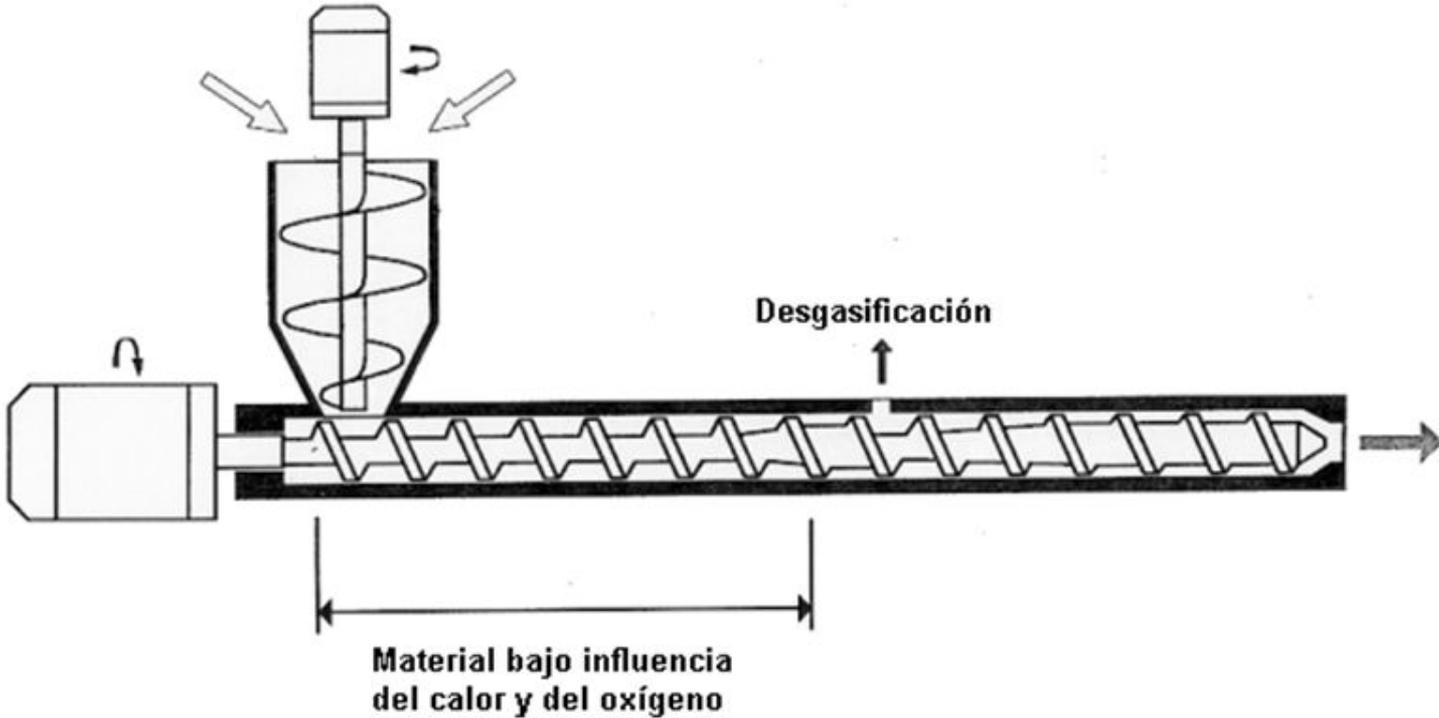
# Extrusión

## Sistemas de alimentación en extrusión



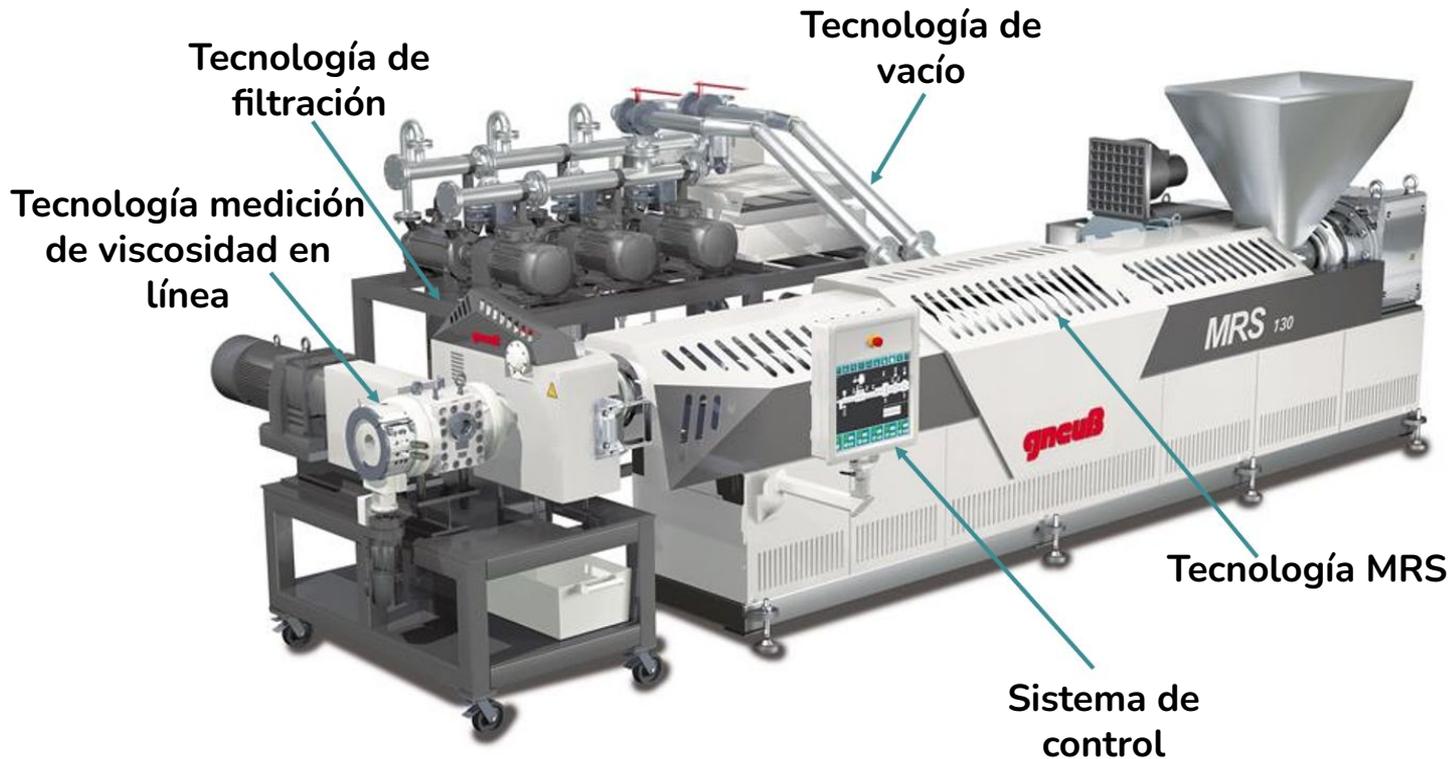
# Extrusión

## Sistemas de alimentación en extrusión





# Extrusora MRS -Gneuss



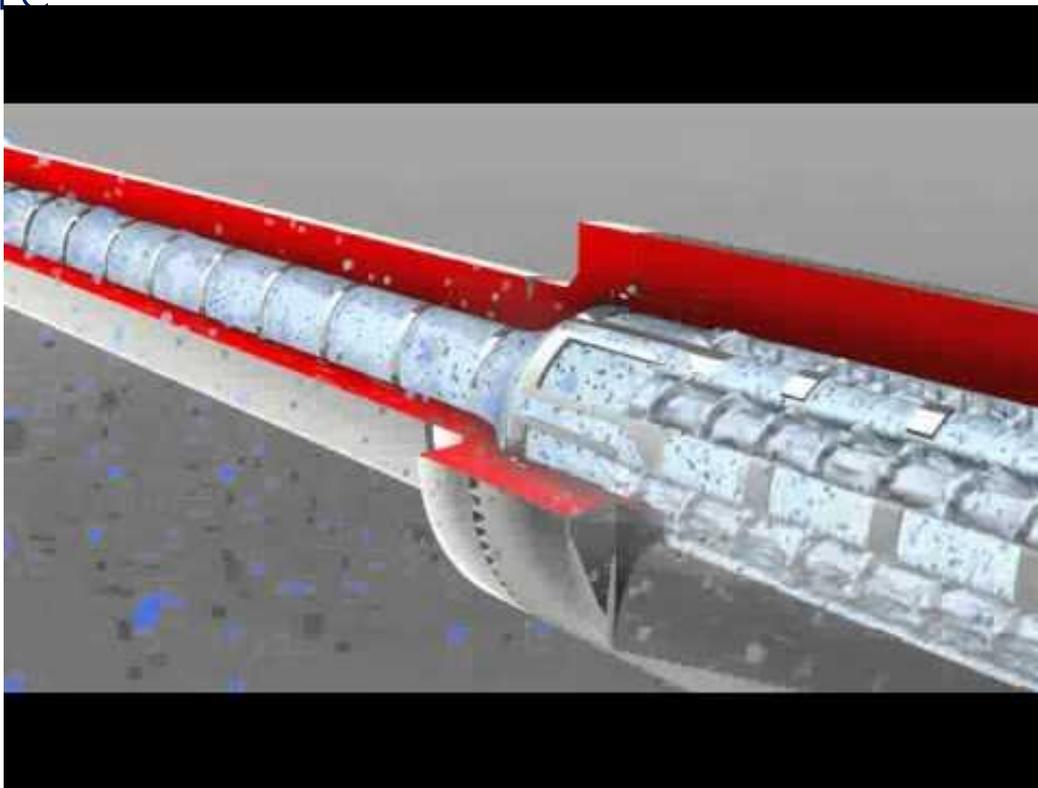
Tecnología de filtración

Tecnología de vacío

Tecnología medición de viscosidad en línea

Tecnología MRS

Sistema de control



Y si no hay que secar?

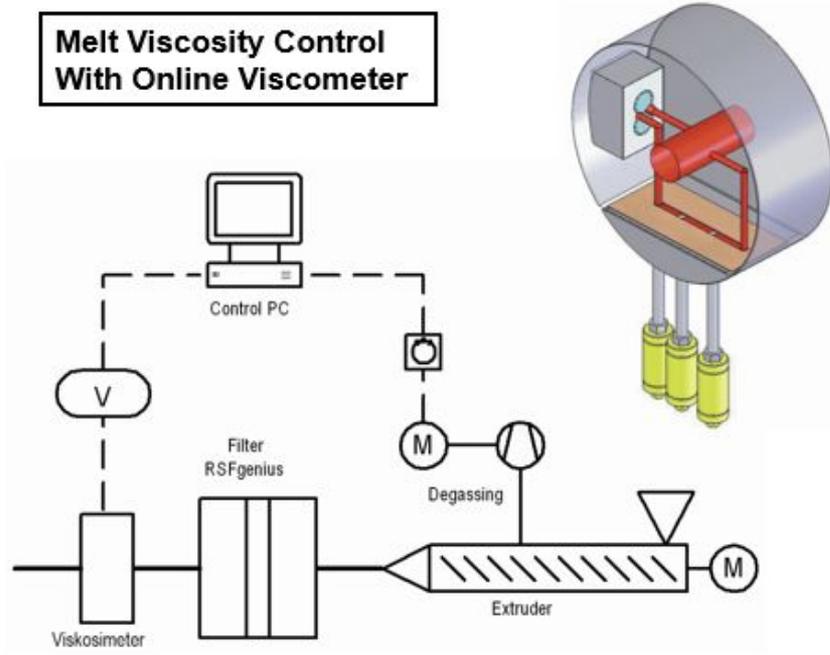
	Extrusora monohusillo	Extrusora dobl husillo	MRS
Superficie (cm <sup>2</sup> )*	100 %	150 %	450 %
Intercambio de superficie (m <sup>2</sup> /min)*	100 %	200 %	5.000 %
Volumen libre (cm <sup>3</sup> )*	100 %	150 %	300 %

