

Antes de comenzar nuestro webinar ...



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



Desactiva tu micrófono
para escuchar claramente
la conferencia



Desactiva tu cámara
para que la red funcione
correctamente



Dejar tus preguntas
en el chat. Al final el
ponente les dará respuesta

Programa de Formación: “Fortalecimiento de las capacidades técnicas de los transformadores de residuos de PET”



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Confederación Suiza

Departamento Federal de Economía,
Formación e Investigación DEFI
Secretaría de Estado para Asuntos Económicos SECO



Ministerio de
**Comercio, Industria
y Turismo**



**Colombia
Productiva**
PRODUCTIVIDAD - CALIDAD - VALOR AGREGADO



INSTITUTO DE
CAPACITACIÓN
E INVESTIGACIÓN
DEL PLÁSTICO Y
DEL CAUCHO



Módulo 4: Reciclaje mecánico de residuos plásticos

Edgar Alejandro Cano
Investigador Consultor Junior



Presentador:

M.Eng. Edgar Alejandro Cano Zapata

- Investigador/Consultor Junior del ICIPC.
- Ingeniero químico de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.
- Magíster en Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.
- Experiencia en el análisis y simulación de procesos, proyectos de sostenibilidad, eficiencia energética, y análisis de materiales poliméricos



Introducción: El reciclaje mecánico como un sistema

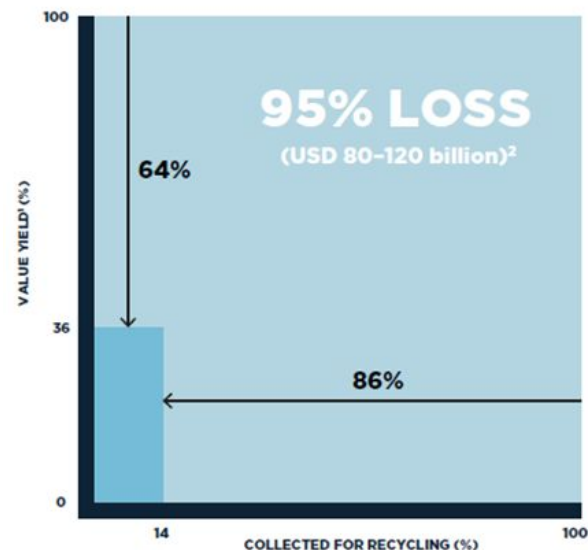
REALIDAD ACTUAL:

Bajas tasas de recolección

Bajas tasas de reciclaje

Poca o ninguna separación

Productos cuyo valor es menor al del material original



REALIDAD ACTUAL:



Reciclador

Plásticos: Pasta, Poste,
Policolor, Tasa, etc.
Picado, granulado,
peletizado

Industrial



Especificaciones, Aplicaciones
Polimeros (PE, PP, PS, PET, etc)
Trazabilidad
Certificados de Calidad
Propiedades
Inocuidad
Extrusión, Inyección, Termoformado

Los tres grandes sectores que preocupan por su impacto ambiental



Envases y empaques




Aparatos eléctricos y electrónicos




Textiles

Los tres grandes sectores que preocupan por su impacto ambiental - Principales retos



Envases y empaques



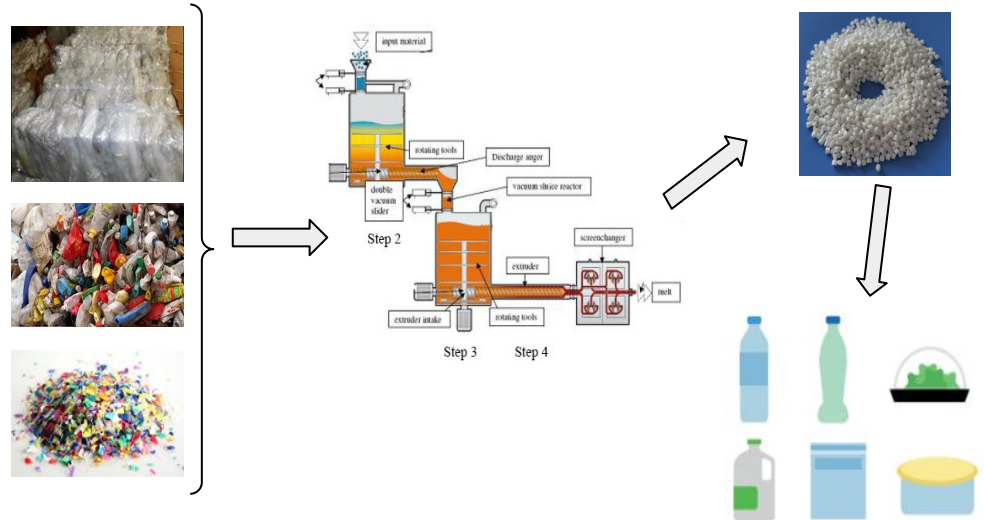

Aparatos eléctricos y electrónicos



Textiles

La pérdida de valor de los empaques es de 80-120 billones de USD/año. Sólo se recicla el 14%

- 40% del consumo de plásticos mundial son empaques y envases.
- El 60% son empaques para alimentos
- Se requieren Cartas de No Objeción y Conceptos Científicos para el uso de reciclados.
- Alta cantidad de empaques flexibles

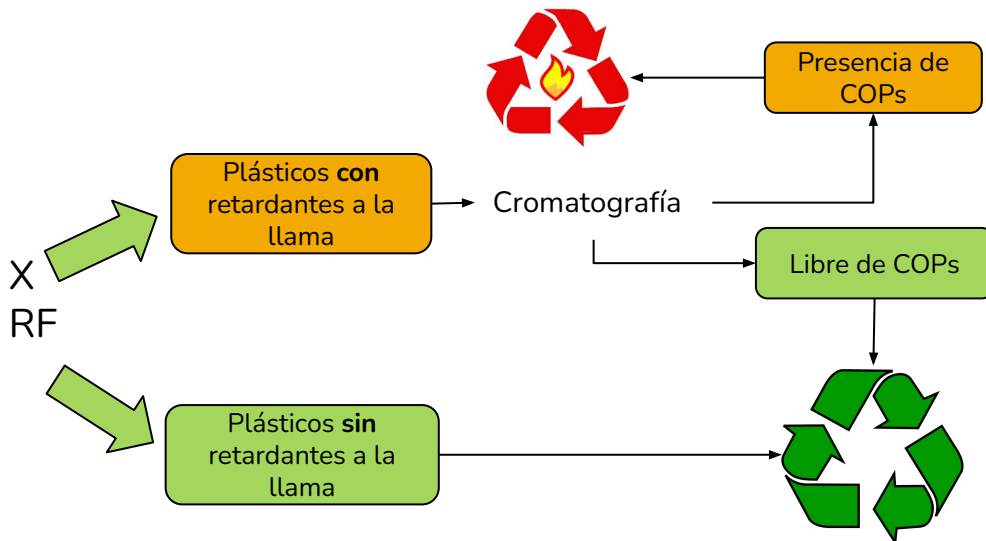


Los tres grandes sectores que preocupan por su impacto ambiental - Principales retos



Sólo se recoge y se recicla aproximadamente el 20% de los RAEE's en el mundo.

- Muchos materiales diferentes.
- Muchas piezas tienen compuestos orgánicos persistentes (COPs) como retardantes a la llama polibromados (BFR's)
- Mezclas con metales y papel

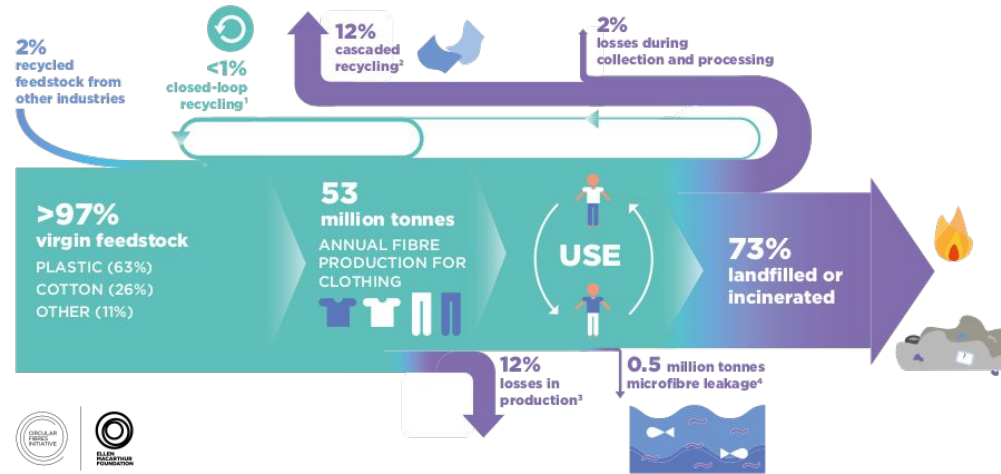


Los tres grandes sectores que preocupan por su impacto ambiental - Principales retos

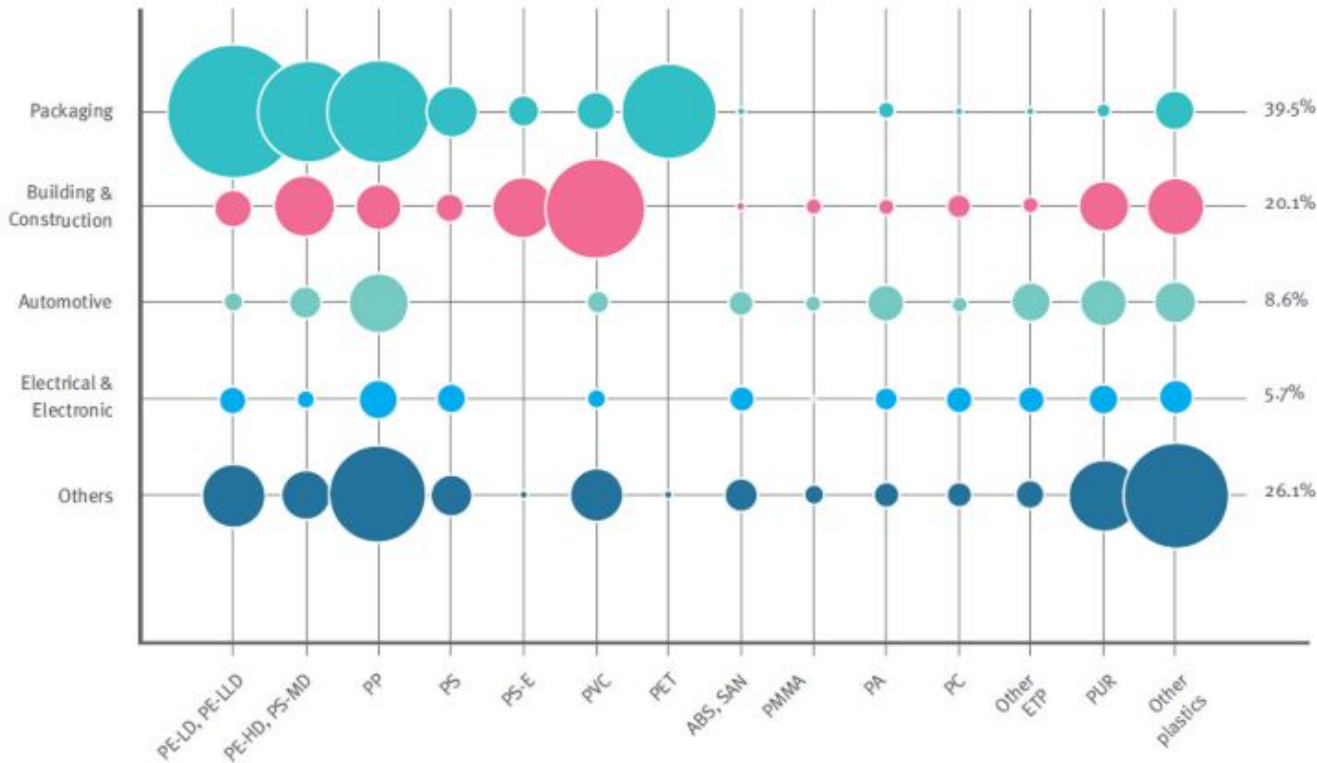
- Fibras y telas de composición compleja
- Mercado de “exclusividad”
- Desconocimiento de los procesos de reciclaje de plásticos.



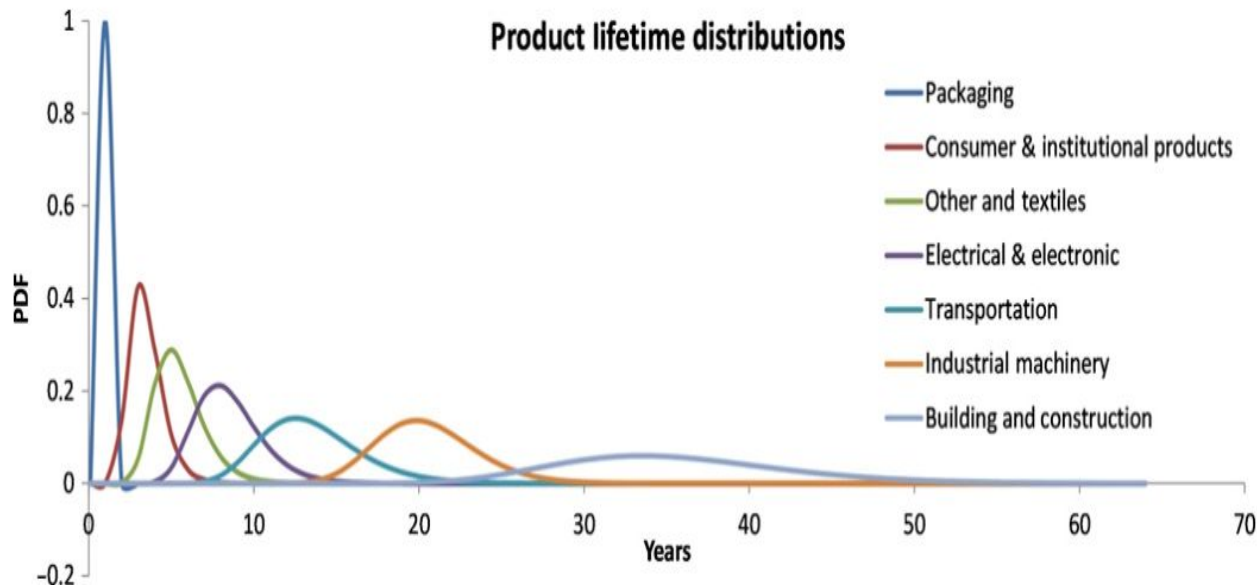
63% son plásticos y el 73% termina en relleno sanitario o incinerado. A mayor producto interno bruto, se compra más y se usa menos.



Materiales más utilizados por sector

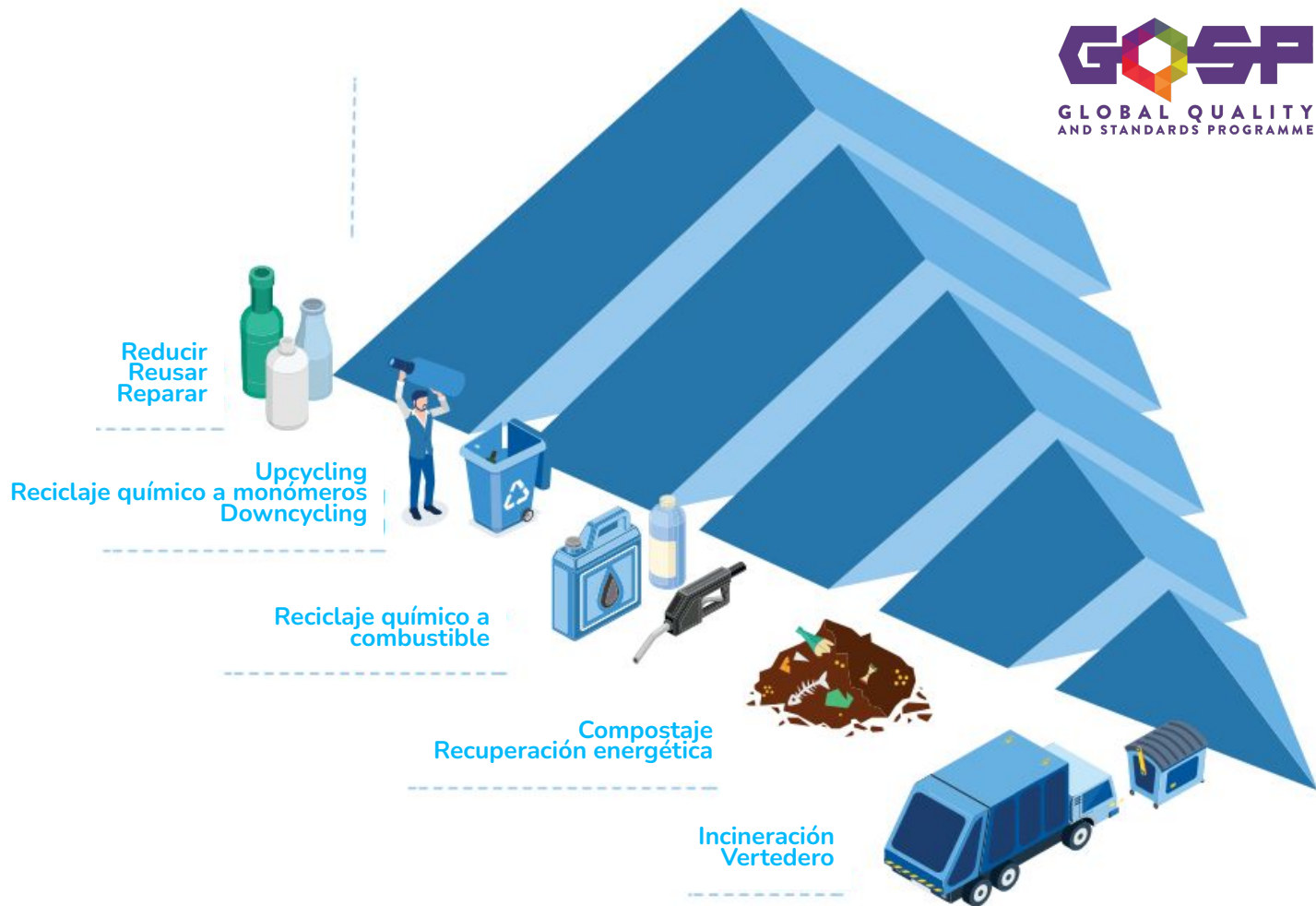


Distribución del tiempo de vida de los productos plásticos

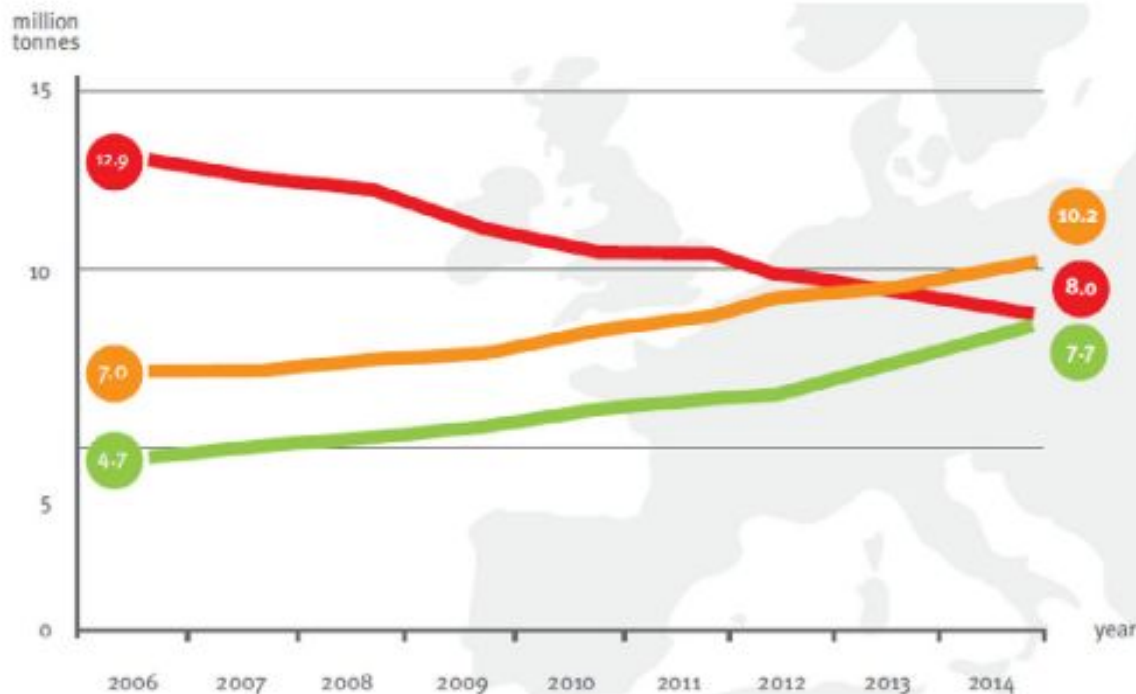


Los materiales asociados a empaques presentan el **menor tiempo de vida** en el mercado, siendo los que generan **mayor cantidad de residuos**.

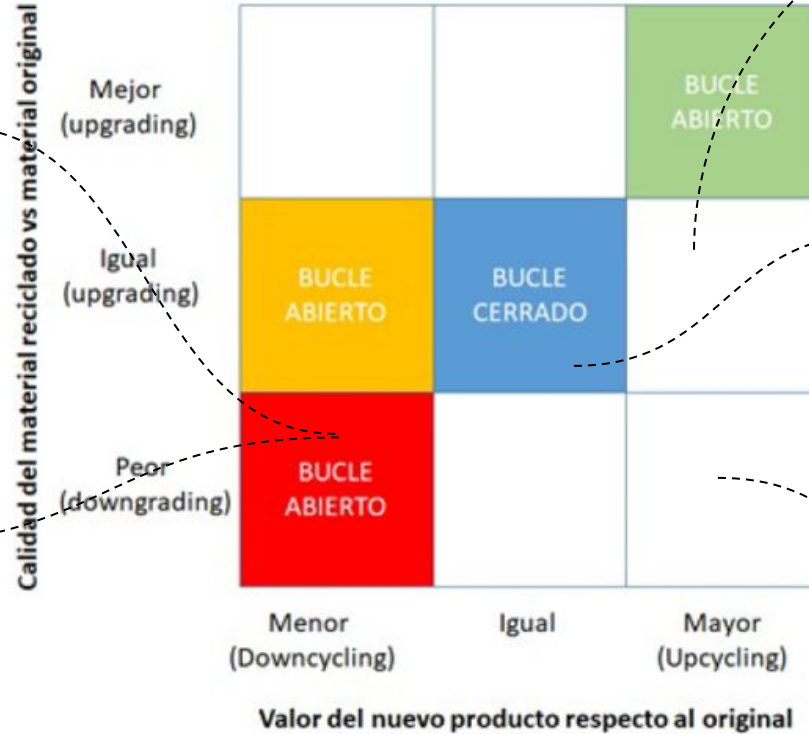
Prioridades en la gestión de residuos sólidos



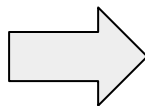
Evolución del reciclaje a 2015



Objetivo: Upcycling y Upgrading en ciclo cerrado



Procedimiento de Valorización de Residuos Plásticos



Caracterización

Referenciación

Ficha Técnica

Prueba
Concepto

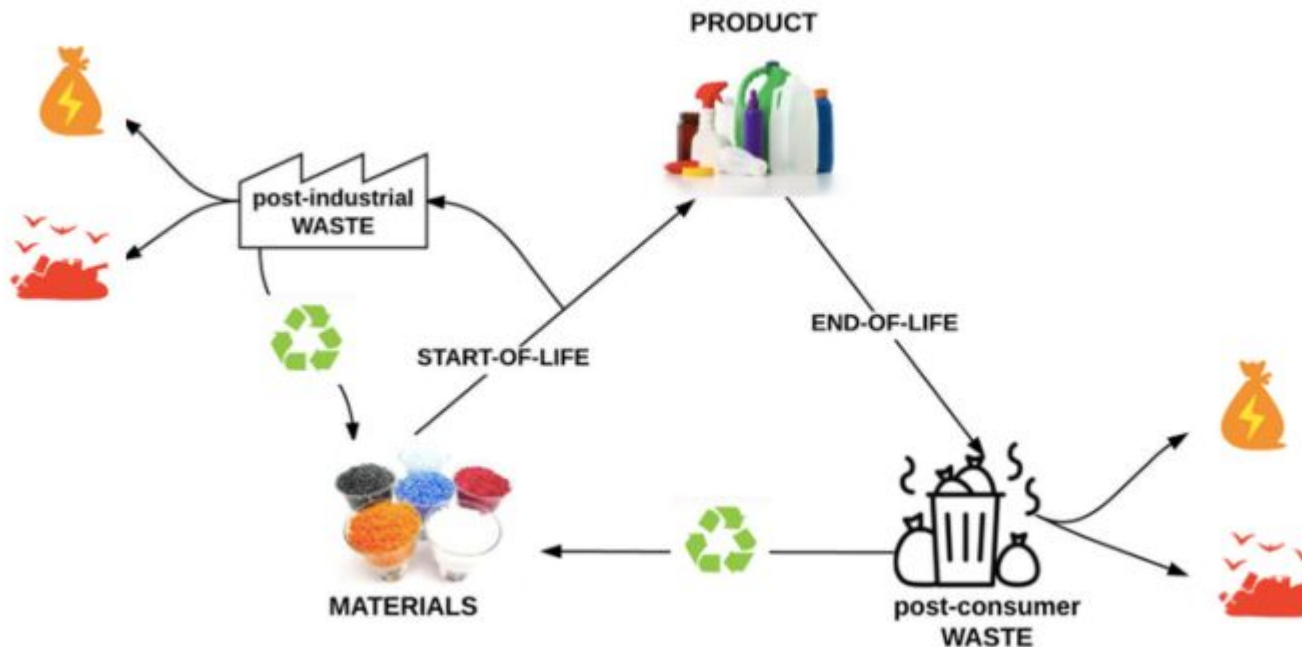
Desarrollo de
fórmula

Escalamiento

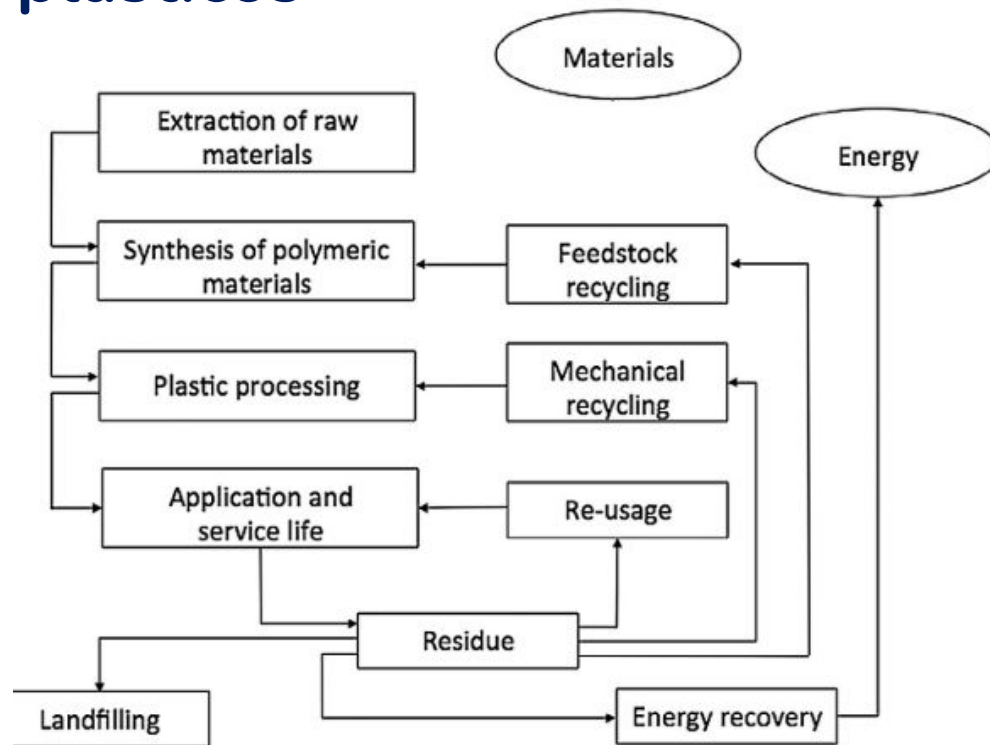


Servicio

Esquema de economía circular en el sector de plásticos



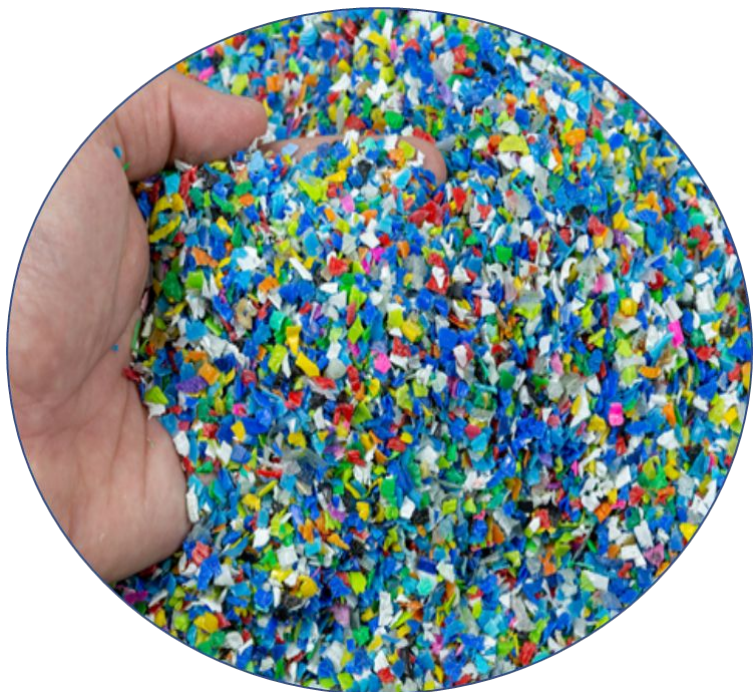
Esquema de economía circular en el sector de plásticos



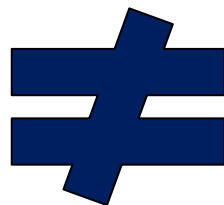
¿Qué es necesario para moverse hacia un reciclaje técnico de los materiales?



Diferencia entre plástico reciclado y materia prima reciclada



Plástico reciclado



Materia prima reciclada

Los altos requerimientos de los plásticos como materia prima

Implicaciones:

Mayores requerimientos de separación

Caracterización

Estabilidad lote a lote

Cumplimiento de ficha técnica





Retos en el reciclaje



Su baja densidad y gran volumen impactan de manera significativa los costos logísticos

Retos del reciclaje en la aplicación



Los usos secundarios restringen los procesos posteriores de recuperación



Malos hábitos de disposición



Informalidad, limitado
acceso a ayudas
tecnológicas

Reto de la separación en la fuente



Antes de la Resolución No. 2184 de 2019

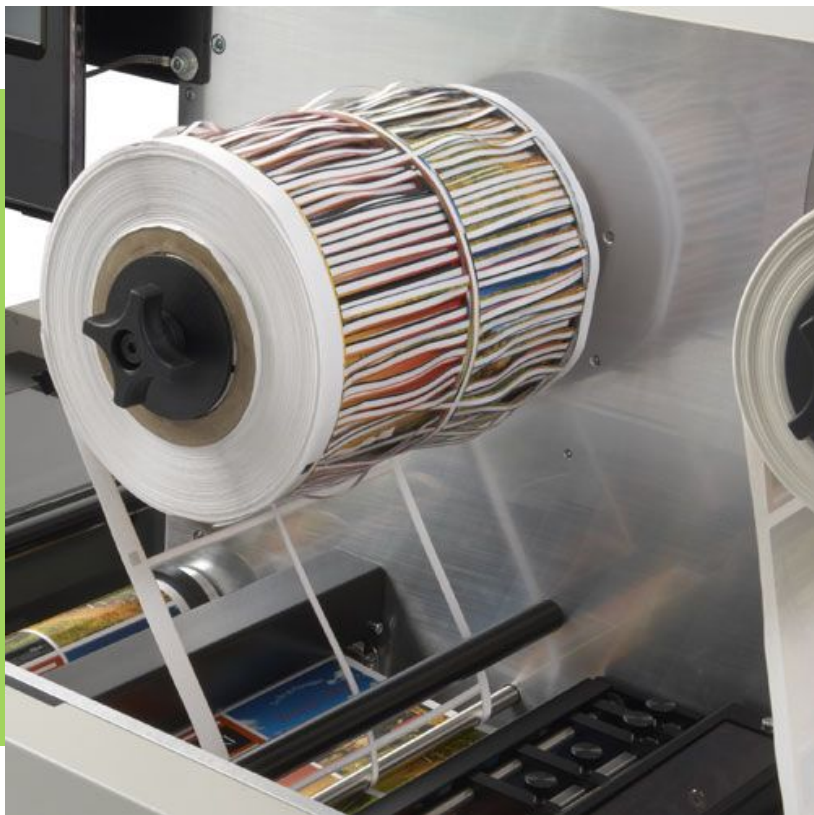


Resolución No. 2184 de 2019

- Indicadores del uso racional de bolsas plásticas
- Código Nacional de colores para la separación de residuos sólidos en la fuente
- Implementación oficial el 1 de enero de 2021



Un reto adicional es presentado por las industrias de producción y transformación de películas plásticas (productores, impresores, laminadores)

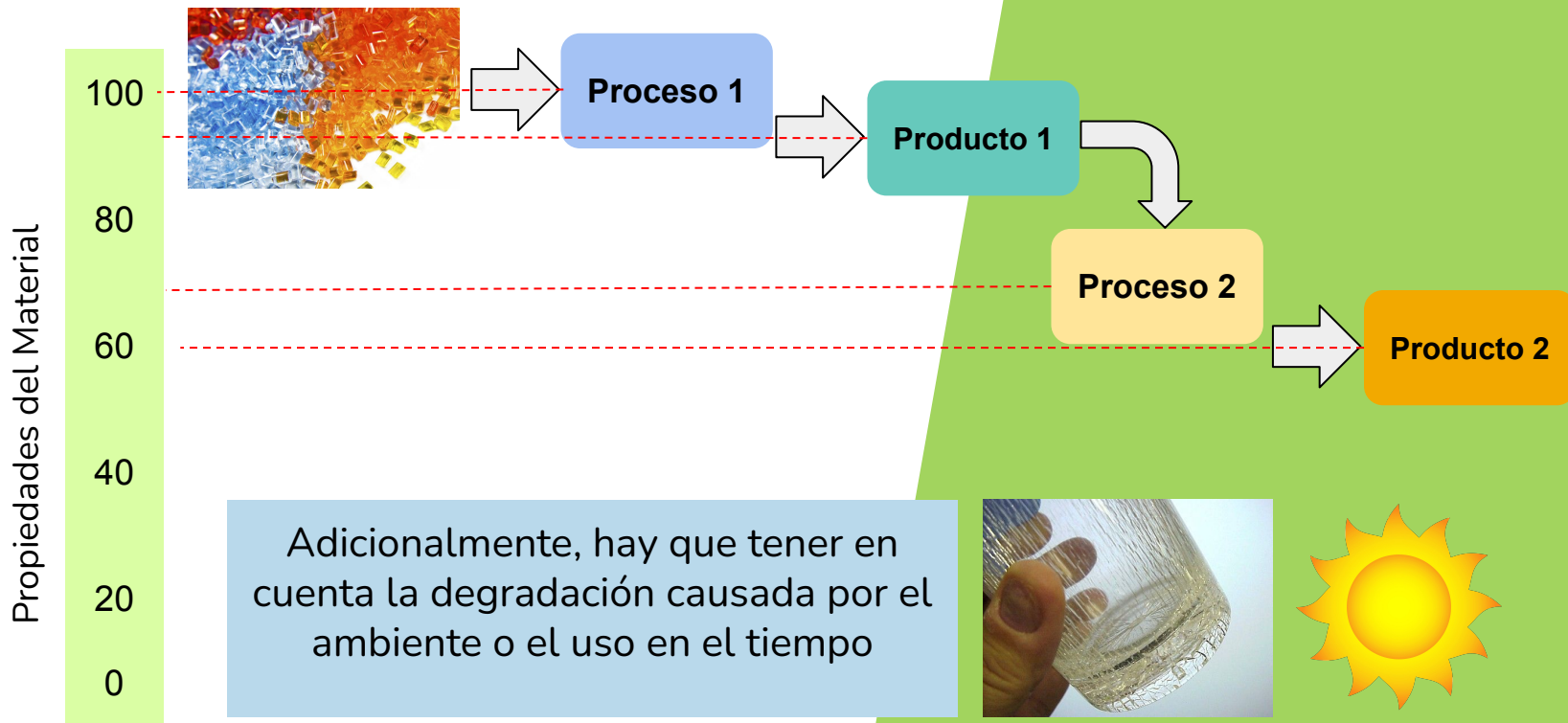


Otro reto aún más complejo es el de la industria de etiquetas autoadhesivas (Pressure Sensitive)



El problema de la pérdida de propiedades

¿Por qué se genera?

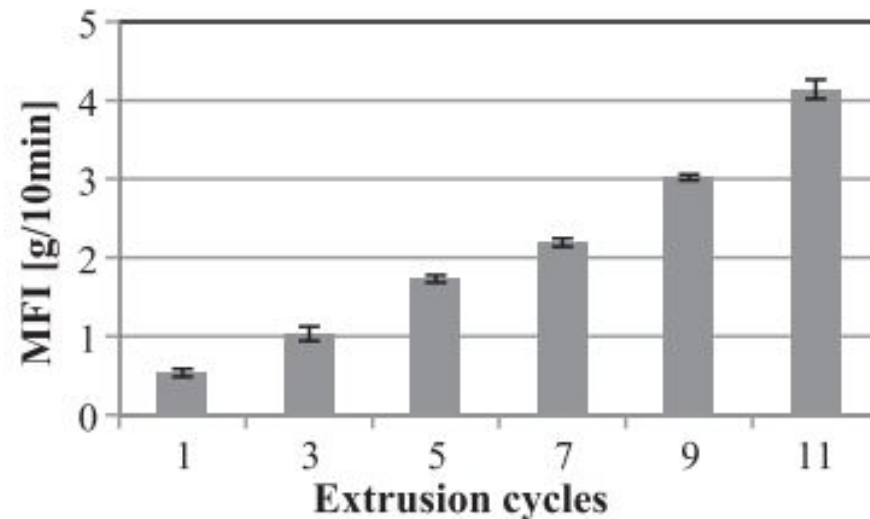
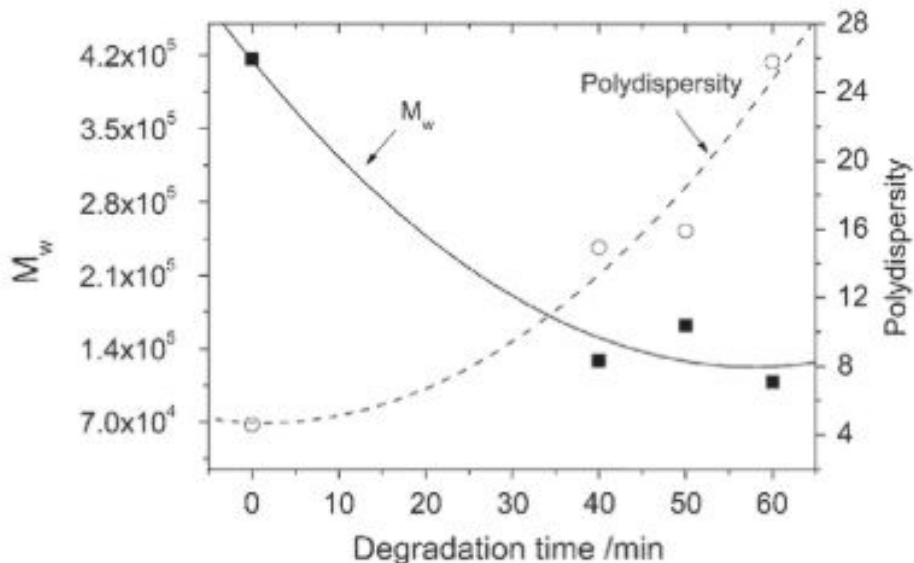


Cambios en el peso molecular en el PP

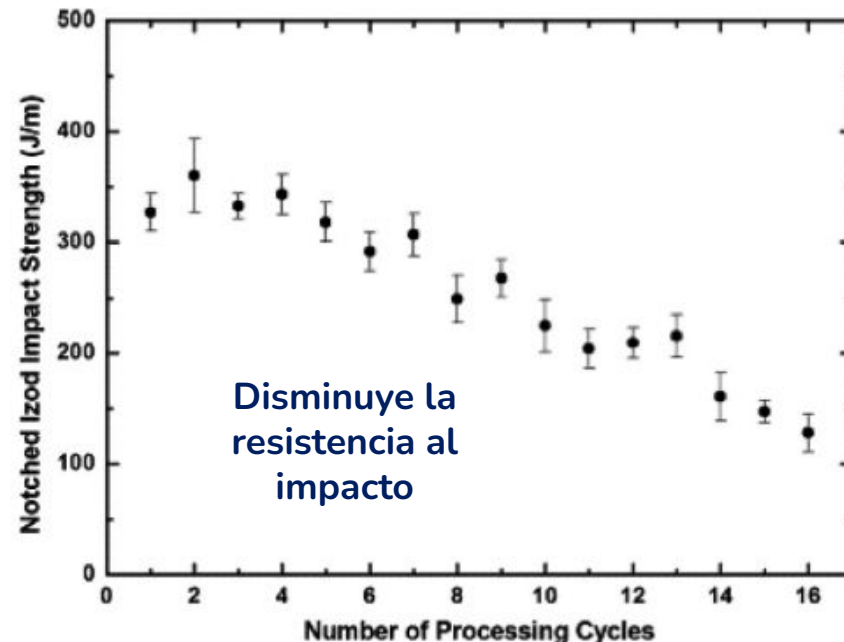
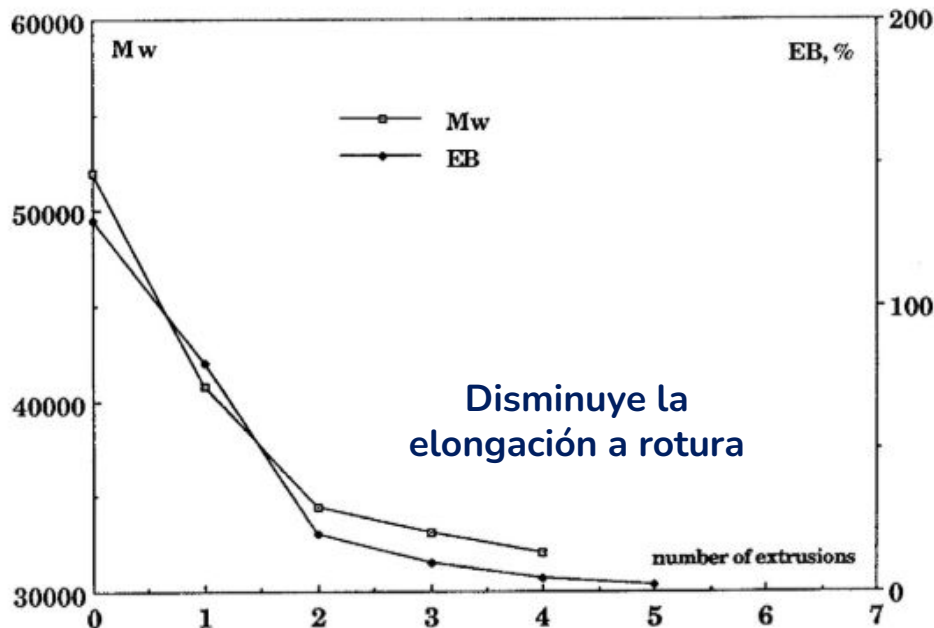
Disminuye el peso molecular

Aumenta la distribución de peso molecular

Aumenta el MFI



Cambios en el peso molecular, elongación a rotura y resistencia al impacto en PET