GNEUSS-F03.JPG

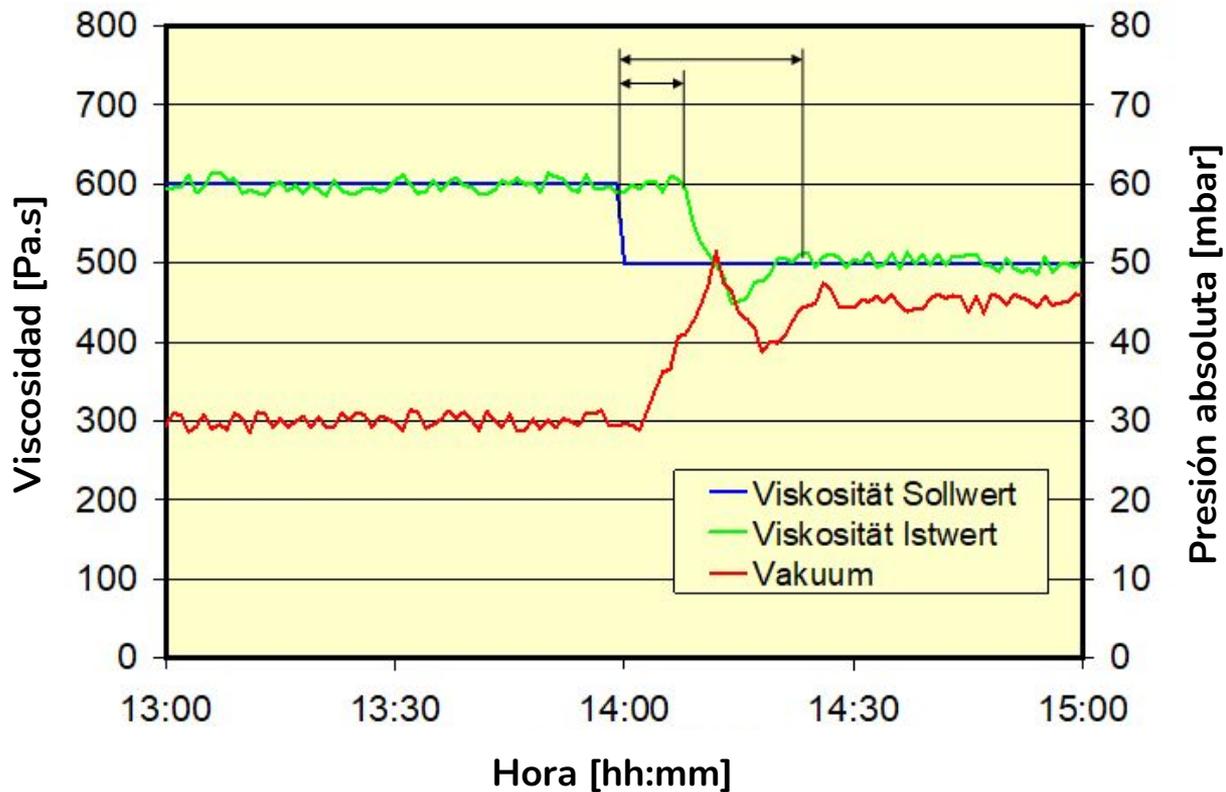
Secado de PET:  
 SECs= 0.15 – 0.35  
 kWh/kg

Este sistema permite consumos de energía específicos de 0.35 kWh/kg en PET, mientras que con secado puede superar 0.55 kWh/kg.

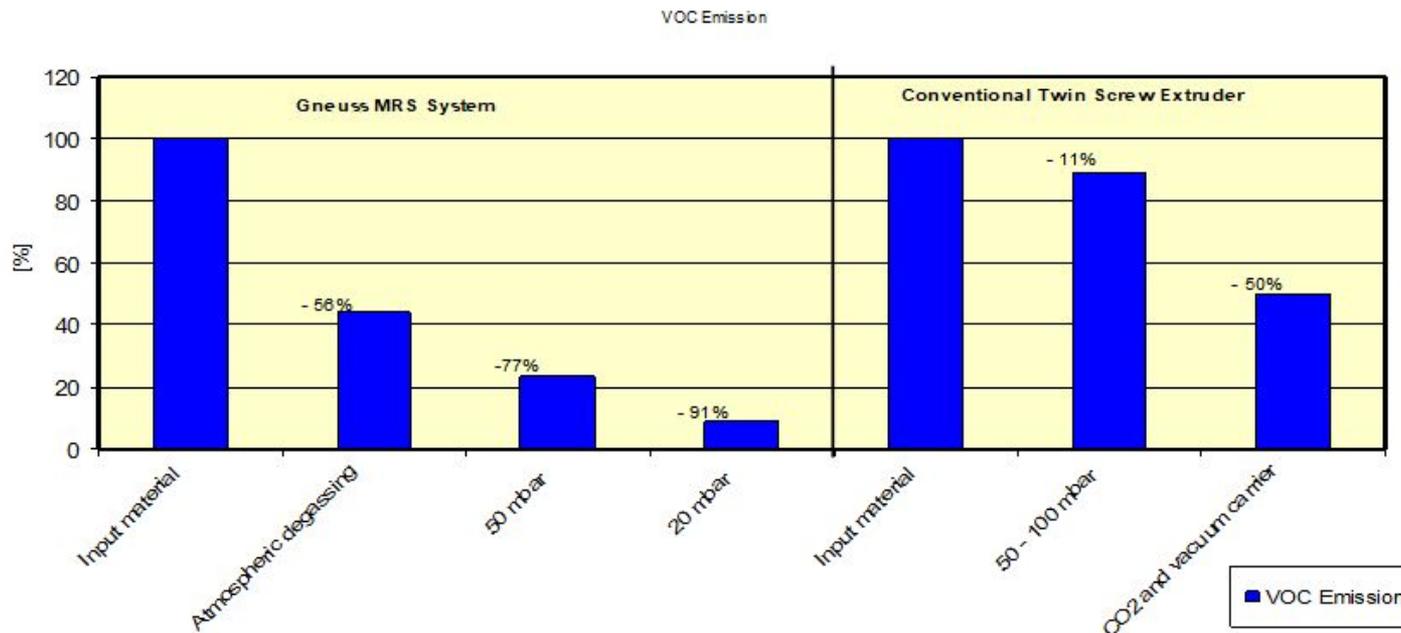
# Viscosímetro en línea



# Comportamiento de la viscosidad con el vacío



# Eliminación de VOC's



Purificación de PP Reciclado

Análisis de desorción acorde a VDA 278



Erema

Extrusora para  
reciclado





# Starlinger

## Extrusora para reciclado recoSTAR *Universal*





# Gamma Meccanica

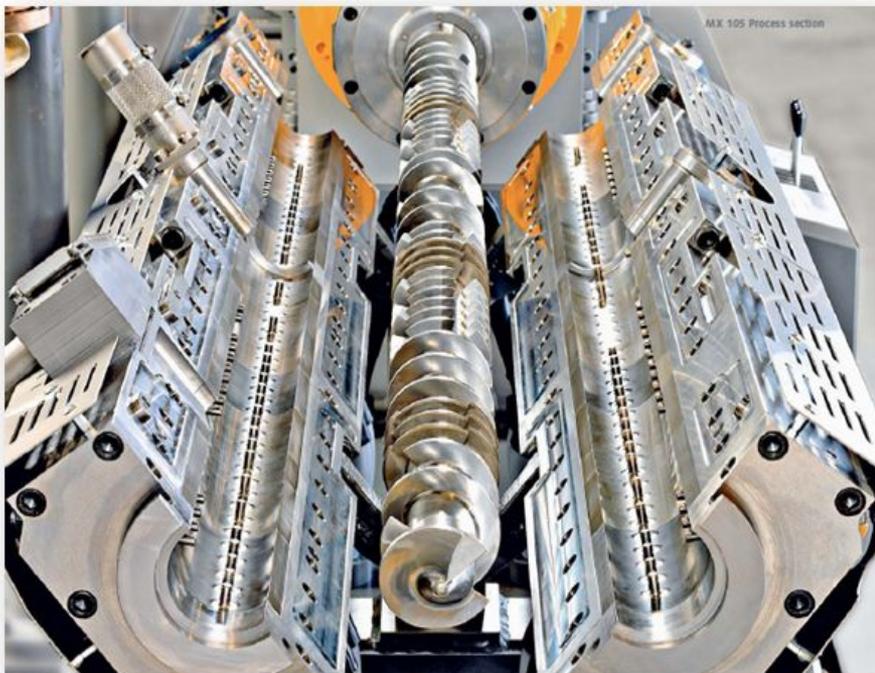
## Extrusora Tandem





# Husillo amasador oscilante

## Extrusoras oscilantes BUSS Kneader

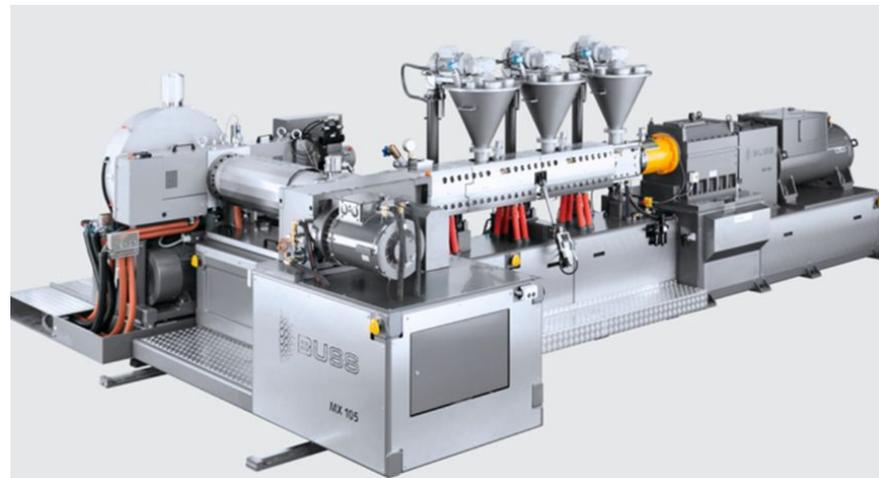


- Excelente para preparación de compuestos y mezclas.