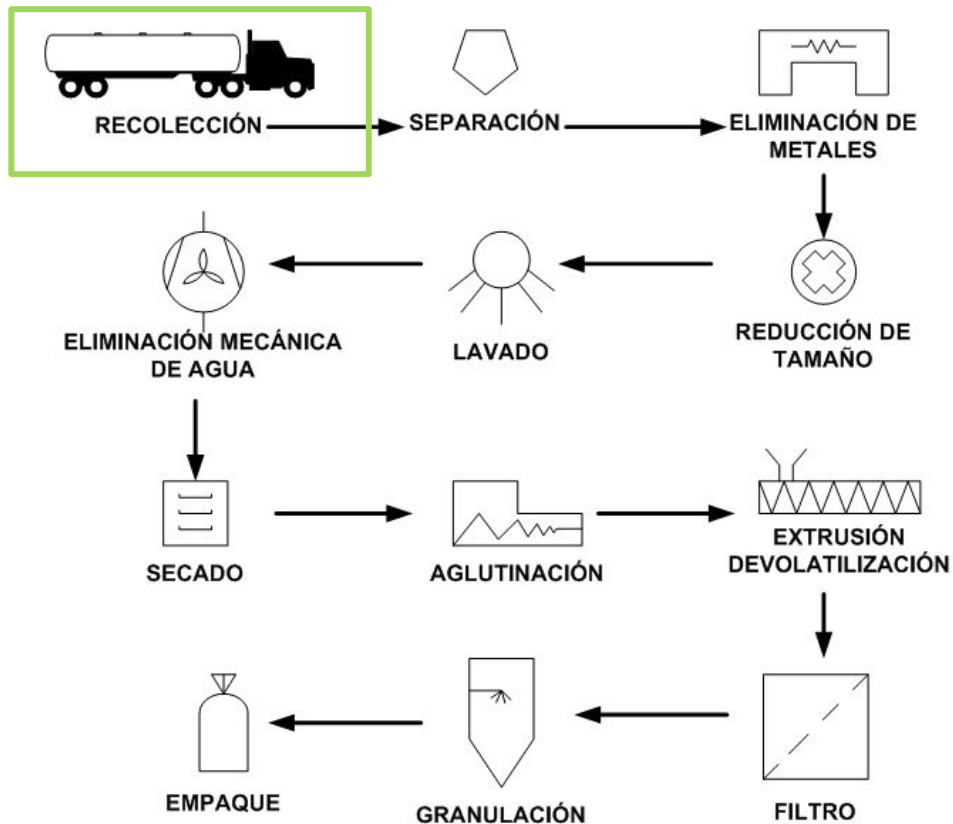




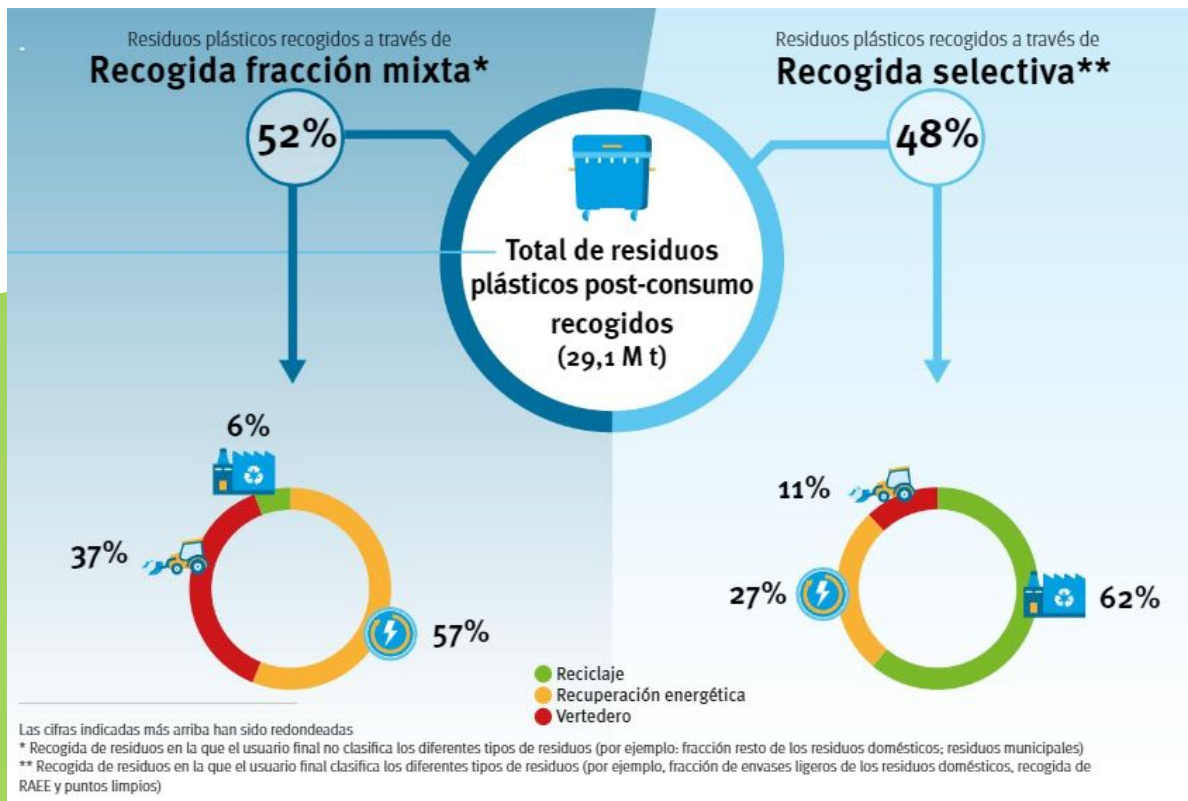
El reciclaje mecánico paso a paso

Introducción

Cadena del reciclaje Mecánico



Separar vs no separar desde la fuente.





Recolección

Separación en la fuente



- Permite disminuir el grado de contaminación del material y por ende disminuir los costos del proceso de separación y lavado.
- Requiere definir estrategias de separación y frecuencias de recolección bien definidas.
- La rentabilidad de un proceso de reciclaje depende:
 - De la calidad del material recolectado.
 - La disponibilidad de material.
 - La aplicación del material reciclado.



Recolección

Separación en la fuente



- Requiere definir una red de recolección con **aliados** estratégicos y **fidelizados**.
- Para lograr la fidelización es de gran importancia la constancia en la compra de material, **respetar los precios** y entregar beneficios adicionales a las personas.
- En reciclaje de plásticos un elemento desfavorable es el **volumen**, por lo que es de gran importancia disponer de sistemas que permitan minimizar dicha desventaja.

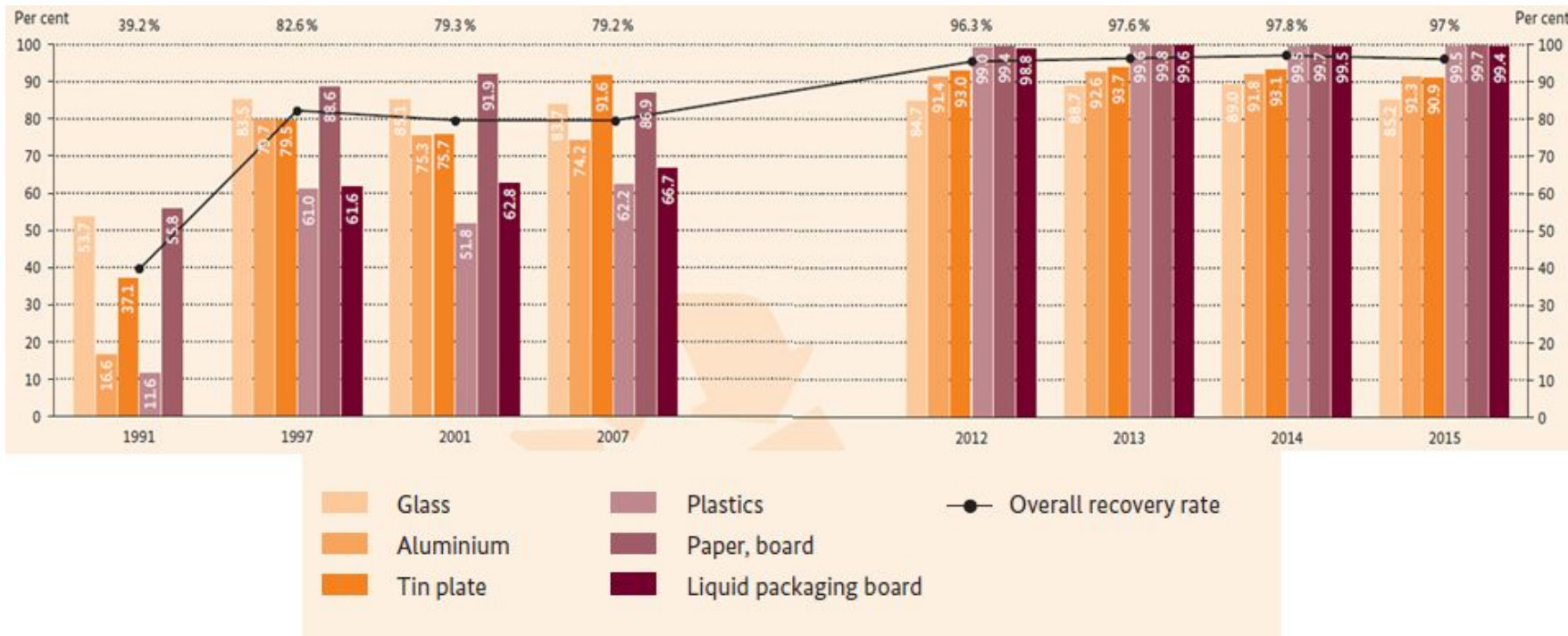
Recolección

Disminución de Tamaño



100 kg DE BOTELLAS / 0.035 = 2,875 +/- 3,000 BOTELLAS
500 kg DE BOTELLAS / 0.035 = 14,287 +/- 15,000 BOTELLAS
1,000 kg DE BOTELLAS / 0.035 = 28,000 +/- 30,000 BOTELLAS

Separación en la fuente - Impacto en el Sistema de reciclaje alemán



Fuente:





Separación o “sorting”



Separación

Intensiva en Mano de
Obra = \$\$\$\$



<http://www.allenwaste.co.uk/recyclables.html>

















Identificación de materiales

Codificación de los materiales -
(ASTM D7611-20)

El código sólo indica la familia del material que está fabricado. No da más información relevante para el reciclaje.

Resin Identification Number	Resin	Resin Identification Code –Option A	Resin Identification Code –Option B
1	Poly (ethylene terephthalate)	 PETE	 PET
2	High density polyethylene	 HDPE	 PE-HD
3	Poly (vinyl chloride)	 V	 PVC
4	Low density polyethylene	 LDPE	 PE-LD
5	Polypropylene	 PP	 PP
6	Polystyrene	 PS	 PS
7	Other resins	 OTHER	 O 44



Separación

Solución de apoyo - Aplicación Polyguess

Utiliza pruebas al alcance del gestor, basado en propiedades como Densidad, Dureza, Goteo y color de llama, para identificar materiales.



El ambiente
es de todos

Minambiente



Proyecto: UNDP-COL 98842



Polyguess es una solución de identificación **rápida** de familias de materiales que ofrece la oportunidad de **fortalecer** la cadena de **reciclaje** del país

Muchos métodos de separación de plásticos

Y cada uno de ellos se recomienda para cierto tipo de mezclas...

¡Pero la composición de las mezclas de reciclados es muy variable!

1

Separación electrostática

Dos tipos de plásticos se cargan con cargas opuestas cuando los materiales se frotan entre sí y tienden a separarse.

2

Separación disolución

Generalmente incluye cuatro procedimientos: triturar y eliminar contaminantes e impurezas, disolución, extracción y precipitación

3

Separación por densidad

El equipo más utilizado es el hidrociclón. Los rangos de densidad de muchos materiales se superponen.

4

Separación espectroscópica

Con un sensor se detecta una propiedad única de los plásticos y activa un actuador en el sistema de separación que separa este tipo de plástico de la mezcla.

5

Separación por flotación

La flotación separa el plástico objetivo de las mezclas dependiendo de la diferencia de humectabilidad del plástico.

6

Separación por densidad magnética

Al usar un líquido magnético (que contiene óxido de hierro) como medio de separación, la densidad del líquido se puede variar mediante el uso de un campo magnético especial.

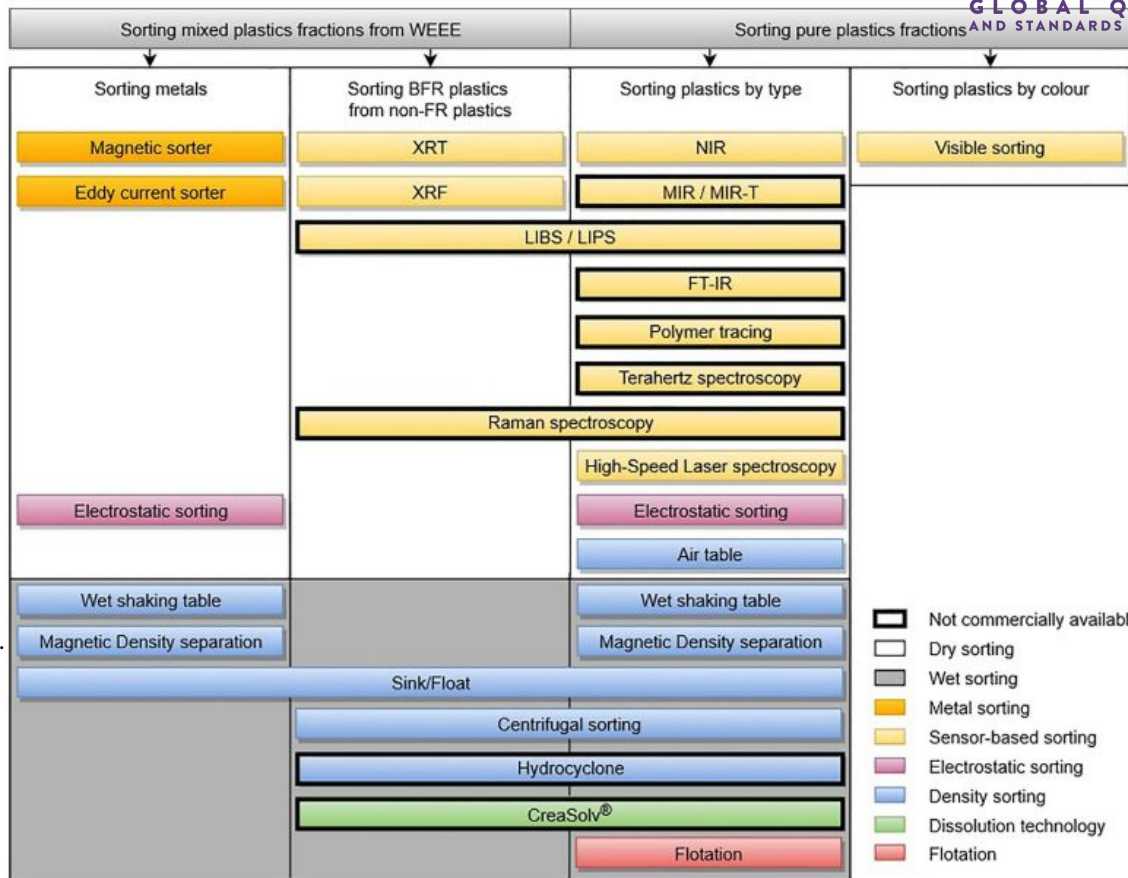


ICIPC®

Separación - Método recomendado a la necesidad



GLOBAL QUALITY AND STANDARDS PROGRAMME

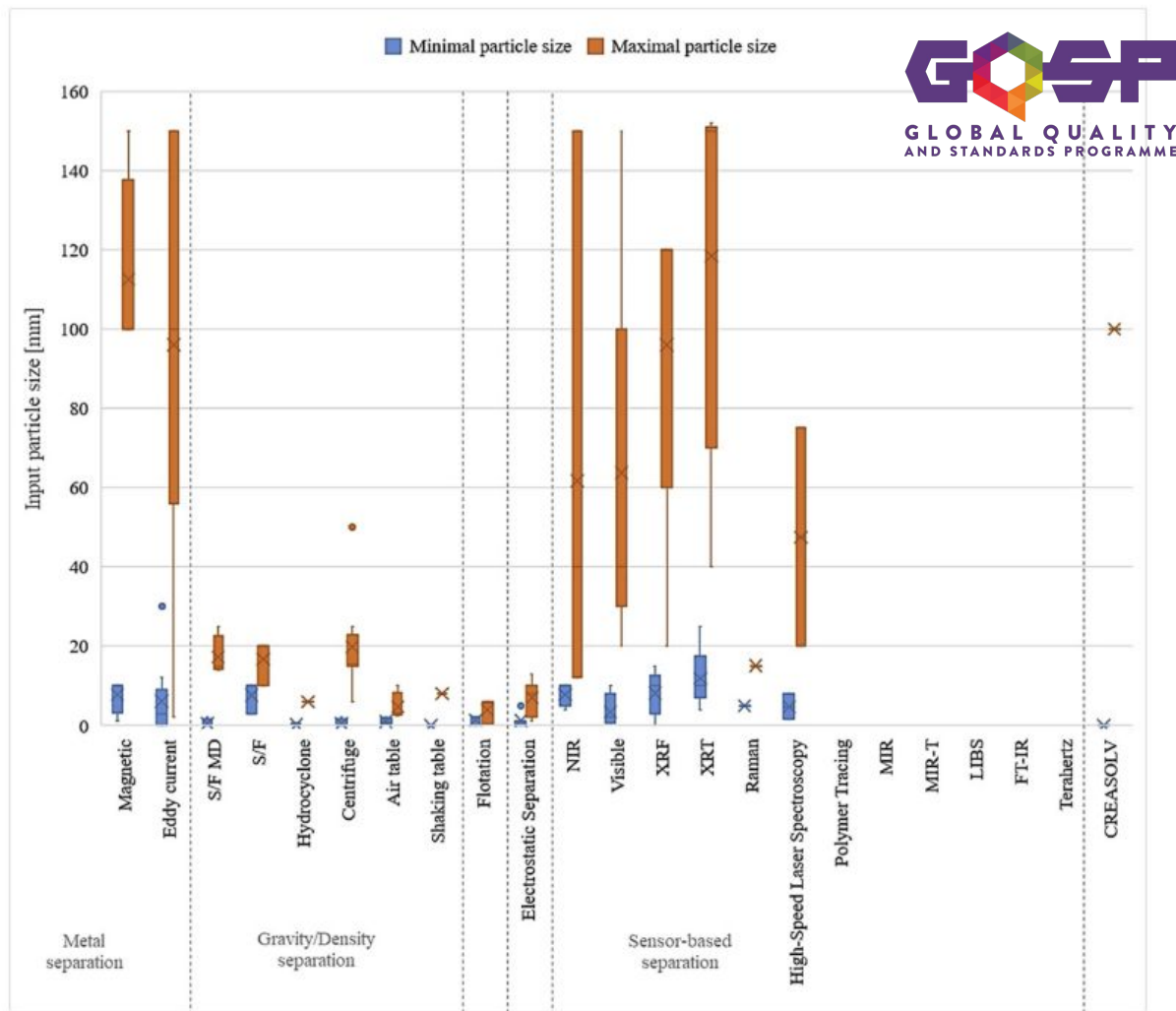


- Not commercially available
- Dry sorting
- Wet sorting
- Metal sorting
- Sensor-based sorting
- Electrostatic sorting
- Density sorting
- Dissolution technology
- Flotation

Maisel, F., Chancerel, P., Dimitrova, G., Emmerich, J., Nissen, N. F., & Schneider-Ramelow, M. (2020). Preparing WEEE plastics for recycling – How optimal particle sizes in pre-processing can improve the separation efficiency of high quality plastics. Resources, Conservation and Recycling, 154(March 2019), 104619. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104619>

Separación - Influencia del tamaño de partícula

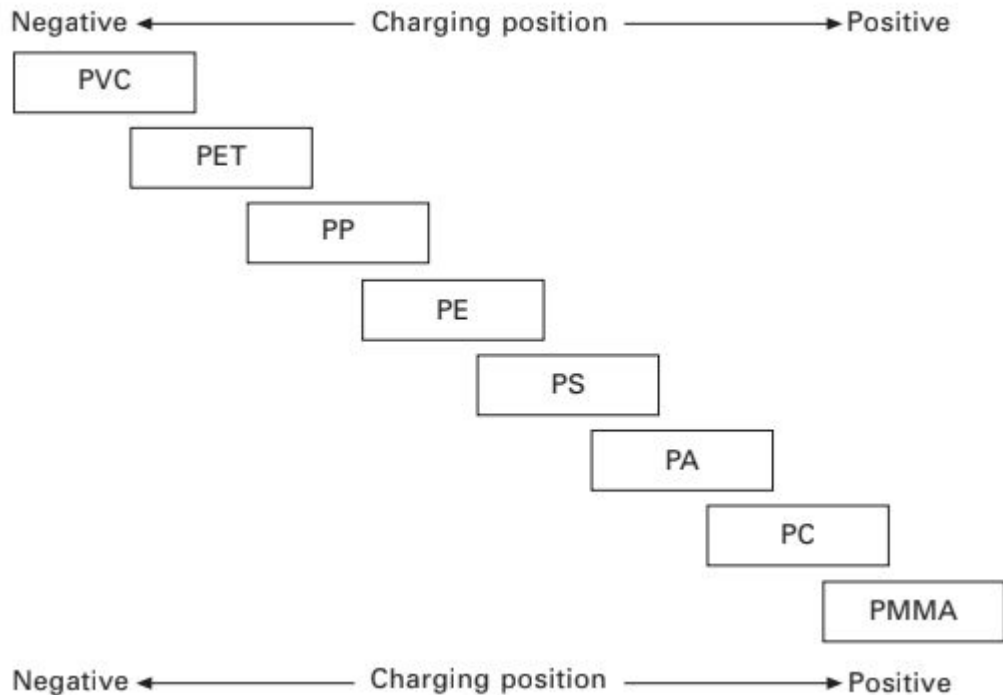
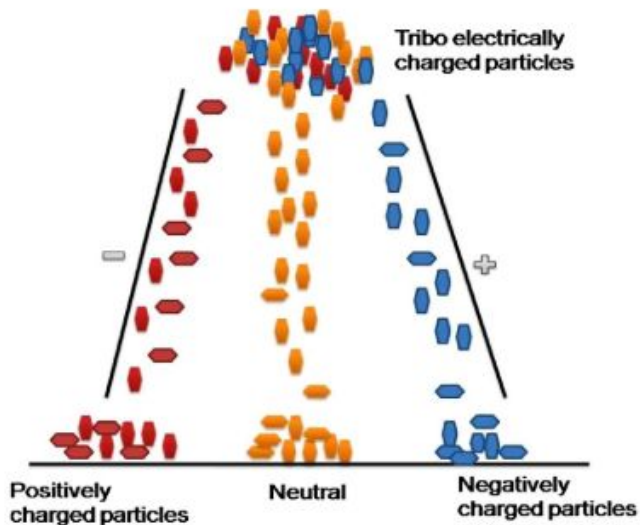
Maisel, F., Chancerel, P., Dimitrova, G., Emmerich, J., Nissen, N. F., & Schneider-Ramelow, M. (2020). Preparing WEEE plastics for recycling – How optimal particle sizes in pre-processing can improve the separation efficiency of high quality plastics. Resources, Conservation and Recycling, 154(March 2019), 104619. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104619>



1. Separación electrostática

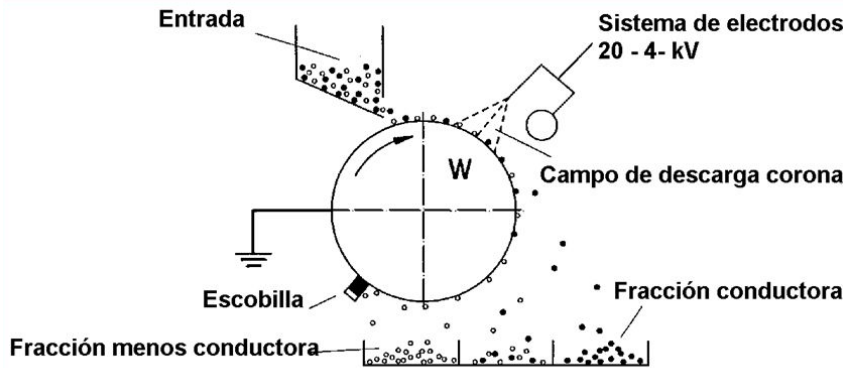
Separación

Separador de cámara electrostática

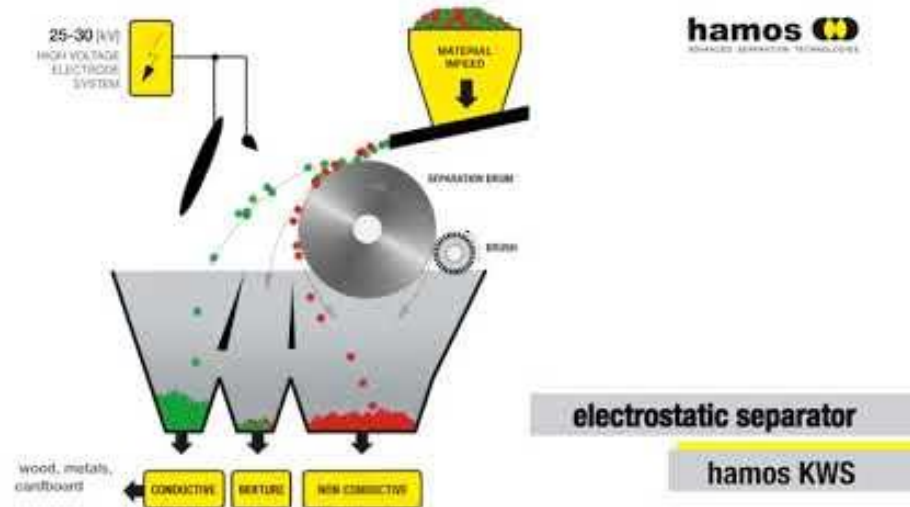


Separación electrostática

Separador de rodillo corona



Separación electrostática por rodillo y banda



2. Separación por disolución

Separación por disolución

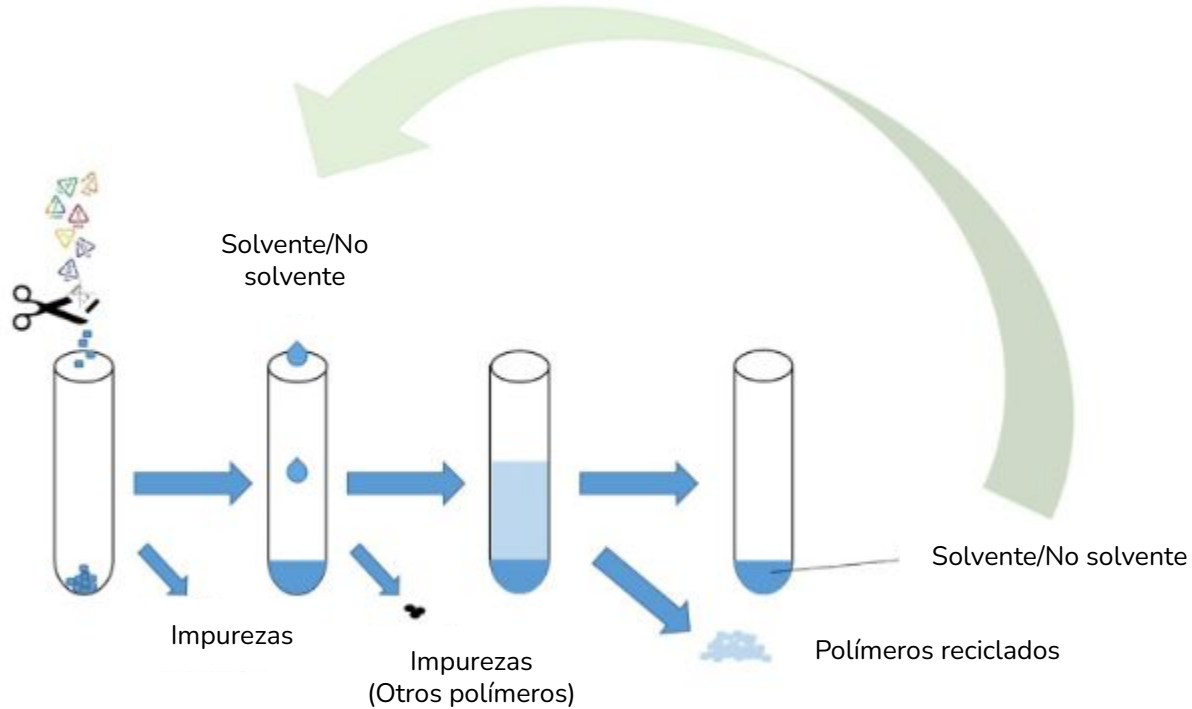


Fig. 4. Schematic drawing of the dissolution/precipitation technique.

Material plástico	Solventes
Polietileno tereftalato (PET)	N-metil pirrolidina (NMP)/Octano + Hexano
Polietileno de alta densidad (PEAD)	Tolueno/Acetona, Tolueno/Hexano, Xileno/Hexano, Trementina/Benceno
Poli - Cloruro de vinilo (PVC)	Xileno/Hexano, Ciclohexanona/Hexano
Polietileno de baja densidad (PEBD)	Tolueno/Acetona, Tolueno/Hexano, Xileno/Hexano, Trementina/Benceno
Polipropileno (PP)	Tetracloroetileno/Acetona, Xileno/Acetona,
Poliestireno (PS)	Limoneno, Trementina, Cimeno, Felandreno, Metanol, Xileno
Otros	Diclorometano/Metanol, Acetona/Metanol.

3. Separación por densidad

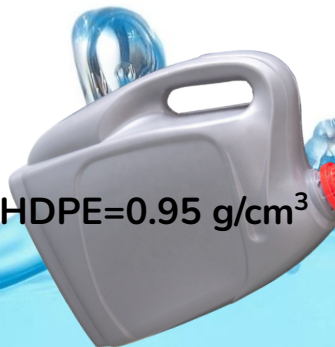


Densidad

PP=0.9 g/cm³



HDPE=0.95 g/cm³



LDPE=0.92 g/cm³



Water=1.00 g/cm³



PS=1.00 g/cm³

PET=1.38 g/cm³



PA=1.14 g/cm³



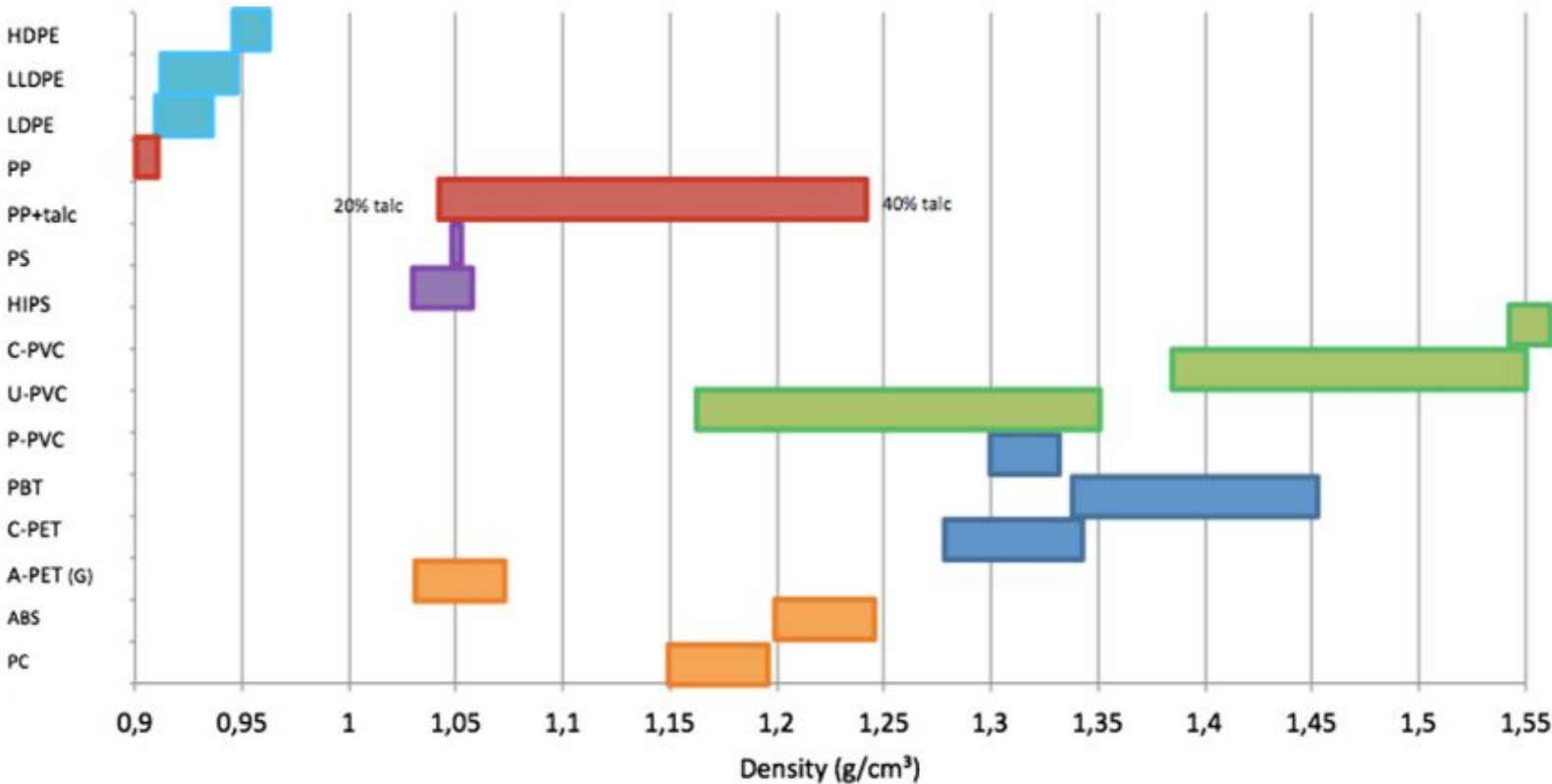
ABS=1.07 g/cm³



PVC=1.38 g/cm³



Rango de densidad de algunos polímeros

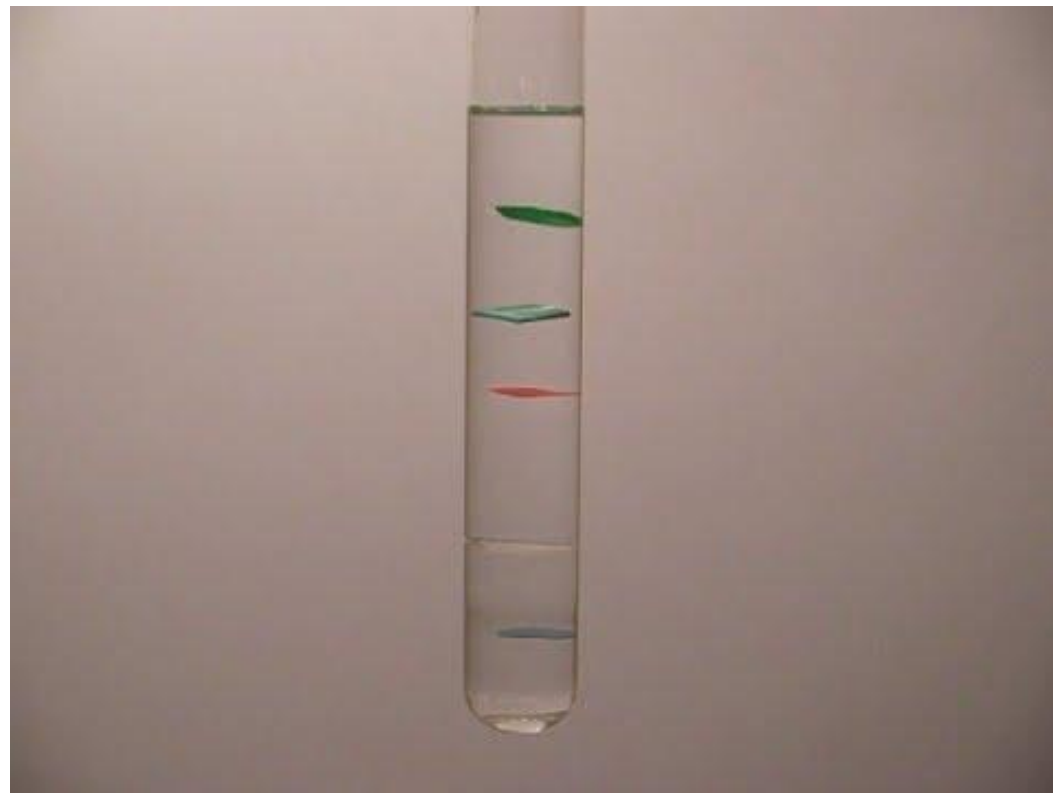


Clasificación por densidad

Método simple de columna de densidades

- K_2CO_3 45% w/v (1.42 g/cm^3)
- NaCl 12% w/v ($1.1 - 1.2 \text{ g/cm}^3$)
- H_2O (1.0 g/cm^3)
- Isopropanol 45% v/v ($0.92 - 0.94 \text{ g/cm}^3$)
- Etanol 60% v/v ($0.90 - 0.92 \text{ g/cm}^3$)
- Metanol 80% v/v ($0.88 - 0.90 \text{ g/cm}^3$)

*Densidades por corroborar



Representación animada tanques de separación por densidad

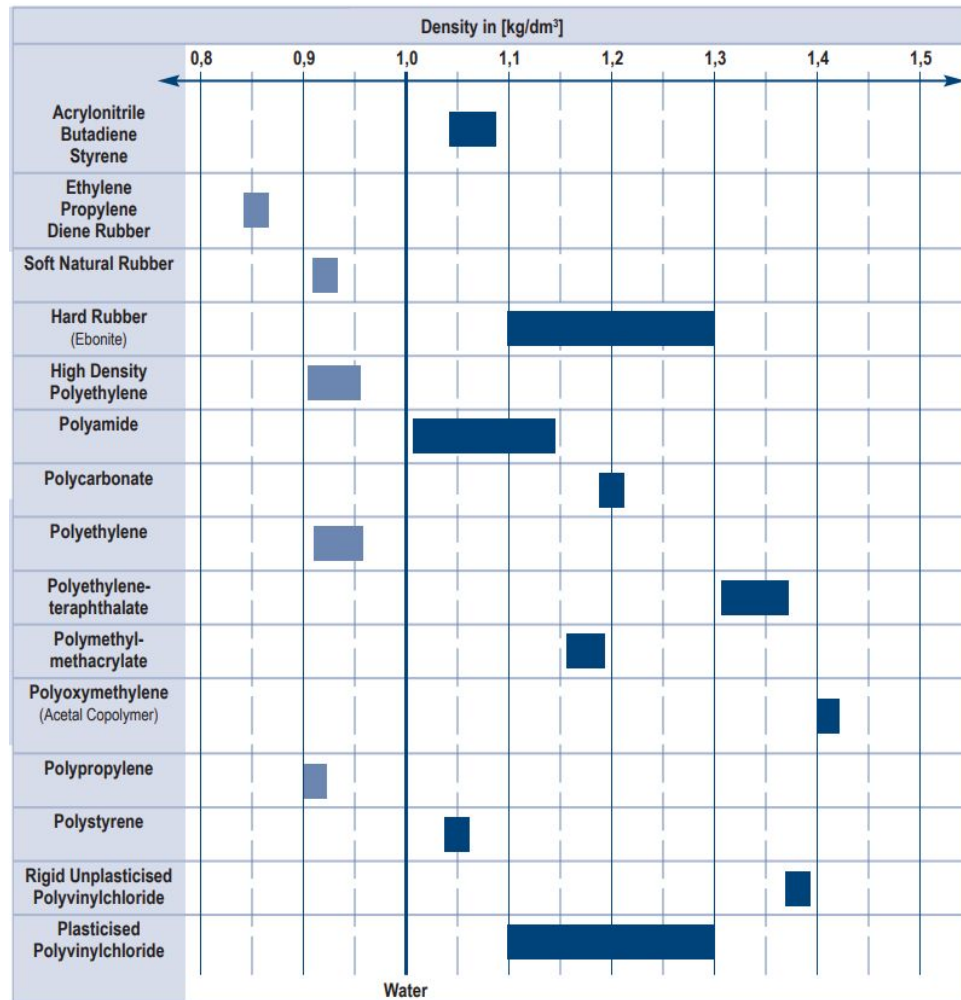
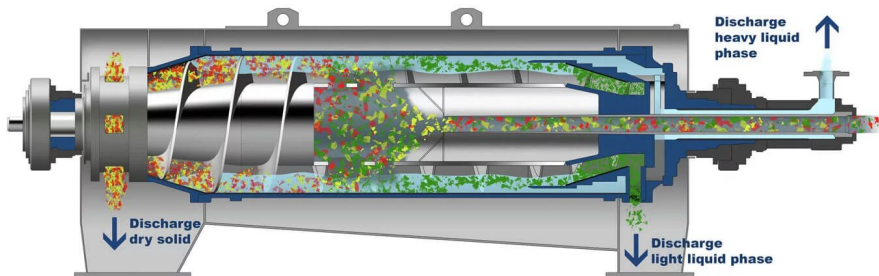




Hidro-separador

Sorticanter - FLOTTWEG

Busca aprovechar las diferencias de densidad para clasificar los polímeros





Hidro-separador

Sorticanter - FLOTTWEG

Collection of ground
and cleaned
mixed plastics

Dosing

Slurry tank

SORTICANTER®

Waste water
treatment

Light fraction

Heavy fraction

Drying

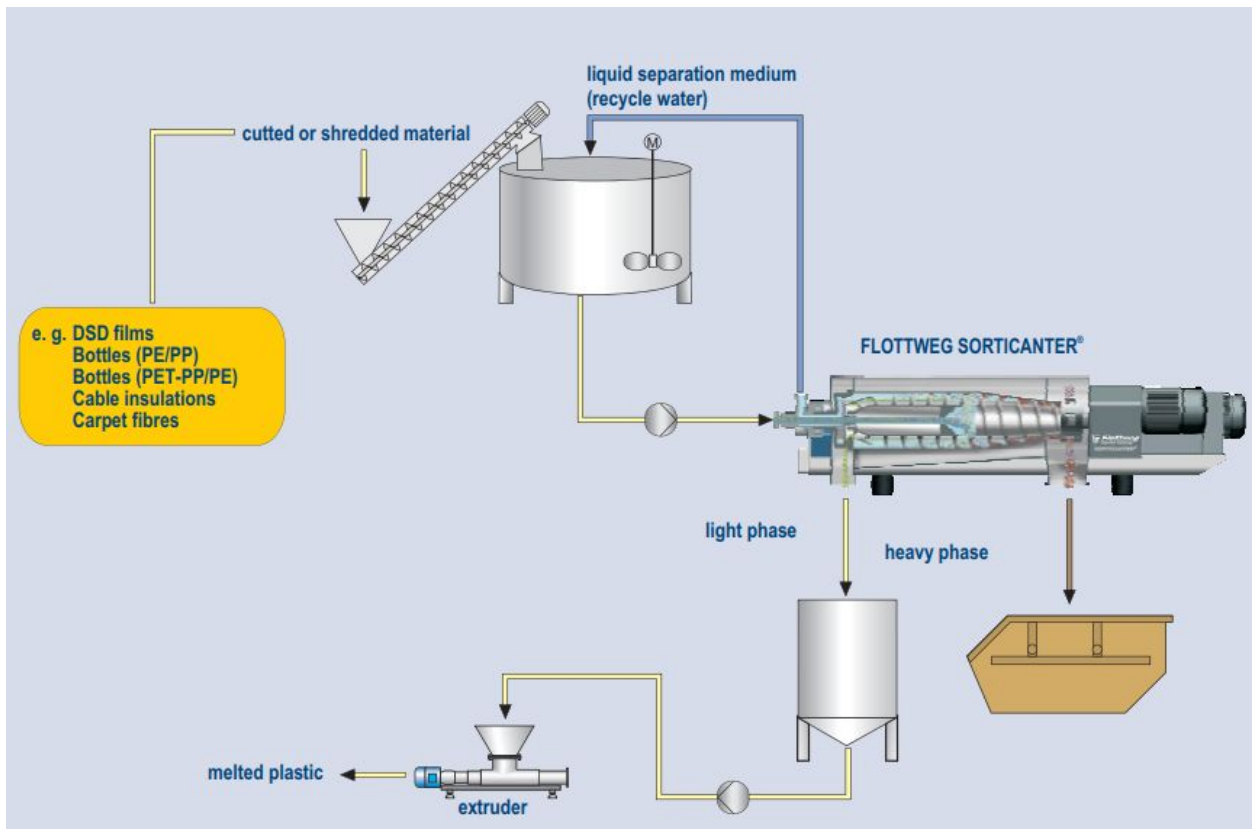
Waste processing
and/or second
separation stage

Extruder



Hidro-separadores

Sorticanter - FLOTTWEG



Hidro-separadores

Sorticanter - FLOTTWEG

	SORTICANTER® K4D-4/444*	SORTICANTER® K6E-4/444*	Achievable residual moisture
Sorting mixed plastics with a bulk density of the light fraction of 25 g/l	180 kg/h	400 kg/h	< 15 %
Sorting mixed plastics with a bulk density of the light fraction of 35 g/l	280 kg/h	600 kg/h	< 15 %
Sorting granulates with a bulk density of more than 300 g/l	800 kg/h	1600 kg/h	ca. 2–3 %
Sorting DSD films with a bulk density of the light fraction of 25 g/l	200 kg/h	440 kg/h	< 15 %
Sorting cable insulation with a bulk density of the light fraction of 450 g/l	800 kg/h	2000 kg/h	ca. 4 %
Sorting PE/PP blown bottles with a bulk density of the light fraction of 320 g/l	1000 kg/h	2000 kg/h	ca. 2–3 %
Sorting PET blown bottles	800 kg/h	2000 kg/h	ca. 2–3 %

* The listed figures are guidelines to be used for information only. Actual capacity depends on the characteristics of the feed.