- Alta productividad.
- Distribución de tiempo de residencia estrecho.
- Velocidades de rotación hasta 700 r.p.m.
- Cambios rápidos de color.
- Menor consumo de energía específica.

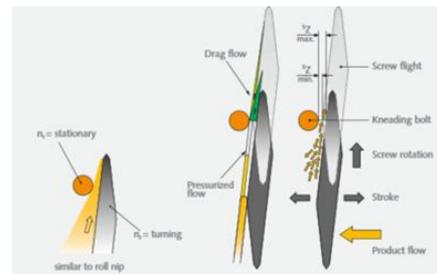


# Husillo amasador oscilante

Extrusoras oscilantes



Requiere configuración en cascada para ofrecer un flujo estable.

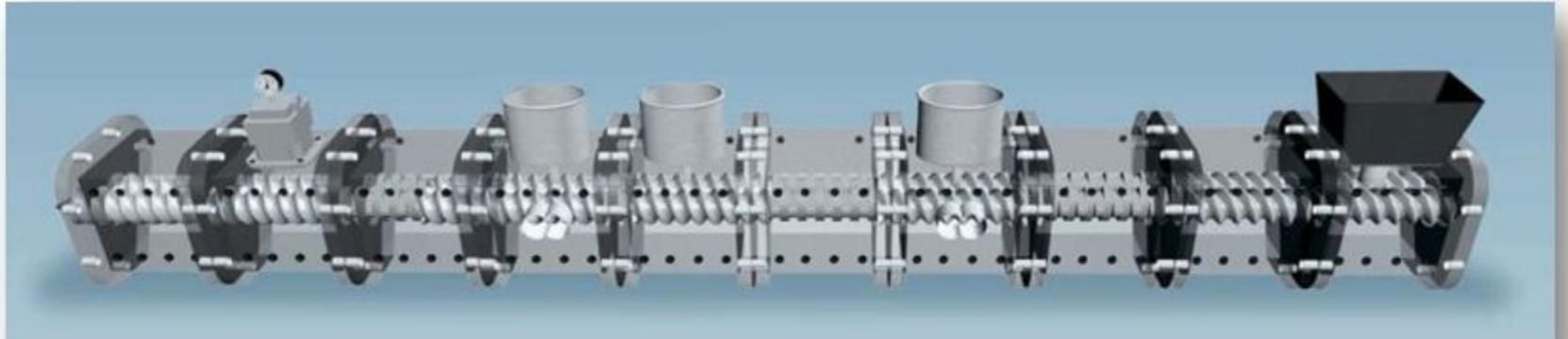


Tomado de: <https://www.youtube.com/watch?v=5zNhneCMbOI>



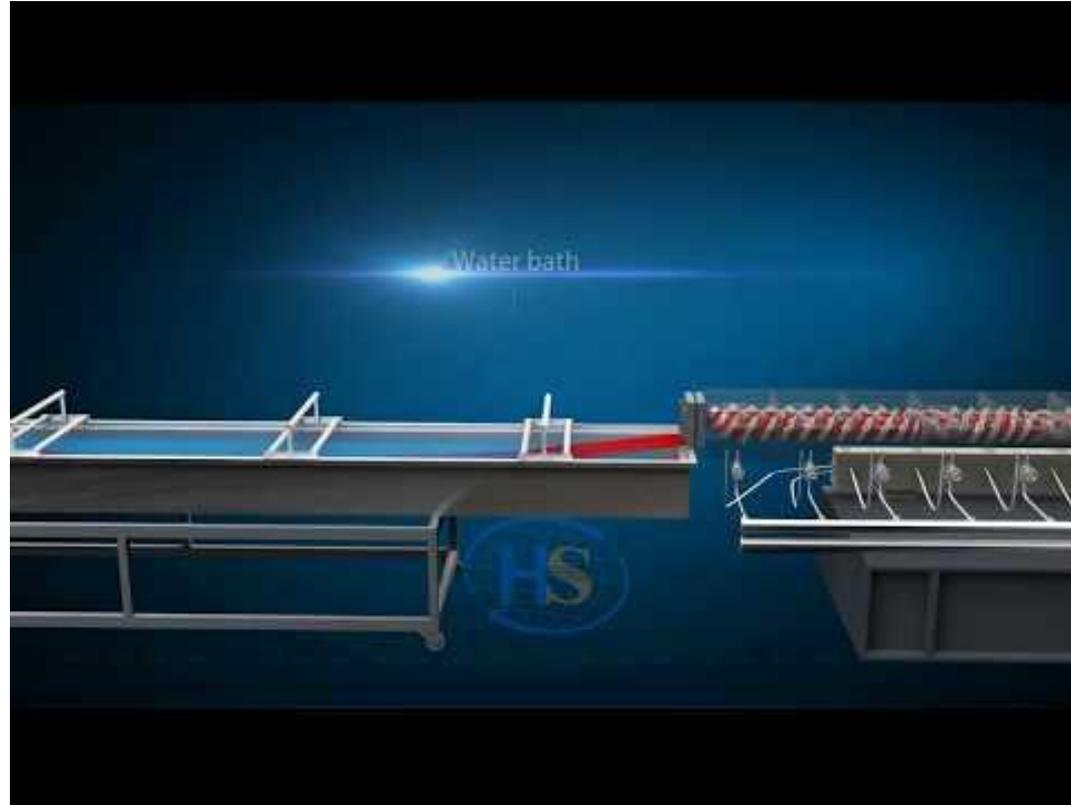
# Extrusora doble husillo (EDH)