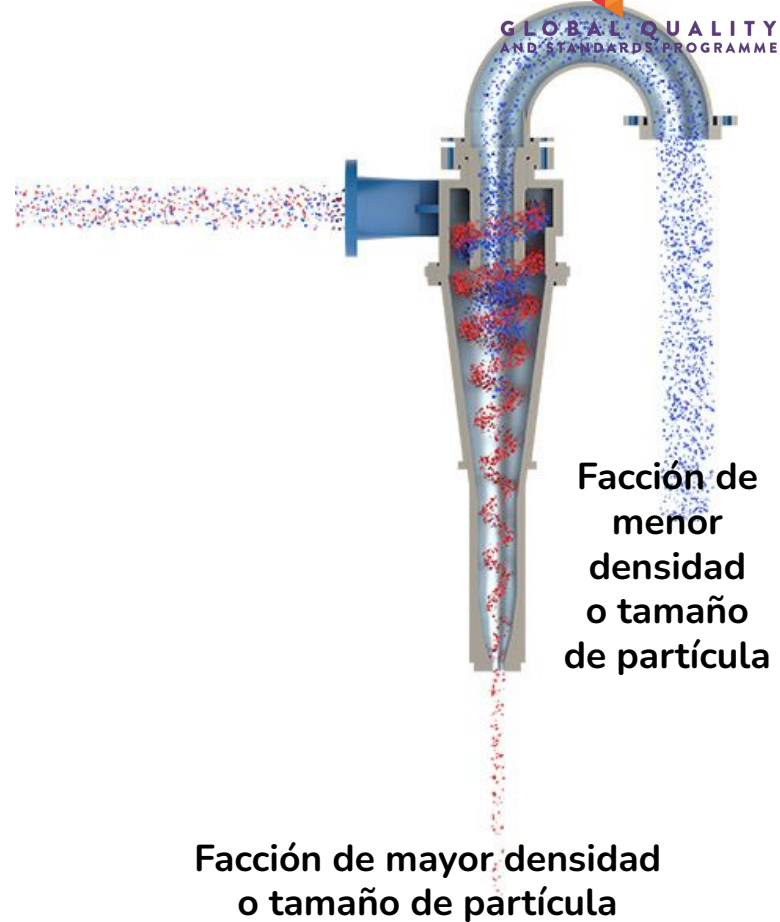


Hidrociclones

WEIR



Cavex[®] 2
hydrocyclone





Hidrociclones

pla.to





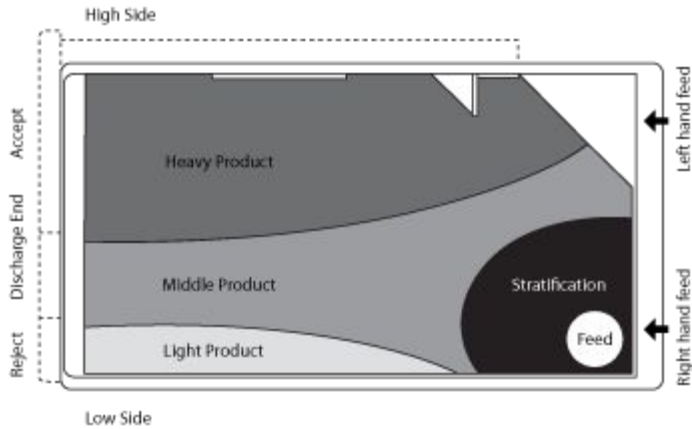
Hidrociclones (Planta de reciclaje de películas)

pla.to



Separadores por gravedad

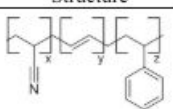
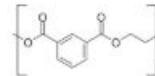
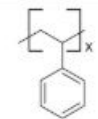
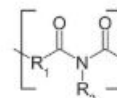
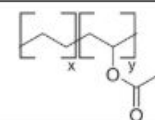

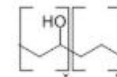

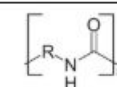


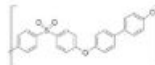
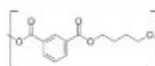
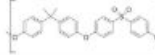
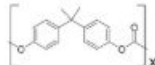
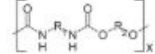


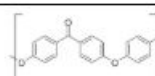
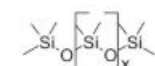
Crown Gravity Separators



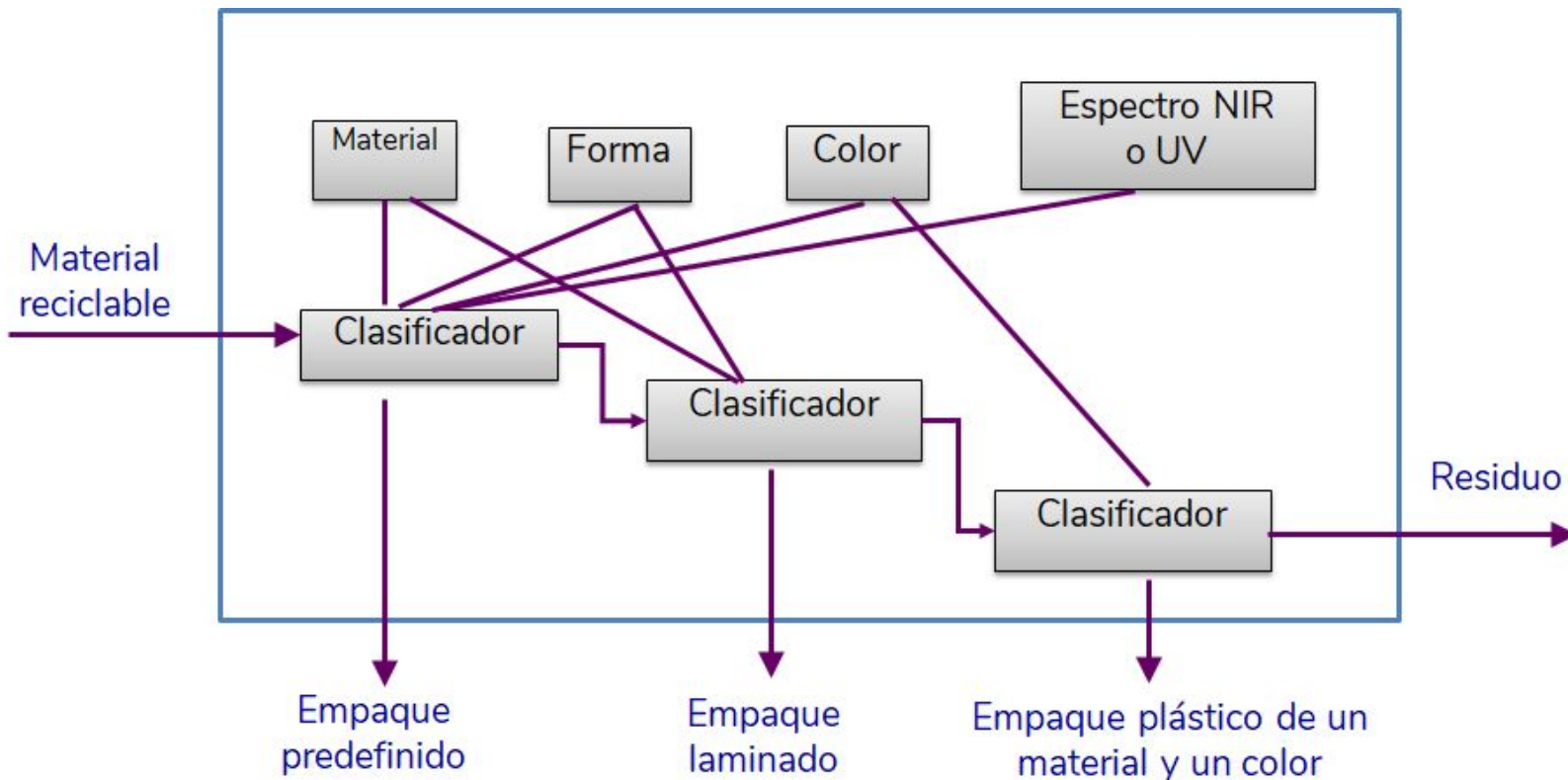
Método de separación por gravedad

4. Separación espectroscópica

Estructura de los polímeros más representativos

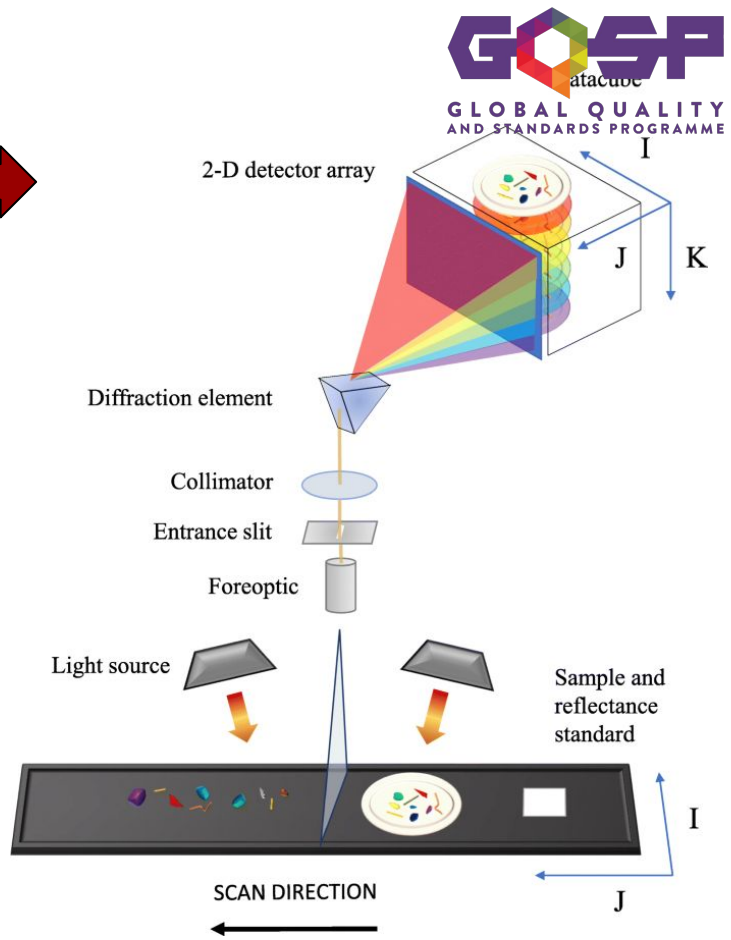
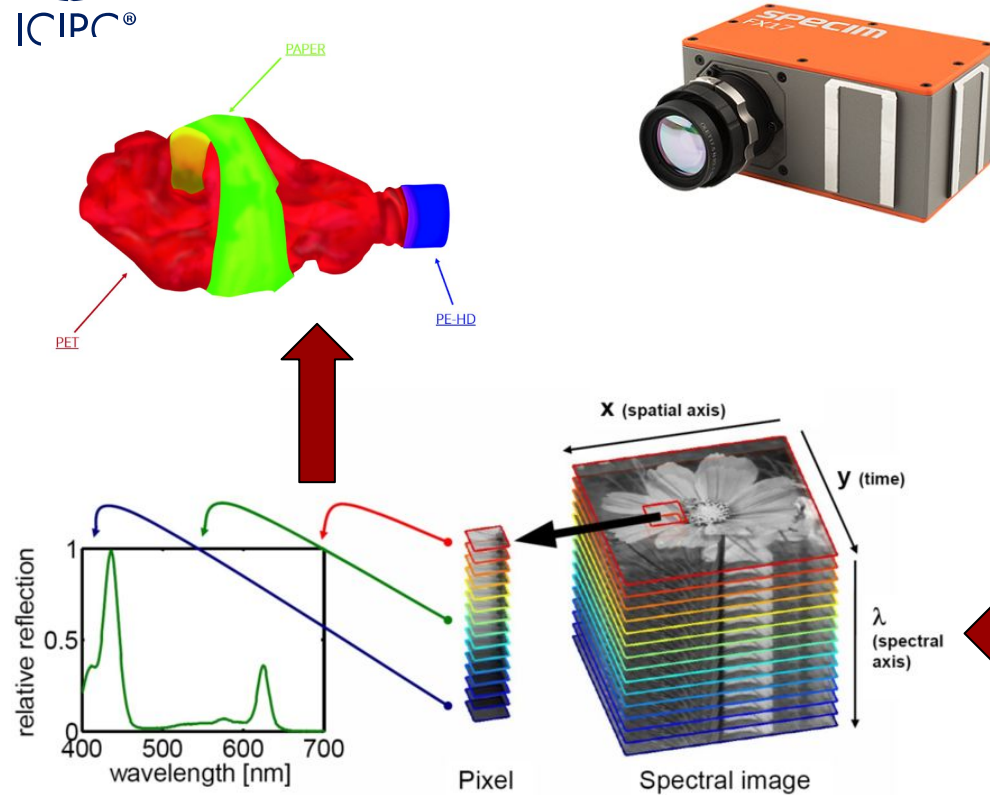
Acronym	Name	Structure	Acronym	Name	Structure
ABS	acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer		PET	poly(ethylene terephthalate)	
PS-E PS-F	embedded polystyrene polystyrene film		PI	polyimide	
EvAc	ethylene-vinyl acetate copolymer		PMMA	poly(methyl methacrylate)	
EvOH	ethylene-vinyl alcohol copolymer		POM	polyoxymethylene	
PA	polyamide		PP	polypropylene	
PAN	polyacrylonitrile		PPSU	poly(phenylene sulfone)	
PBT	poly(butylene terephthalate)		PSU	polysulfone	
PC	polycarbonate		PU	polyurethane	
PE	polyethylene		PVC	polyvinylchloride	
PEEK	polyetheretherketone		Sil	silicone polymer	

Gajarska, Z. (2021). Identification of 20 polymer types by means of laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) and chemometrics. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 6581–6594.





Imágenes hiperespectrales





ICIPC®

Separación - Imágenes hiperespectrales



Principio del análisis de la emisión espectral inducida



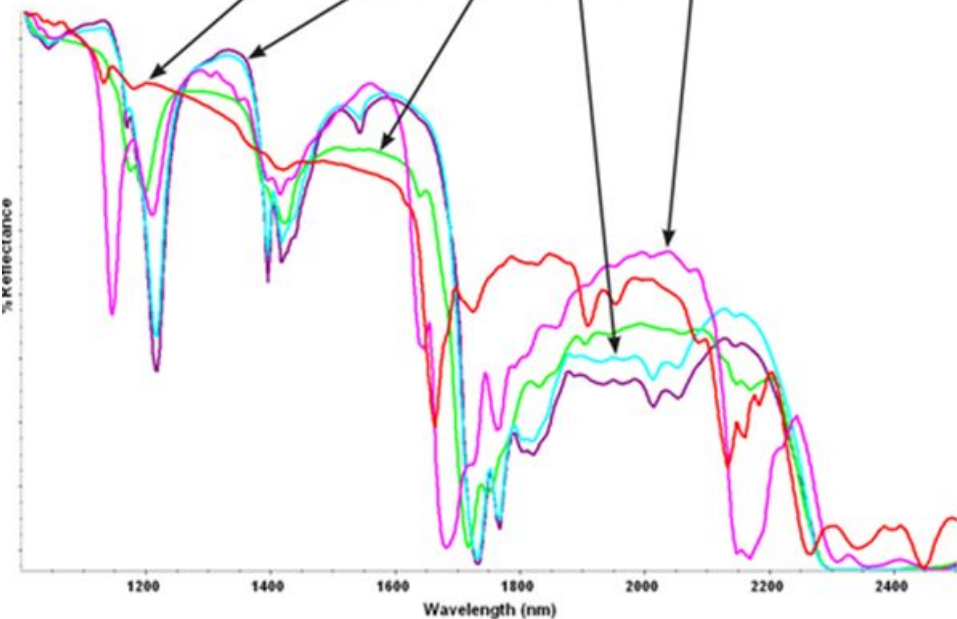
PETE

HDPE

PVC

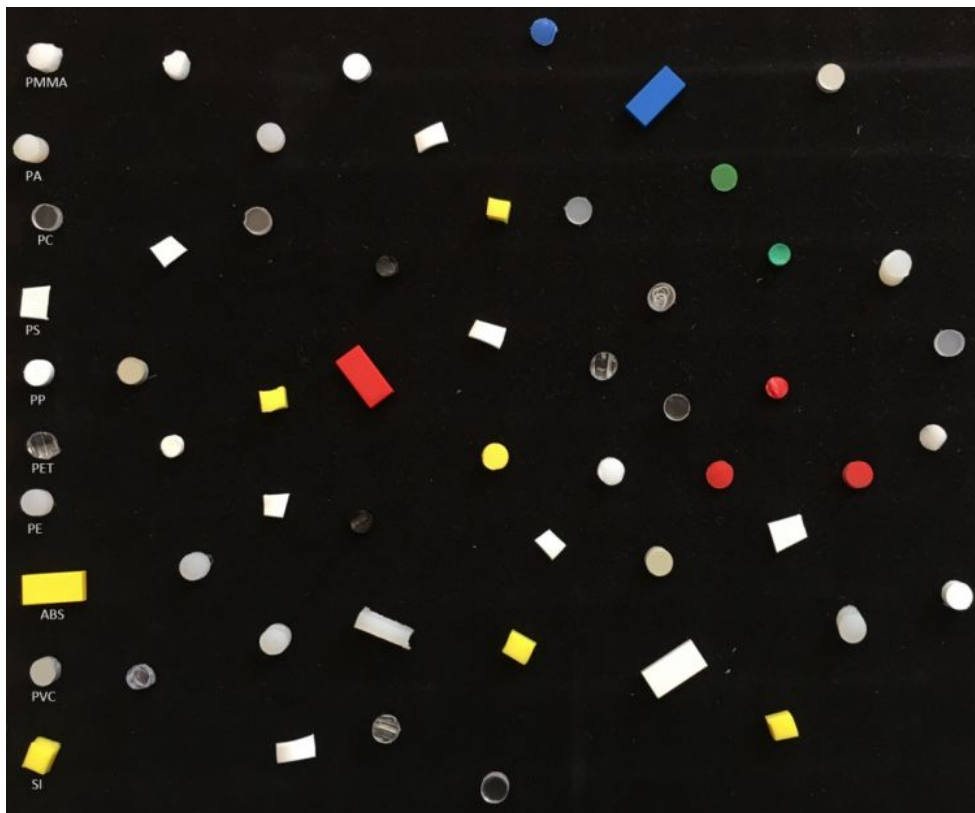
LDPE

PS



Combina lo mejor de la espectroscopía de infrarrojo cercano (NIR) con el reconocimiento de imágenes

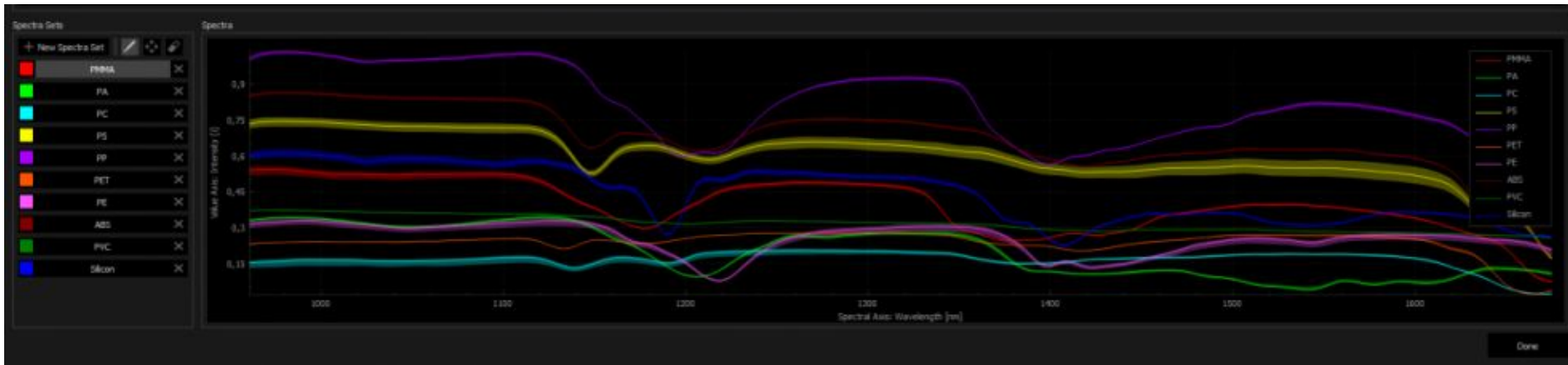
Separación usando imágenes hiperespectrales



Paso 1: Grabar un escenario representativo (calibración)

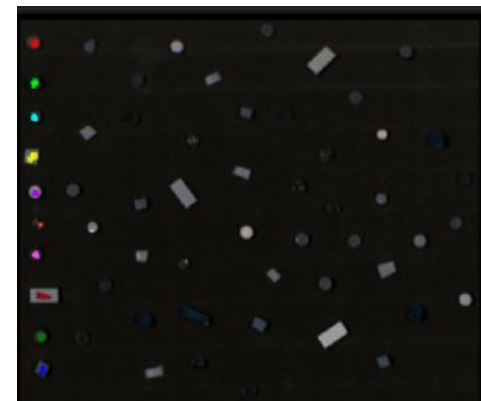


Registrar escenarios que sean representativos para la aplicación. En el ejemplo se toman diez plásticos diferentes con diferentes colores y grosores.

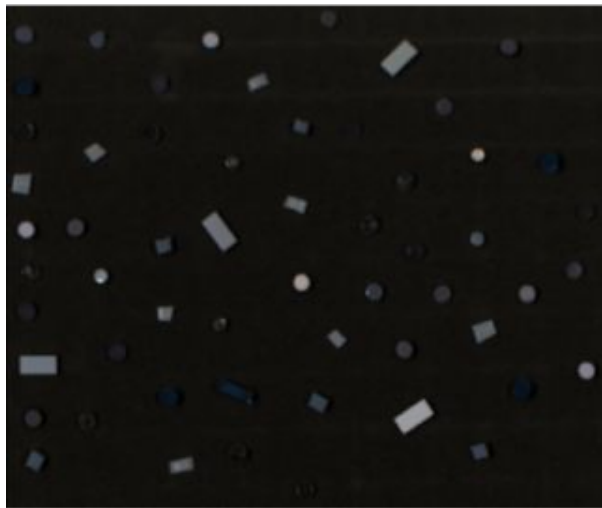


Paso 2: Seleccionar los objetos representativos (calibración)

Se le asigna un color a cada banda de información espectral



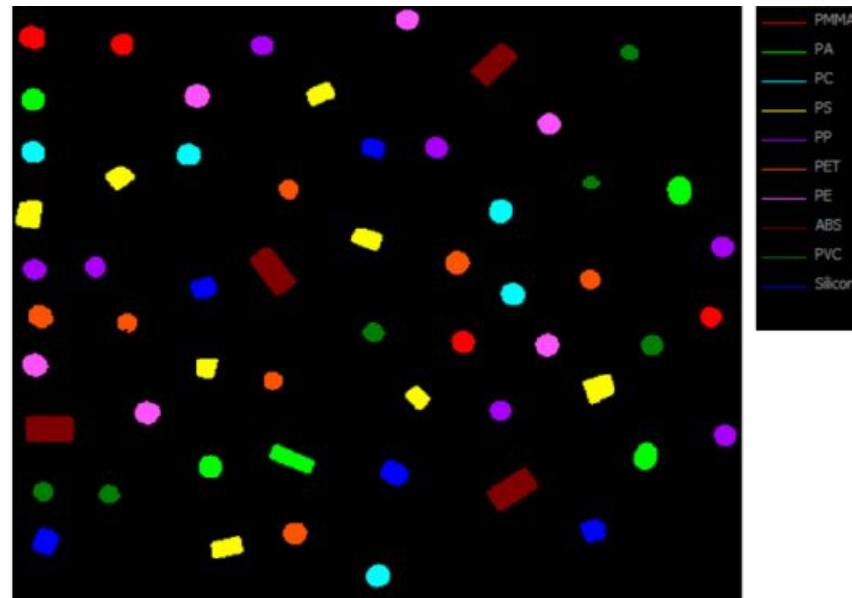
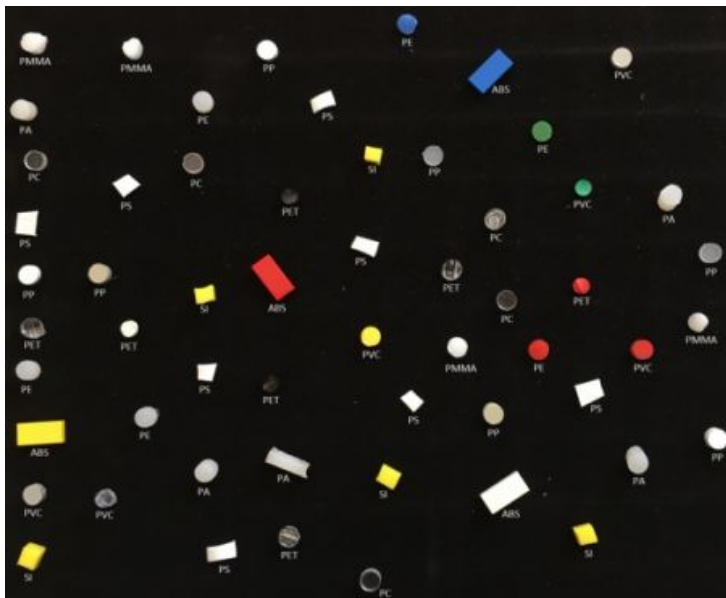
Separación usando imágenes hiperespectrales



Paso 3: Preprocesamiento de imágenes (calibración)

Las imágenes se preprocesan buscando la mejor diferenciación y resolución.

Separación usando imágenes hiperespectrales

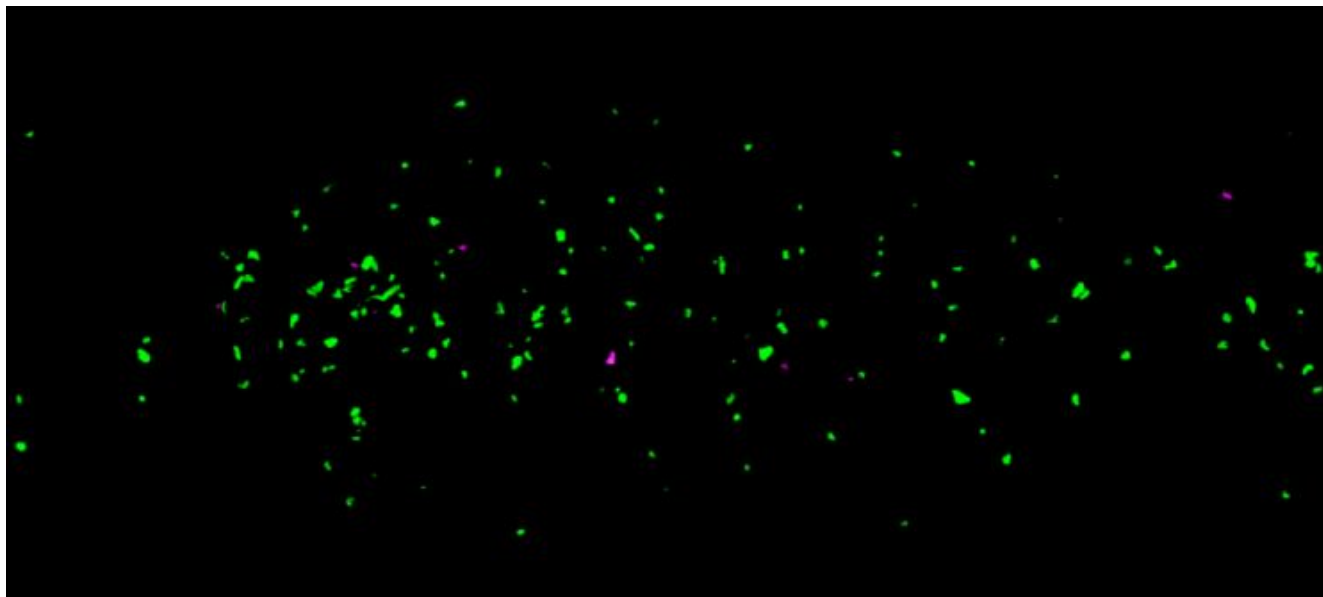


Paso 4: Validación de la calibración

Se corre la identificación de los plásticos de la prueba

PMMA	4	7,0%	PET	7	12,3%
PA	5	8,8%	PE	6	10,5%
PC	5	8,8%	ABS	4	7,0%
PS	8	14,0%	PVC	6	10,5%
PP	7	12,3%	SI	5	8,8%

Separación usando imágenes hiperespectrales

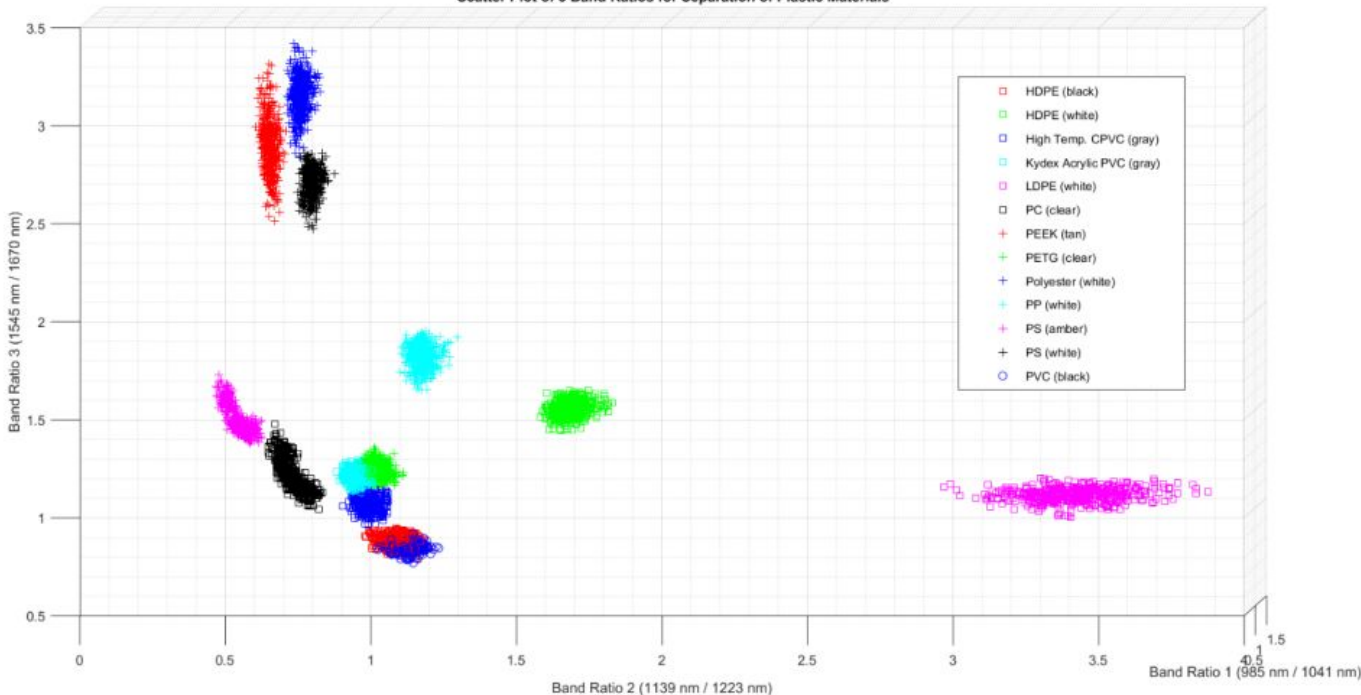


Paso 5: Se compila para su uso en separación en línea
Separación de PE de una corriente de PP

Imágenes hiperespectrales



Scatter Plot of 3 Band Ratios for Separation of Plastic Materials

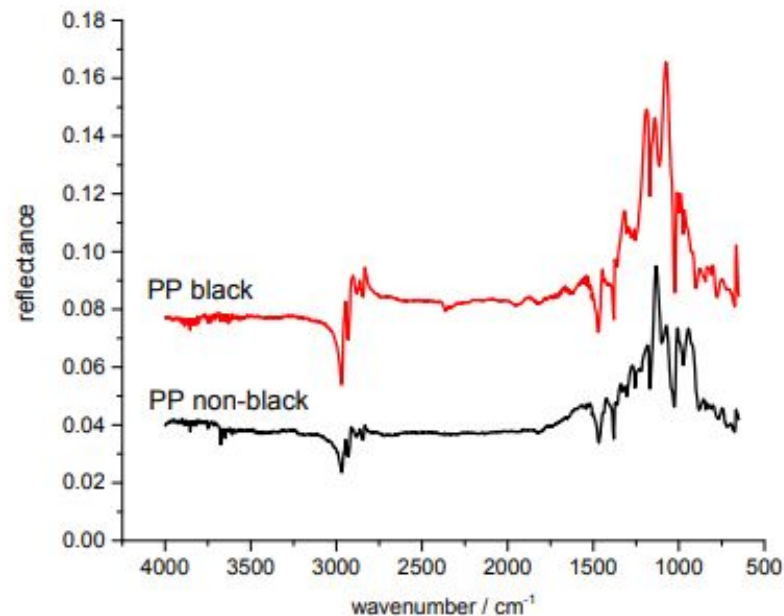
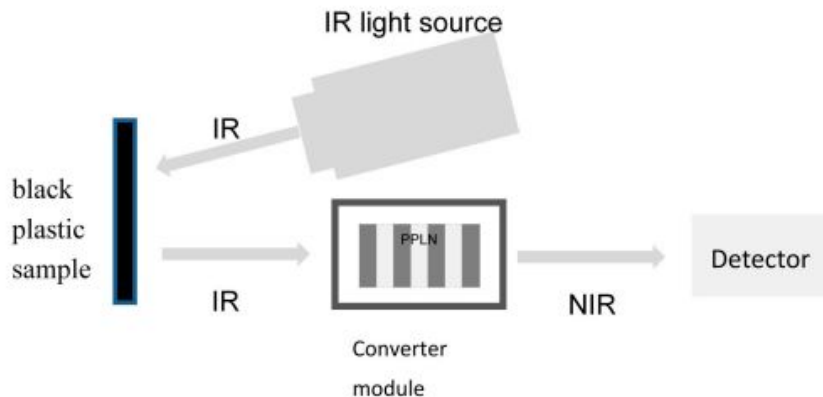


Alta velocidad de detección.

Detecta plásticos negros.

El espectro MIR

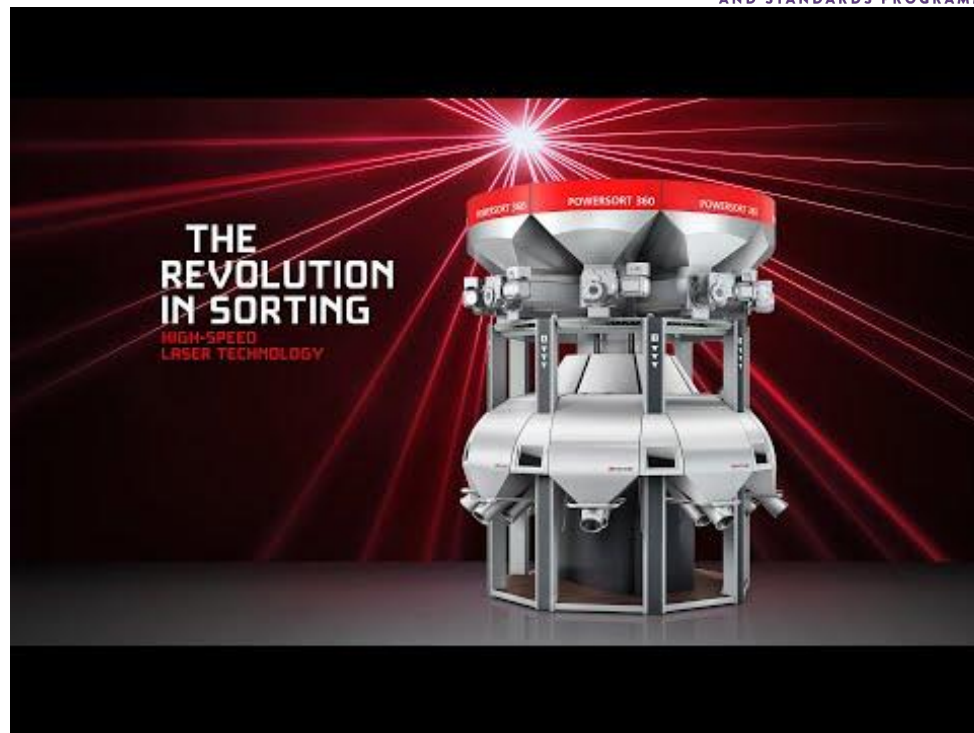
Periodic Polarized Non Linear Lithium Niobate Oxide (PPLN)



Detection of Black Plastics in the Middle Infrared Spectrum (MIR) Using Photon Up-Conversion Technique for Polymer Recycling Purposes. Wolfgang Becker, Kerstin Sachsenheimer and Melanie Klemenz. Fraunhofer Institut fuer Chemische Technologie (ICT)

LIBS - Laser Induced Breakdown Spectroscopy

- No interfieren los aditivos
- Es posible determinar si tienen retardantes a la llama
- No interfiere el color
- Tiene una exactitud del 99.5%
- Tiene una velocidad de clasificación de 0.096 ms
- Hasta 10,000 kg/h

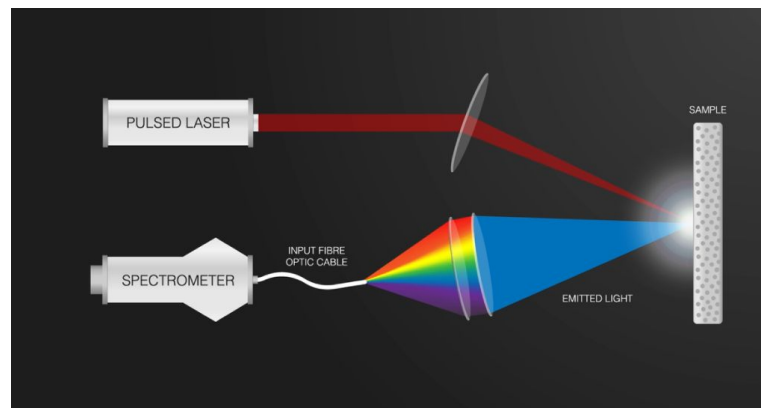


<https://www.youtube.com/watch?v=qVBLWhxlvU>

Rapid classification of plastics by laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) coupled with partial least squares discrimination analysis based on variable importance (VI-PLS-DA). Ke Liu, Di Tian, Hongxia Wang and Guang Yang

LIBS - Laser Induced Breakdown Spectroscopy

Hitachi High-Tech Analytical Science
What is Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS)?

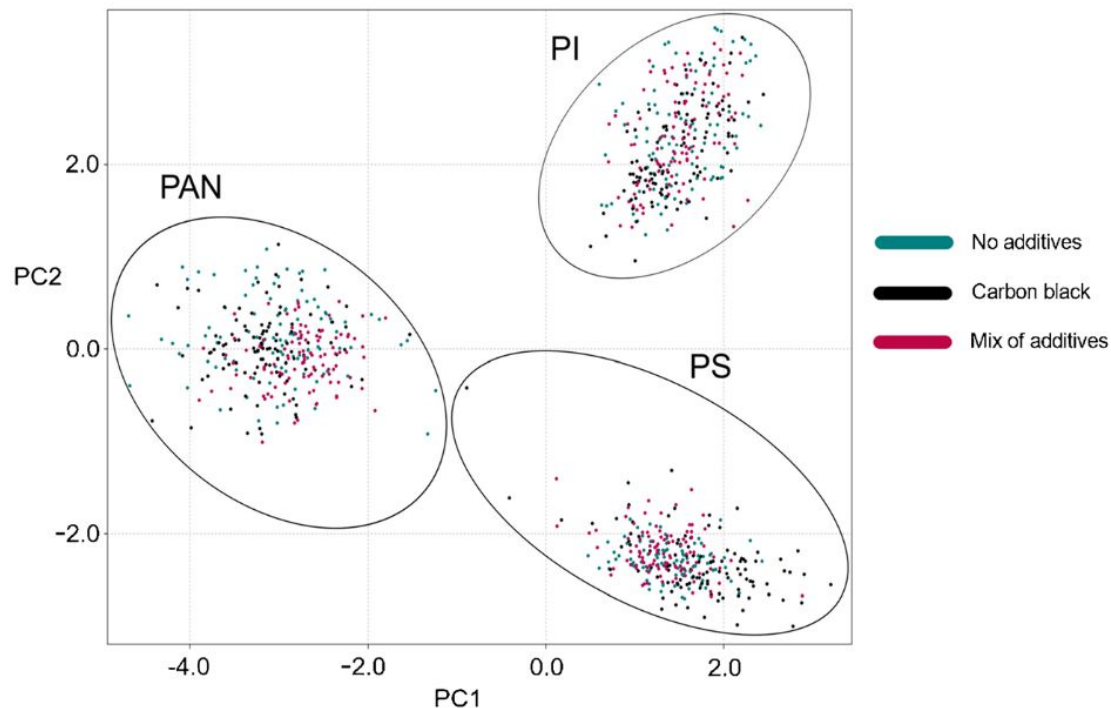


Importance	Emission signal	Descriptor type	Integrated wavelength range [nm]
1	O (I)	ABL	776.51–778.42
2	C (I)	ABL	247.44–248.44
3	C (I)	ABL	192.59–193.41
4	C2 Swan band delta ν -1	PRW	469.38
5	C (I)	PLV	247.87 (bl, 187.98)
6	H (I)	ABL	650.19–663.74
7	O (I)	PBL	776.01–779.14
8	Si (I)	PRW	251.60
9	CN violet band	PBL	383.39–389.72
10	C2 Swan band delta ν	PLV	516.61 (bl, 187.98)

LIBS - Laser Induced Breakdown Spectroscopy

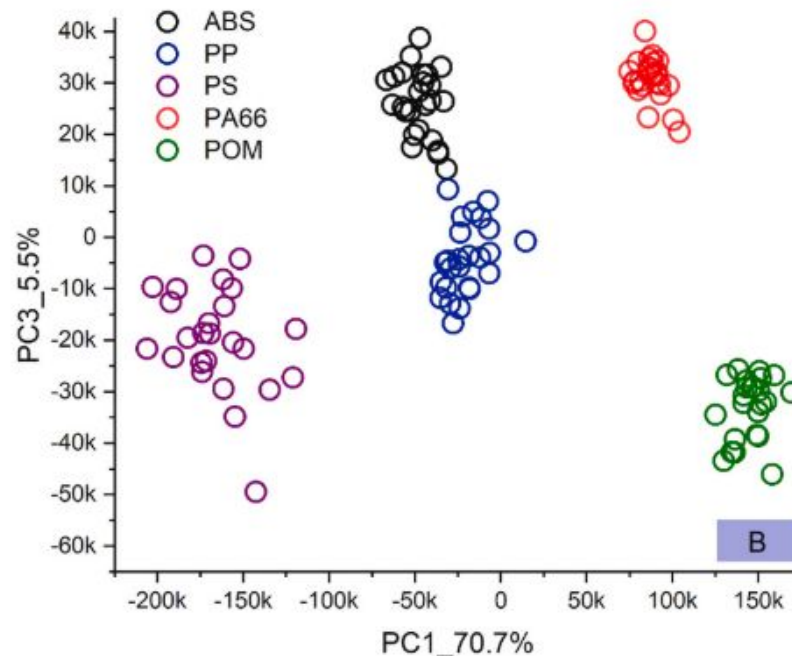
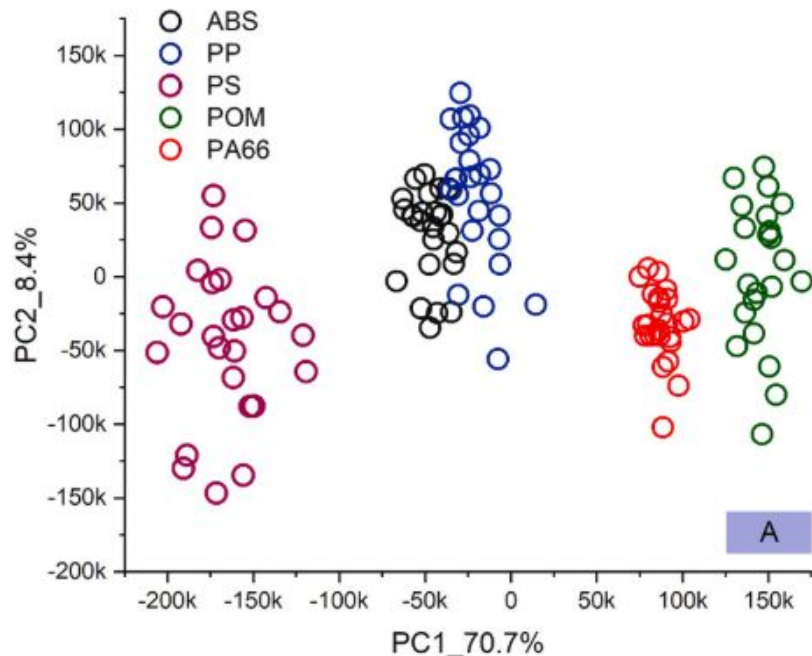
La presencia de aditivos no interfiere con la descrimicación de los polímeros.