Doble husillo





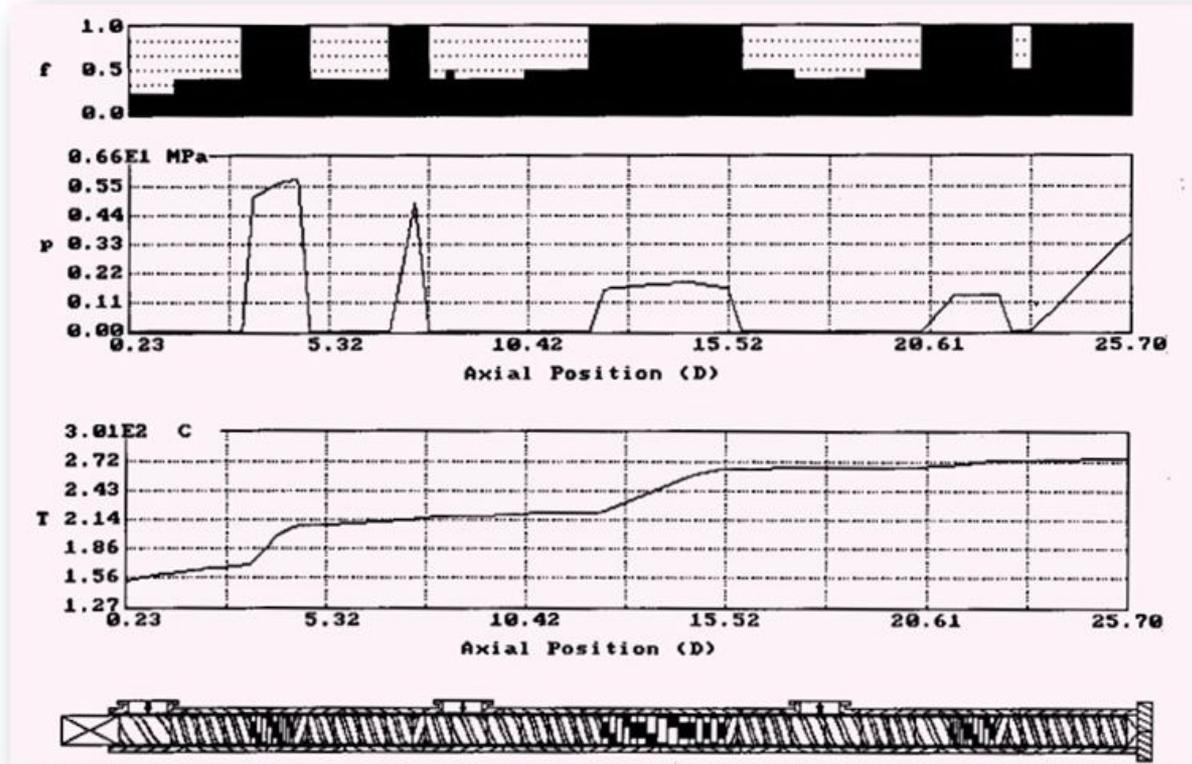
# Extrusora doblehusillo





# Dinámica del proceso de extrusión doble husillo

Doble husillo - Extrusoras que trabajan parcialmente llenas





# Tratamientos especiales



# Desodorización

Refresher

HOME AND  
HEALTHCARE  
**PACKAGING**

MADE OUT OF  
**100%**  
POST  
CONSUMER  
**RECYCLATE**



# Tecnologías de post condensación para PET

ViscoSTAR  
Incremento de la  
viscosidad intrínseca  
para reciclaje  
botella a botella