Mide sobre piezas negras



LIBS - Laser Induced Breakdown Spectroscopy

Resolución de los clusters en aire



Gajarska, Z. (2021). Identification of 20 polymer types by means of laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) and chemometrics. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 6581–6594.

- La tecnología actual disponible permite separar por:
 - Colores
 - Tipos de Polímero (PET, PP, PVC, PS LDPE, LLDPE, HDPE, PCB)
 - Metal-polimero



Sorter - Clasificación por tipo de material

SORTEX E PolyVision - BUHLER



Packaging



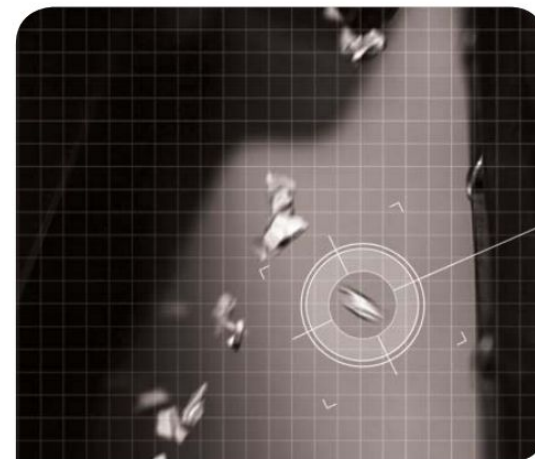
Construction



Electronic waste &
End-of-Life Vehicles



Petrochemical

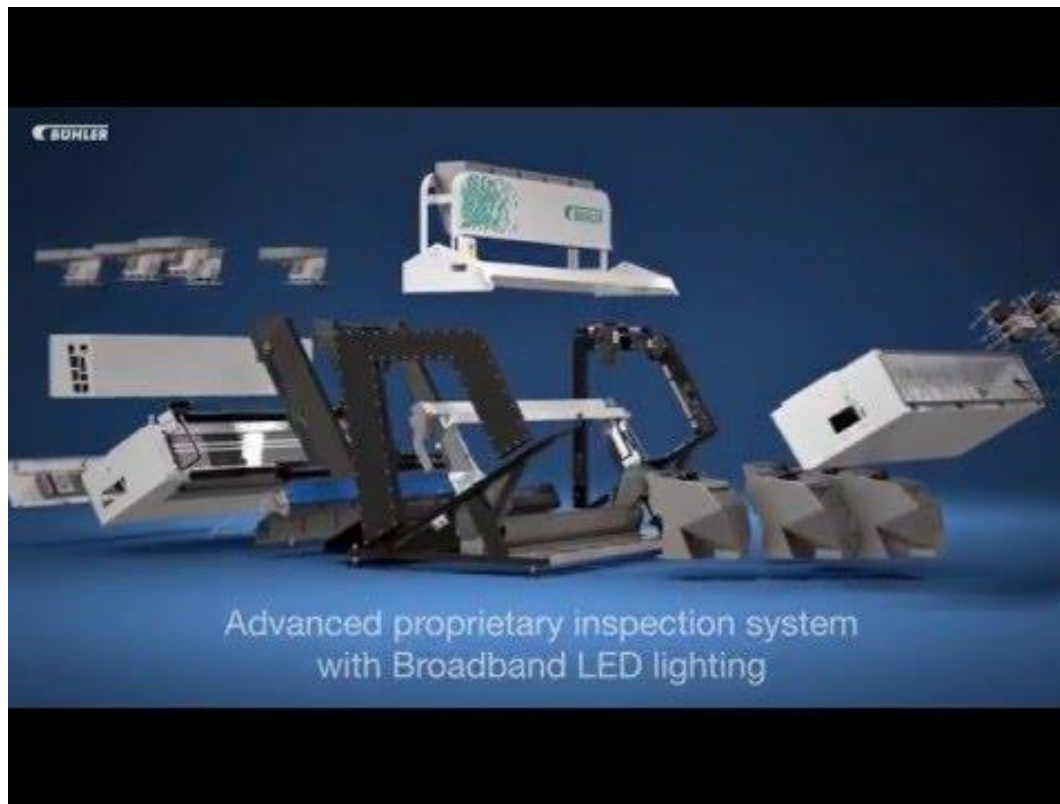


Separa PVC de PET



Sorter - Clasificación por colores, forma, tamaño

SORTEX A PolyVision - BUHLER

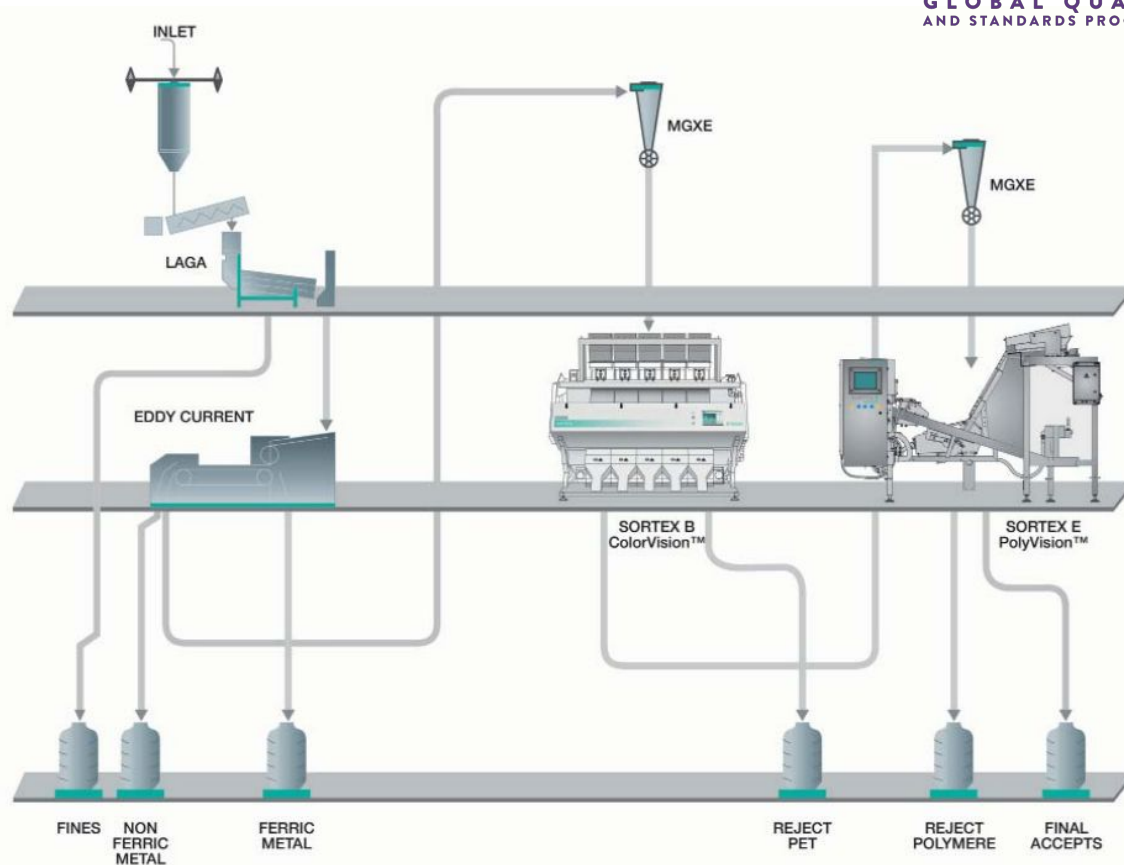


Configuración de línea para el reciclaje de PET

BUHLER

Proceso automático que separa

- Finos
- Materiales no ferrosos
- Materiales ferrosos
- PET rechazado por colores
- PET aceptado
- PVC, PS





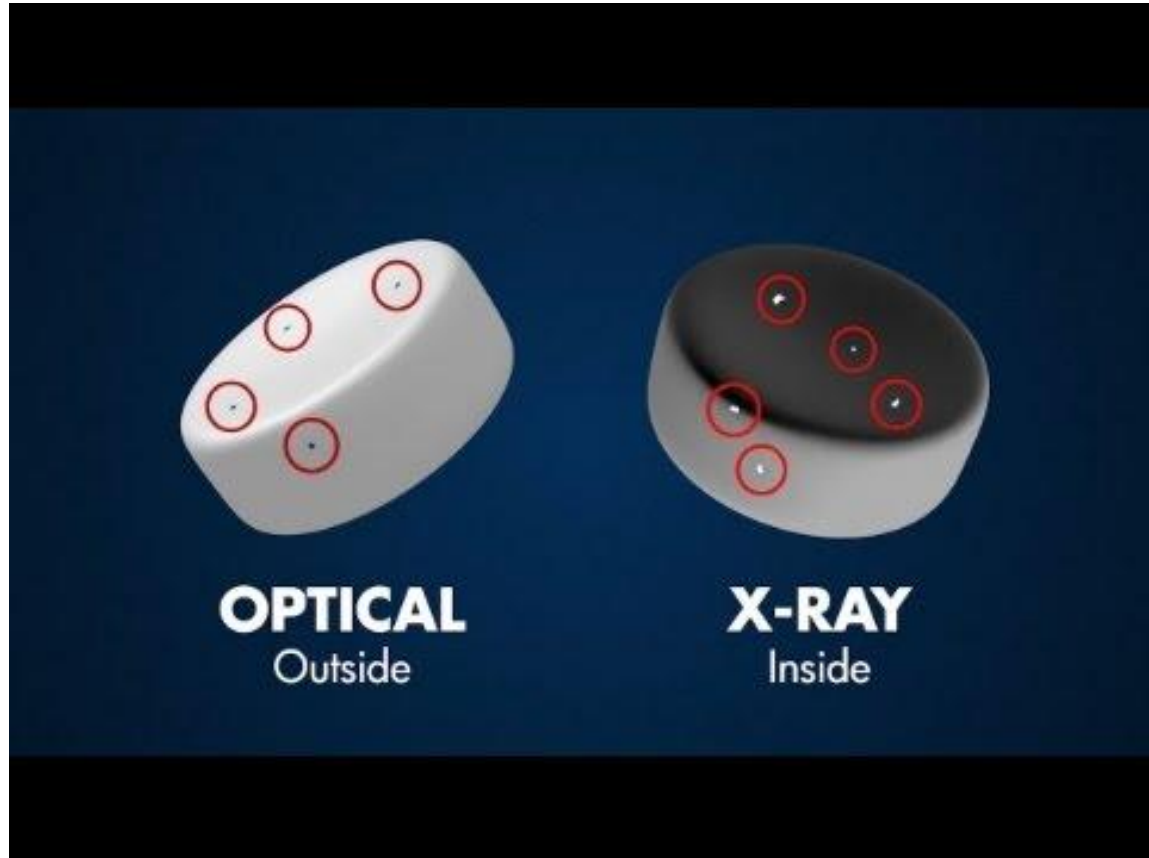
Purity Scanner

SIKORA



Sistema que detecta contaminación y defectos en los gránulos.

- Utiliza proceso de tratamiento de imágenes con diferentes fuentes de luz.
- Utiliza fuente de rayos x
- Velocidad de producción hasta 800 kg/h
- Podría adaptarse a selección de materiales.

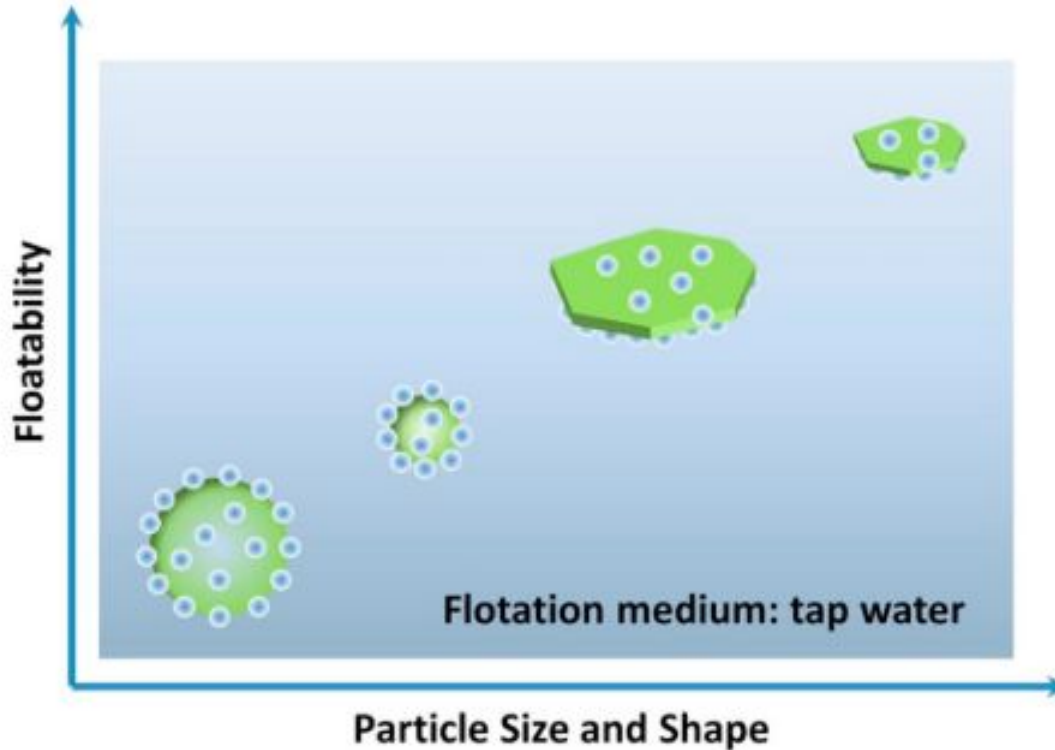


Separación por Robots

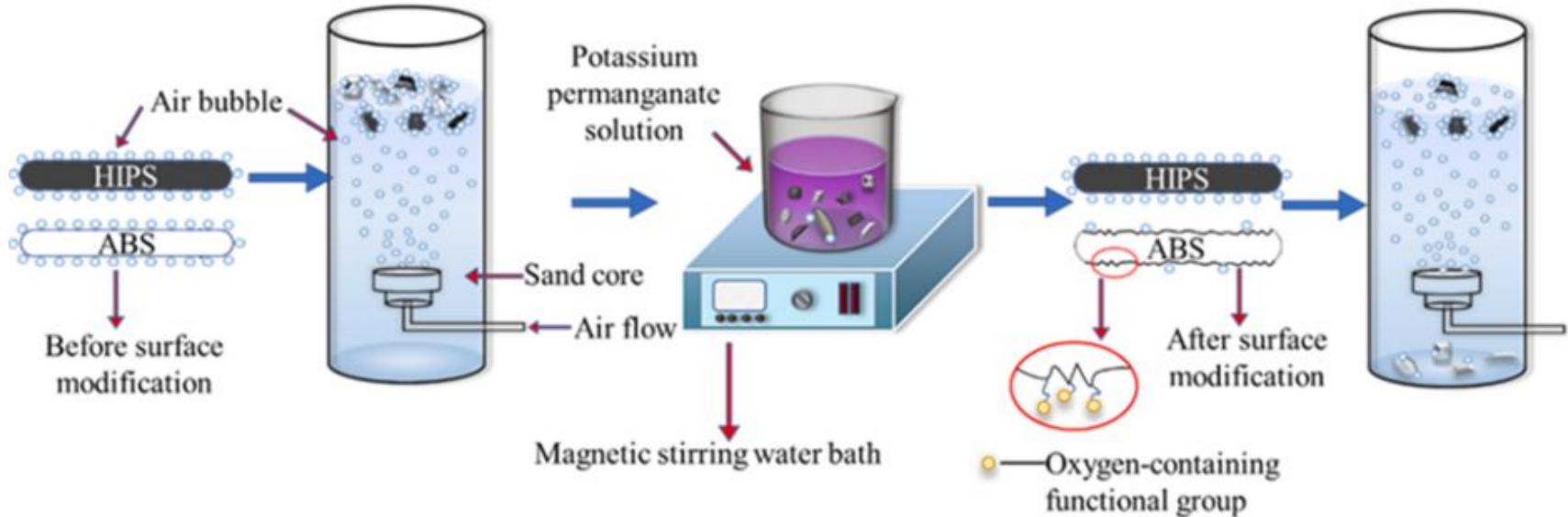


5. Separación por flotación

Separación por flotación

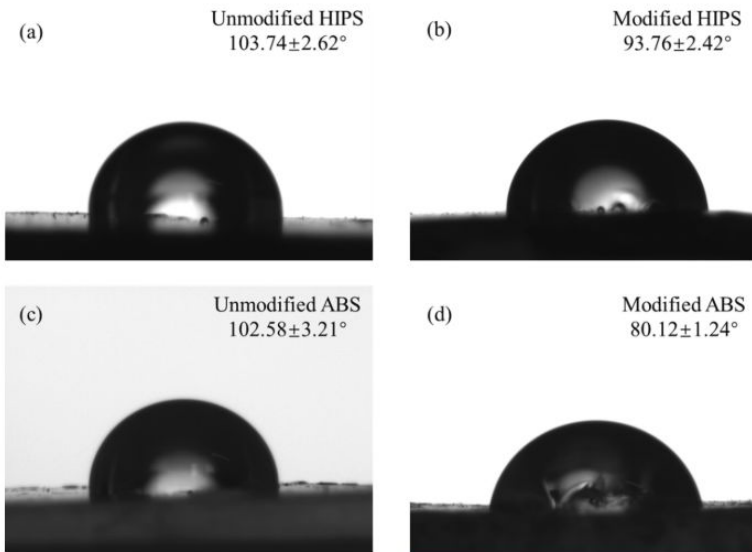


La forma y el tamaño de la partícula tiene una gran influencia sobre el proceso de flotación

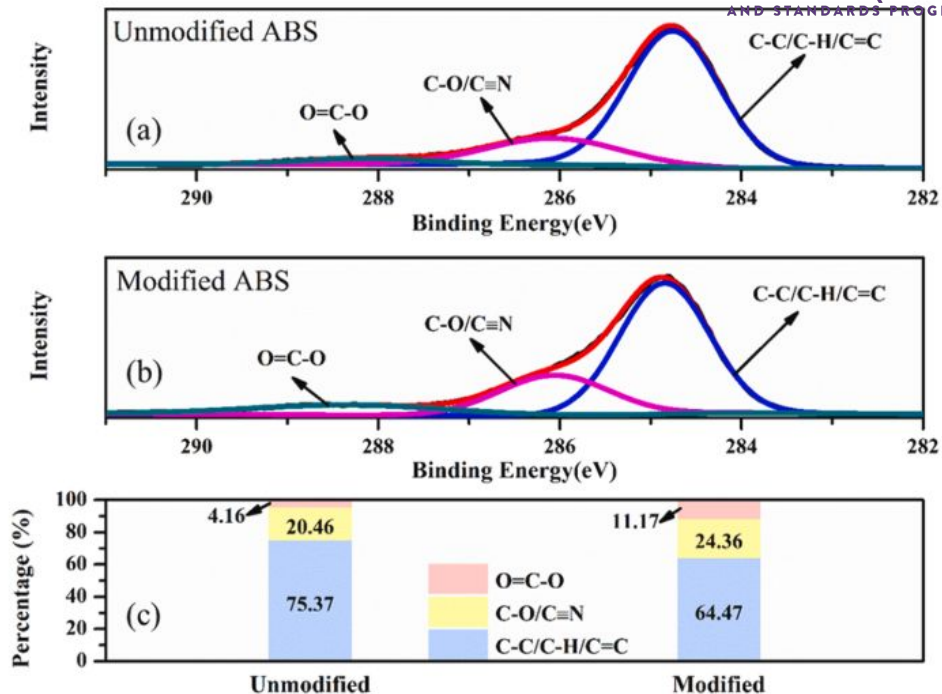


Flotation separation of acrylonitrile-butadienestyrene (ABS) and high impact polystyrene (HIPS) from waste electrical and electronic equipment (WEEE) by potassium permanganate surface modification Yu Cui, Yingchun Li, Wensheng Wang, Xiaojing Wang, Jing Lin, Xianmin Mai, Gang Song, Nithesh Naik, Zhanhu Guo