# Tecnologías de post condensación para PET

MPR Reactor para  
secado,  
cristalización e  
incremento del IV

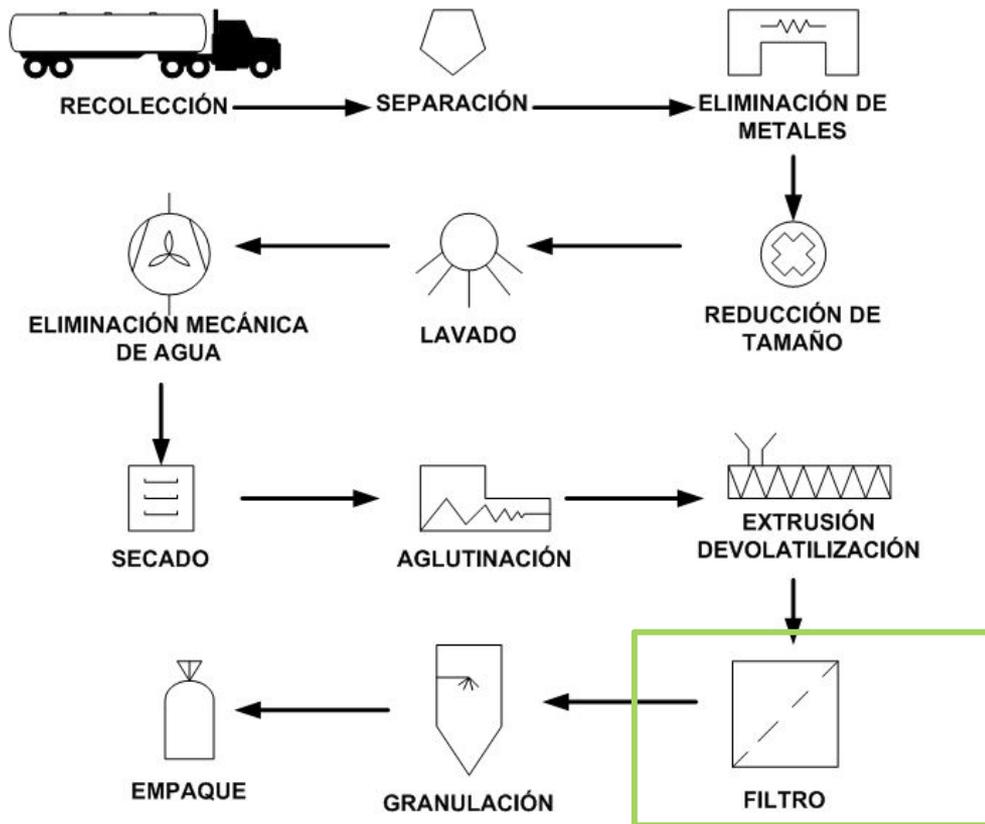




# Filtración

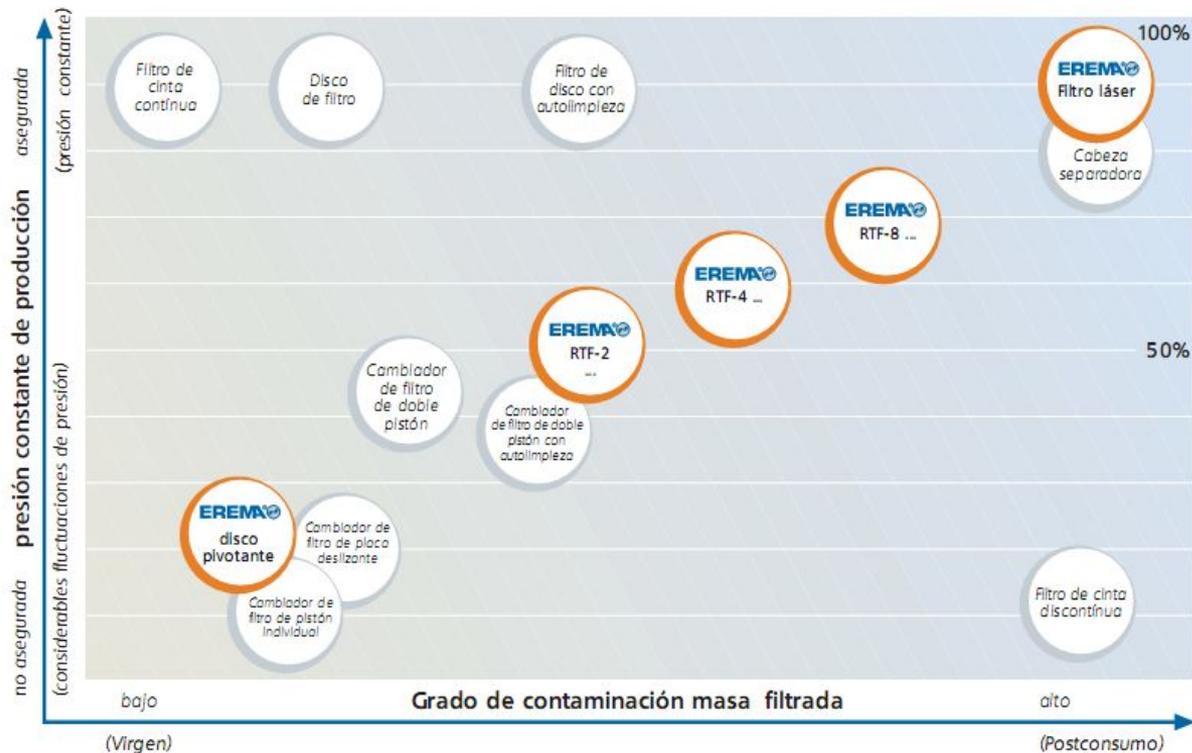
# Filtración

## Cadena del reciclaje Mecánico



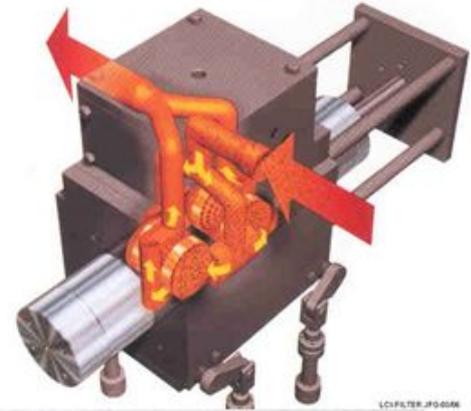
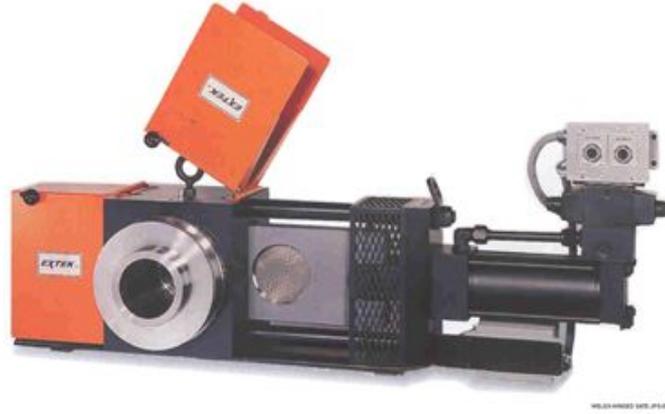
# Filtración

## Filtración de masa fundida - Tipos de filtro



# Filtración

## Filtración de masa fundida





# Filtración

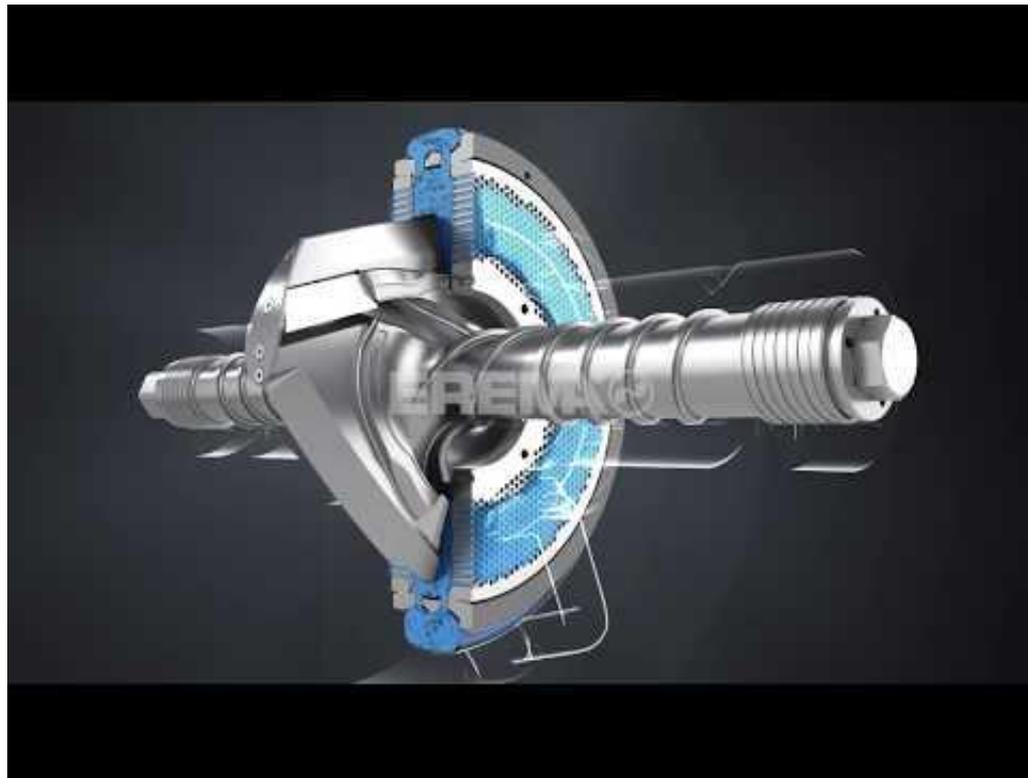
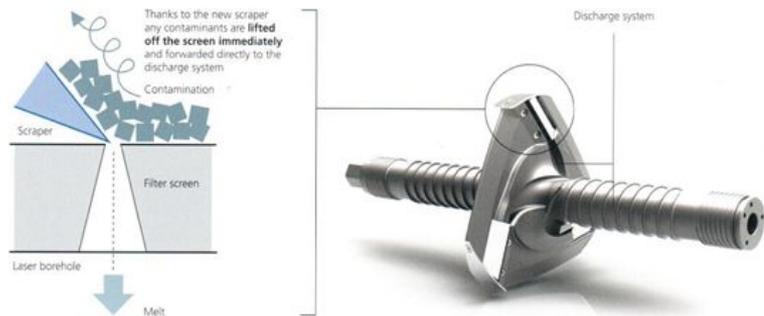
## Filtración continua



# Filtración

## Filtración de masa fundida - Filtro laser continuo

Disco con más de 1,000,000 de perforaciones cada una de 100  $\mu\text{m}$ , fabricado en un metal de alta dureza.

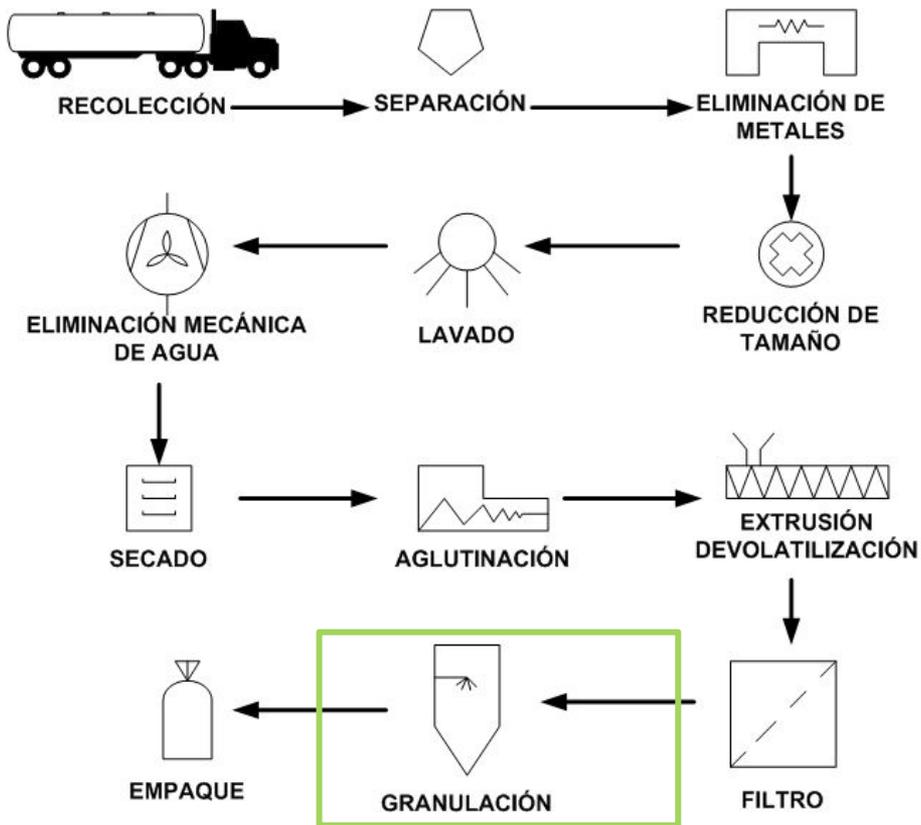




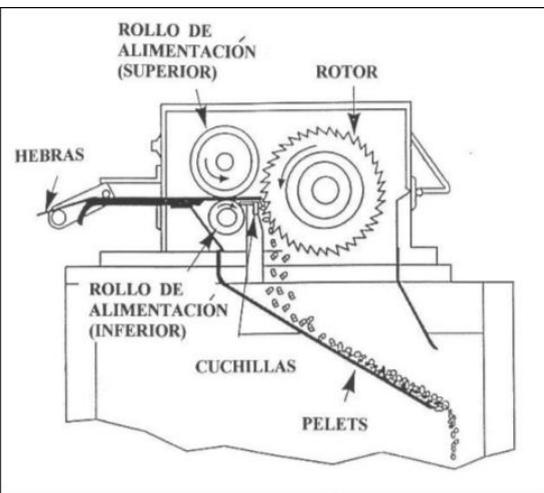
# Peletizado

# Granulación

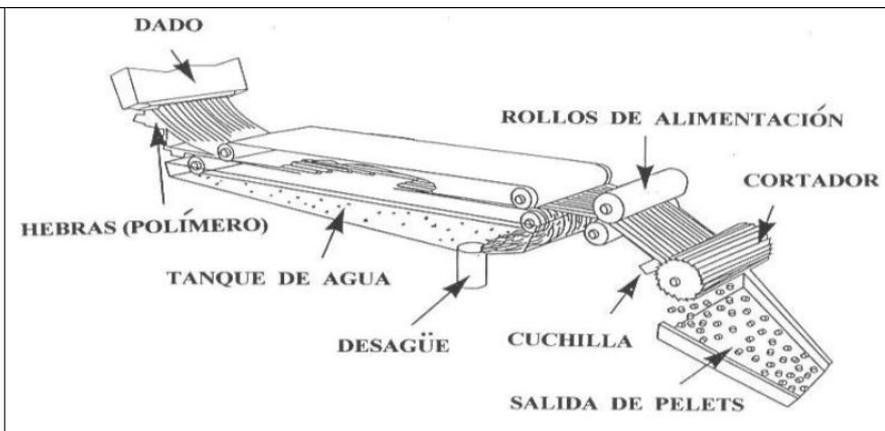
## Cadena del reciclaje Mecánico



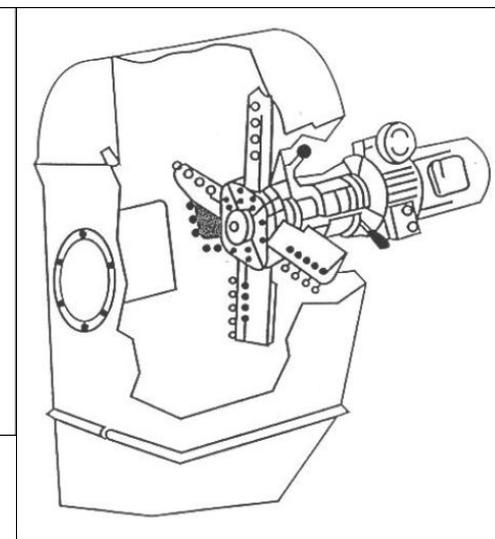
### Tipo Hebra



### Tipo Hebra forzada

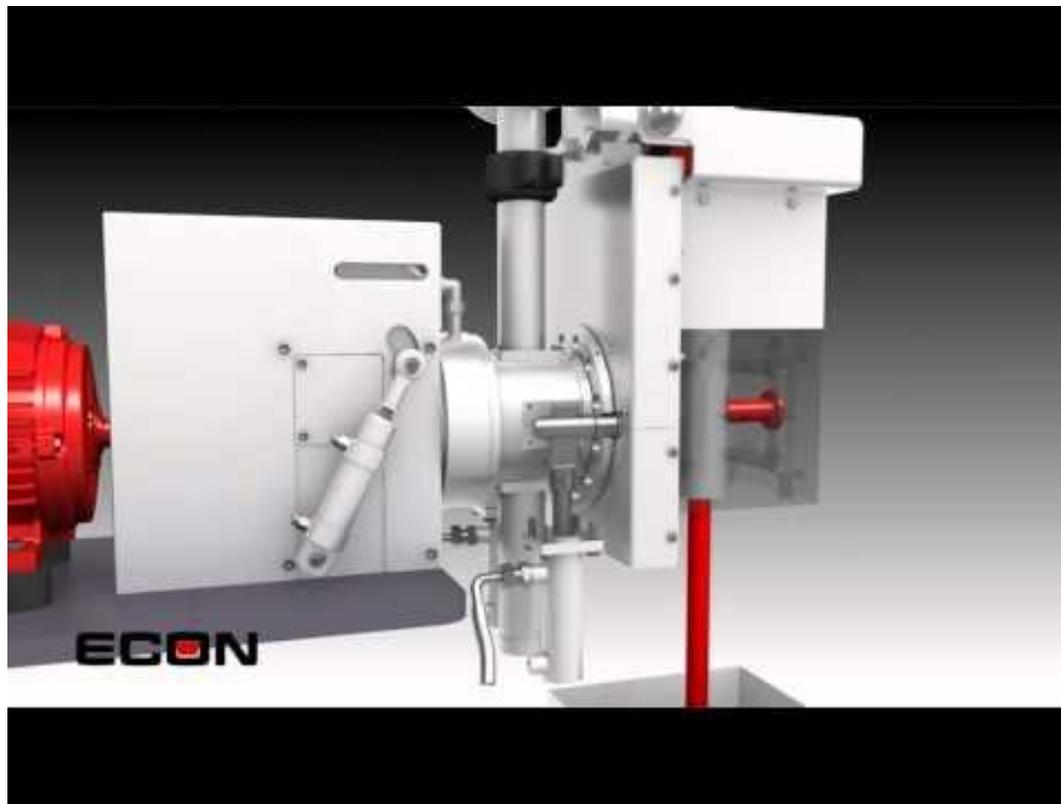


### Aire



# Granulación

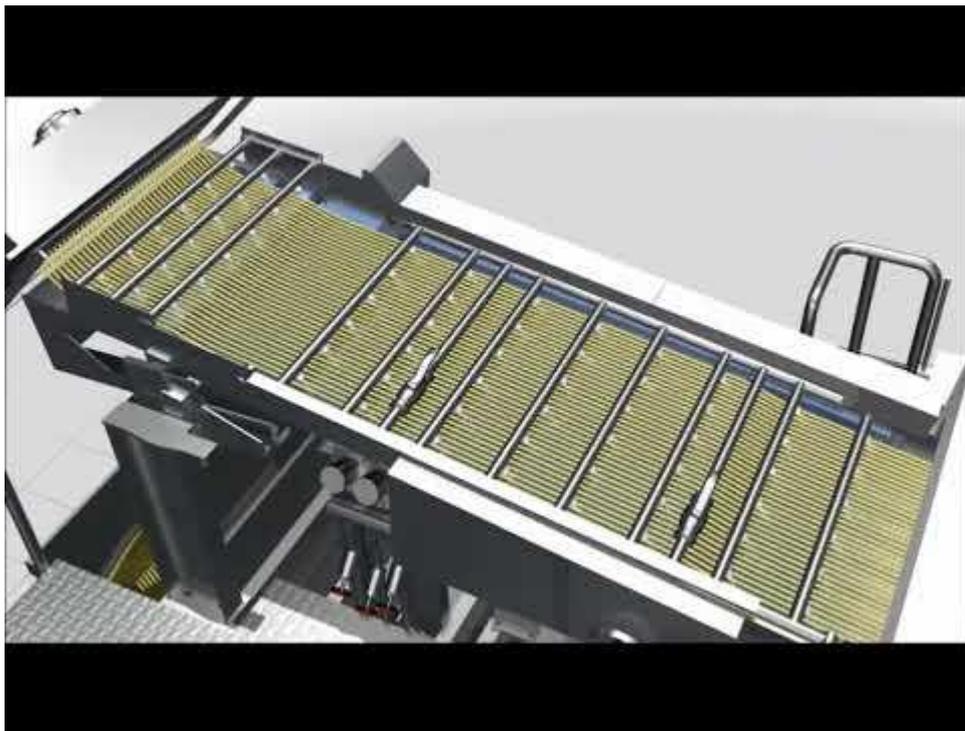
## Tipos de granuladores - Corte sumergido en agua



- Alta densidad de empaque
- Mínimo espacio
- Poco contenido de finos
- Poca atención del operario
- Poco ruido
- Bajo consumo energético
- Uniformidad de los pellets
- Fácil mantenimiento
- Gránulo de apariencia al virgen
- El corte se hace mientras el material está caliente

# Granulación

## Tipos de granuladores - Corte de tiras sumergido en agua



- Alta densidad de empaque
- Mínimo espacio
- Poco contenido de finos
- Poca atención del operario
- Poco ruido
- Bajo consumo energético
- Uniformidad de los pellets
- Fácil mantenimiento
- Gránulo cilíndrico
- Más operaciones (hay que retirar el agua)
- El corte se hace mientras el material está frío



INSTITUTO DE  
CAPACITACIÓN  
E INVESTIGACIÓN  
DEL PLÁSTICO Y  
DEL CAUCHO

# ¡Gracias!

Carrera 49 #5 Sur 190. Bloque 37  
+574 3116478  
Medellín, Colombia  
[icipc@icipc.org](mailto:icipc@icipc.org) - <https://icipc.org>



@ICIPCmedellin



@ICIPC



@ICIPC\_Medellin



@ICIPC



**CONVERTIMOS CONOCIMIENTO EN RIQUEZA**