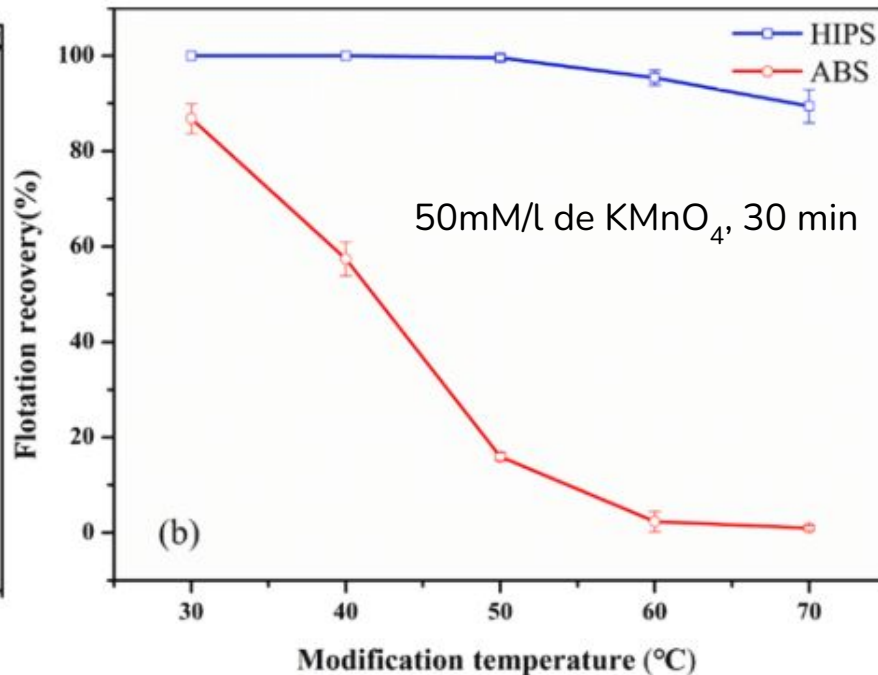
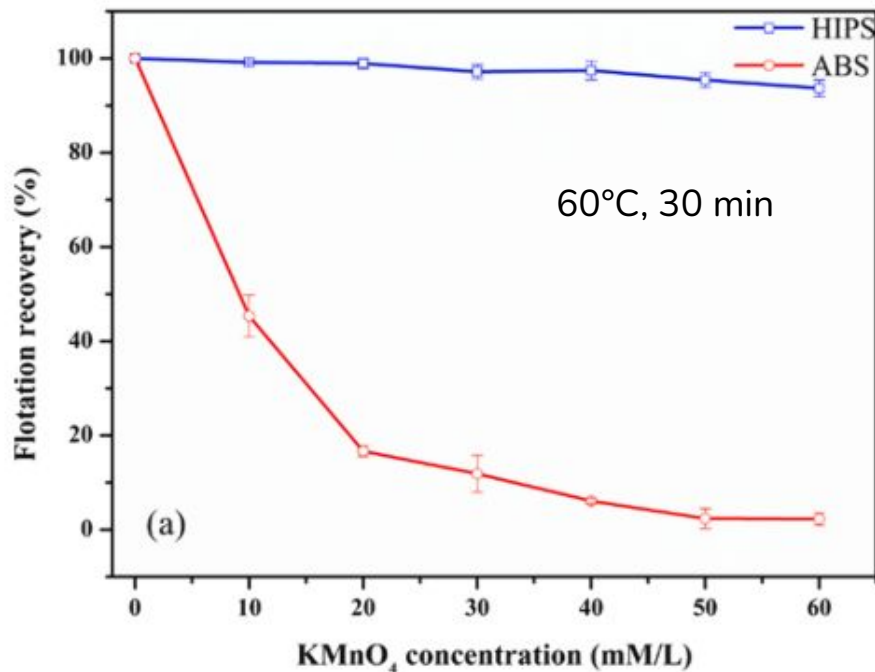
Separación por flotación



Espectroscopia fotoelectrónica de rayos X

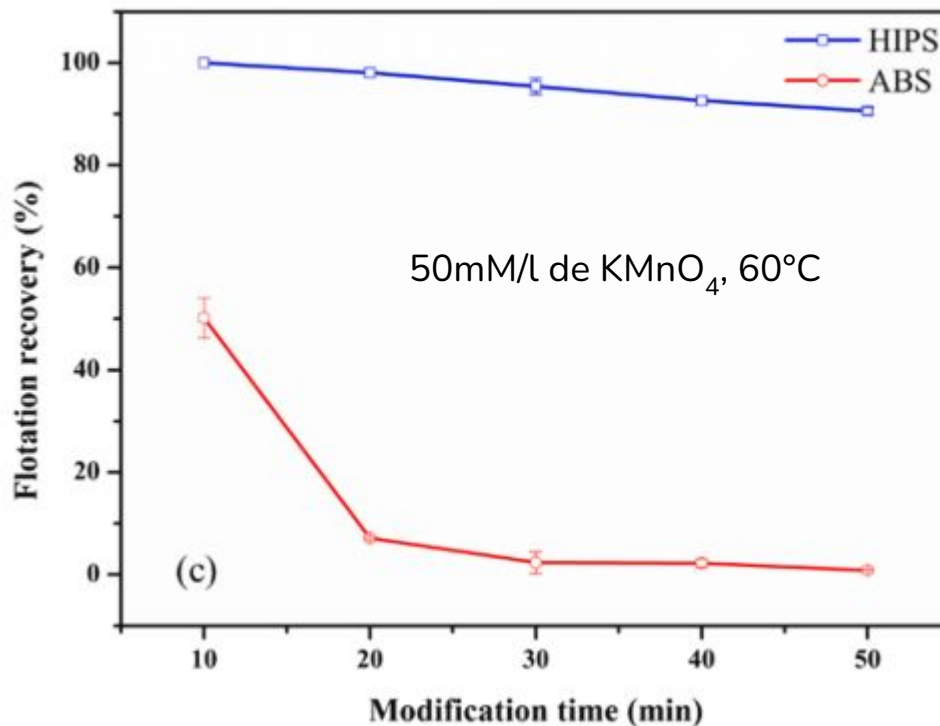


Flotation separation of acrylonitrile-butadienestyrene (ABS) and high impact polystyrene (HIPS) from waste electrical and electronic equipment (WEEE) by potassium permanganate surface modification Yu Cui, Yingchun Li, Wensheng Wang, Xiaojing Wang, Jing Lin, Xianmin Mai, Gang Song, Nithesh Naik, Zhanhu Guo



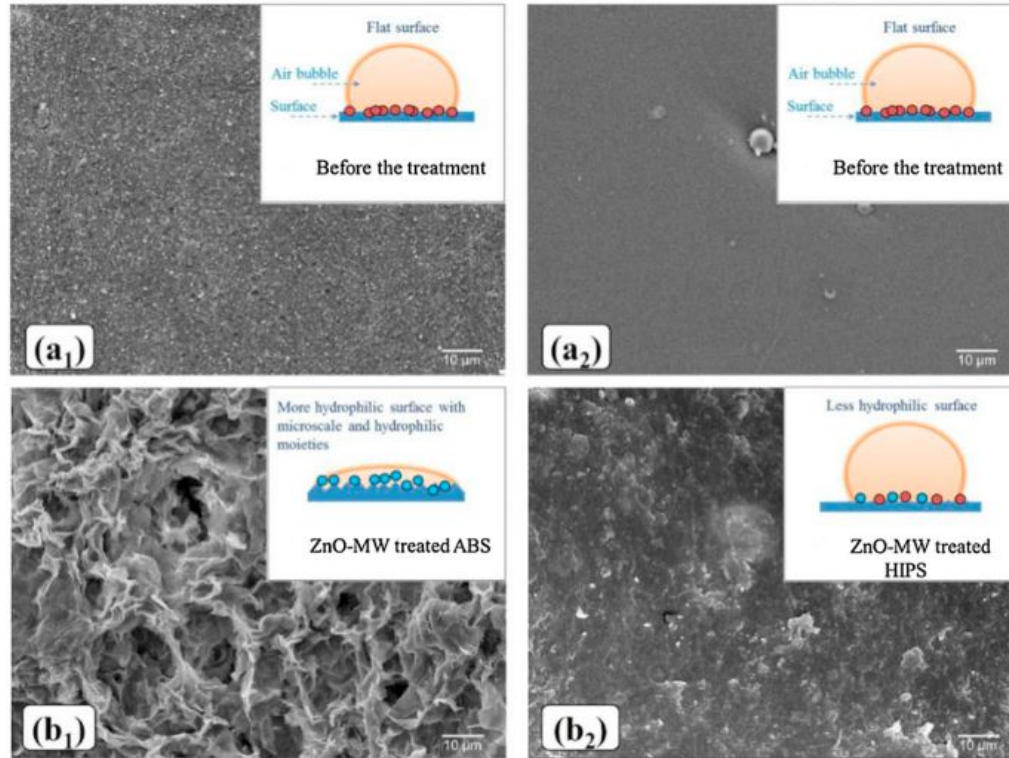
Flotation separation of acrylonitrile-butadienestyrene (ABS) and high impact polystyrene (HIPS) from waste electrical and electronic equipment (WEEE) by potassium permanganate surface modification Yu Cui, Yingchun Li, Wensheng Wang, Xiaojing Wang, Jing Lin, Xianmin Mai, Gang Song, Nithesh Naik, Zhanhu Guo

Separación por flotación



Flotation separation of acrylonitrile-butadienestyrene (ABS) and high impact polystyrene (HIPS) from waste electrical and electronic equipment (WEEE) by potassium permanganate surface modification Yu Cui, Yingchun Li, Wensheng Wang, Xiaojing Wang, Jing Lin, Xianmin Mai, Gang Song, Nithesh Naik, Zhanhu Guo

Separación por flotación



Surface modification and selective flotation of waste plastics for effective recycling—a review
Hui Wang^a, Yingshuang Zhang^a, Chonqing Wang

Authors	Methods	Sinking (%) ^a			Floating (%) ^a		
		Plastics	Purity	Recovery	Plastics	Purity	Recovery
N.T. Thanh Truc [153,163]	ZnO coating assisted microwave treatment	ABS	95.40	100	HIPS	100	95.20
N.T. Thanh Truc [57,152,161]	Mild heat	ABS/PC/BFRs	91.70	100	ABS/PMMA and ABS	–	–
	Microwave	PVC	96.80	100	Other plastics in WEEE	–	–
	Mild heat	ABS	100	85	PMMA/PVC	–	–
	Mild heat	ABS	100	97	PMMA/PC/PS	–	–
M. Nagy et al. [175]	NaOH treatment	PET	–	100	PVC	–	98.90
C. Wang [16,151,179]	Ammonia modification	PC	98.21	> 92	PS	99.53	> 92
	Ammonia modification	PC	99.72	> 95	ABS	99.23	> 95
	KMnO ₄ assisted ultrasonic treatment	PVC	> 99	> 99	PET	> 99	> 99
S.R. Mallampati [12]	Microwave treatment	PVC	100	100	PC/ PMMA	100	100
T. Okuda [158]	Ozonation	PVC	100.00	100.00	PMMA/PC/PET	100	100
S.R. Mallampati [11,112,150]	Ozonation	Rubber/PVC	100/30	100/99.59	PP/PE	100	100
		PVC	= 94.33	100	PET	100	= 94
		PVC	= 91	= 96	Other plastics in ASR	> 99	> 93 < 96
S.R. Mallampati [56,167]	Nano-Fe/Ca/CaO assisted ozonation	PVC/ABS/HIPS containing BFRs	≈ 100	100	PET, PC, PA, PMMA, Rubber and Others	–	–
	Nano-Fe/Ca/CaO assisted ozonation	PVC/ABS/HIPS containing BFRs	97–100	≈ 100	PS, PMMA, PET, POM, PA and Rubber	–	–
J. Wang [55,107–109]	K ₂ FeO ₄ treatment	PC	100	99.78	PS	99.54	100
	Fenton pretreatment	ABS	100	99.89	PVC	99.78	100
	Ca(ClO) ₂ treatment	PVC	> 96	100	PMMA, PS, PET	> 96	100
		PC, ABS	> 96	100	PVC	> 96	100
	Fenton pretreatment	PS, PC	100	97.20	PVC	99.26	100

Authors	Methods	Sinking (%) ^a			Floating (%) ^a		
		Plastics	Purity	Recovery	Plastics	Purity	Recovery
C. Wang [105]	Boiling	ABS	95.16	87.33	PS	89.22	95.34
R. D. Pascoe [133]	Flame and oven thermo treatment	PET	95.10	54.50	PVC	86.40	90.50
N. Fraunholz [145]	MDS	PE	98.10	72.40	PP	–	–
Pongstabodee [142]	Sink-float combined selective flotation	HDPE,	–	100	PP	–	100
		ABS	–	96.30	PS	–	99.00
		PET	–	90.60	PVC	–	98.70
E. J. Beckman [132]	CO ₂	Separating LDPE, HDPE, PP, PS, EPS, paper					
	SF ₆	Separating PVC, PET, EPS, Aluminum					
	31.06% CO ₂ + 68.94% SF ₆	Separating PS, EPS, PVC, PET					
Anjum Qureshi [134]	Plasma treatment	Moistening PC					
Alenka Vesel [135]		Moistening PMMA					
Yu Akishev [136]		Moistening PP/PET					
Xiaoxian Zhang [137]		Moistening PVC					



Separación por flotación por depresión del medio

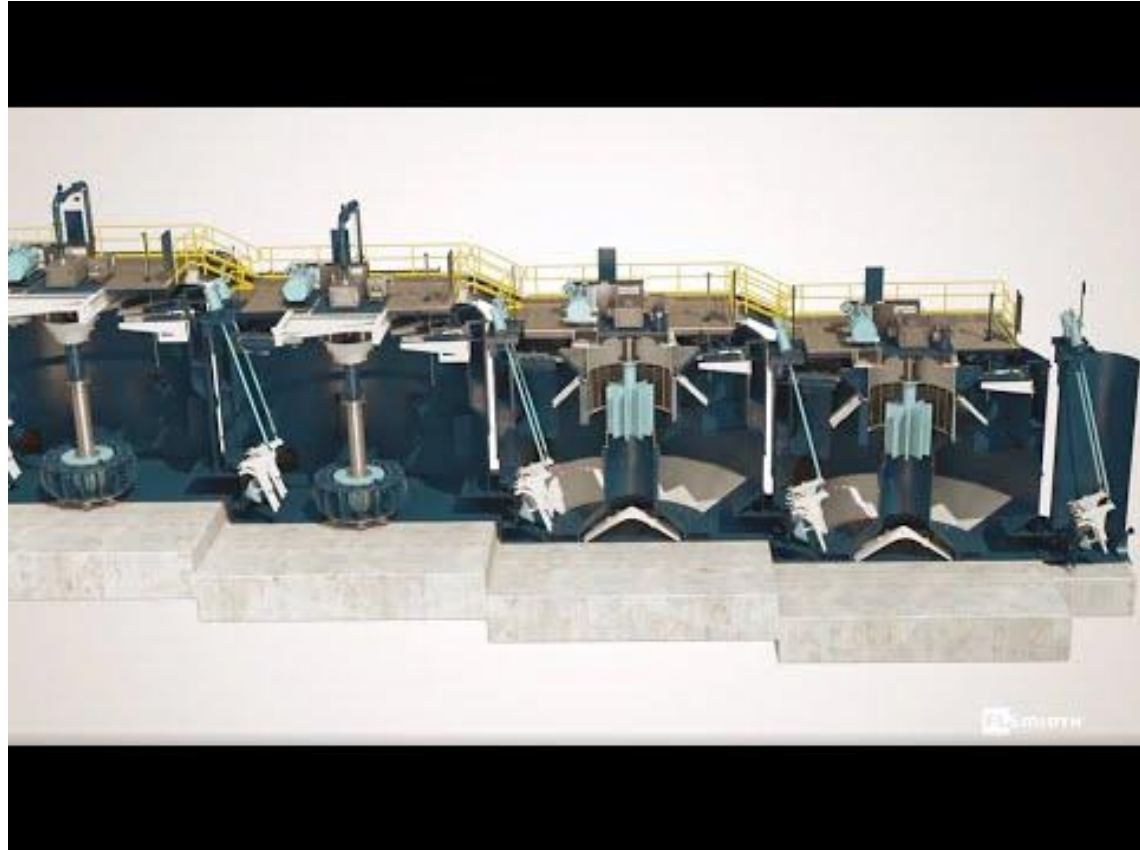
Surface modification
and selective flotation
of waste plastics for
effective
recycling—a review
Hui Wang,
Yingshuang Zhanga,
Chongqing Wang

Authors	Depressant	Sinking (%) ^a			Floating (%) ^a		
		Plastics	Purity	Recovery	Plastics	Purity	Recovery
T. Thongchai [116]	CaLS	POM	–	100	PVC/PET	–	99.20
	CaLS	PET	–	> 98	PVC	–	> 98
P. Basařová [117]	CaLS	PC/PS	–	≈ 99	POM	–	100
	TA	PC	–	≈ 99	–	–	–
	Terpineol	All plastics floated	–	–	–	–	–
	PDGE	PC	–	≈ 50	–	–	–
F. Burat [118]	DIB	PVC	≈ 57	≈ 96	PET	≈ 96	≈ 30
	ELO	PVC	69.90	99.70	PET	99.70	57.00
	NaCMC	ABS	≈ 100	≈ 100	HIPS	≈ 100	≈ 100
R. D. Pascoe [124]	Quebracho	ABS	≈ 100	≈ 87	HIPS	≈ 88	≈ 100
	SDS	PC/PVC/PET	–	≈ 20	PS	–	100
J. Guo et al. [119]	SCMC	PC/PVC/PET	–	≈ 20	PS	–	100
	NP-7	PC/PVC/PET	–	≈ 20	PS	–	100
	DOP	PET	–	≈ 93	PC/PVC	–	≈ 85/70
	DBS	PET	–	96.44	PC/PVC	–	97.45/92.91
	DIB	PET	–	100	HDPE	100	99.60
	TX-100	PET	–	–	HDPE	≈ 90	≈ 60
	LA	PVC	–	–	PET	97.00	99.00
M. O. Kangal [120]	DIB	PVC	–	–	PET	90.00	95.00
	DIB	PVC	100	84.30	PET	86.43	100
M. O. Kangal, F. Burat et al. [121]	DIB	PVC	86.35	92.50	PET	92.50	84.20
A. E. Yuçe, F. Burat et al. [122]	DIB	PVC	99.40	90.10	PET	95.60	92.30
	TX-100	PVC	86.35	92.50	PET	92.50	84.20
A. E. Yuçe [123]	LA	PVC	99.40	90.10	PET	95.60	92.30
M.S. Negari [130]	TA	PS/PET	15.00/0	–	PVC	95.00	–
	MC	PET	100	100	PS/PVC	100	100
	PEG	PET	100	100	PS/PVC	100	100
	PVA	PS/PET	≈ 100	–	PVC	≈ 50	–
	MIBC	All plastics floated	–	–	PVC	≈ 50	–
	TA + PEG	PS/PET	≈ 100	–	PVC	≈ 85	–
	TA + PEG	PS/PET	≈ 100	–	PVC	≈ 85	–
	PVA + PEG	PS/PVC	≈ 40/40	–	PET	0	–
	TA + MC	All plastics sank	–	–	PET	0	–
	PVA + MC	PS/PET	≈ 100	–	PVC	≈ 35	–
	PEG + MC	PET	≈ 100	–	PS/PVC	≈ 65/75	–
	TA + PEG + MIBC	PET	≈ 100	–	PS	≈ 100	–
	TA + PVA + MIBC	PET	≈ 100	–	PS	≈ 20	–
	TA + MC + MIBC	PET	≈ 100	–	PS	≈ 90	–

Sistema de separación por flotación

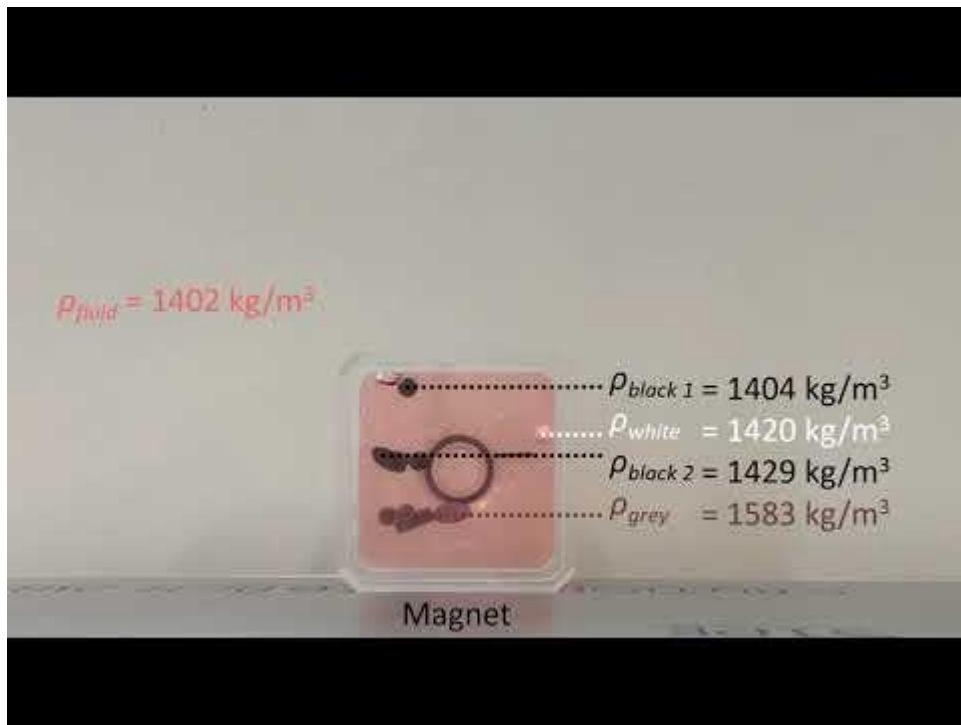
Video aplicado a la separación de minerales

Funciona bajo el mismo principio en polímeros.

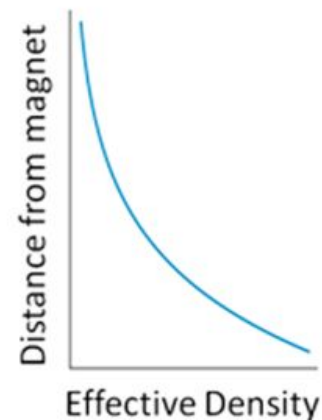


6. Separación por densidad magnética

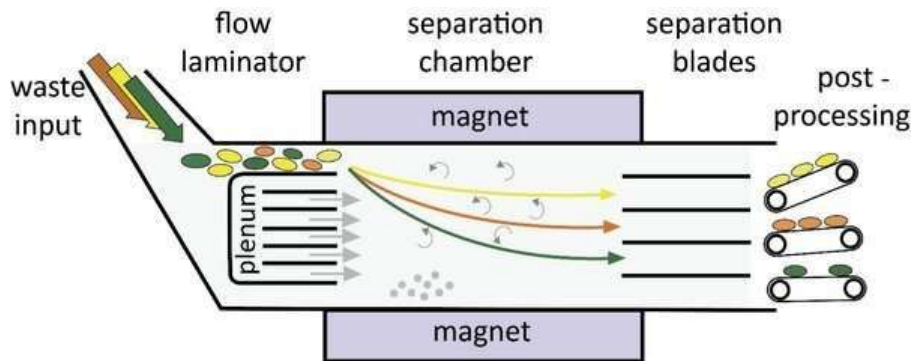
Solución fluido-magnética para la separación de plásticos



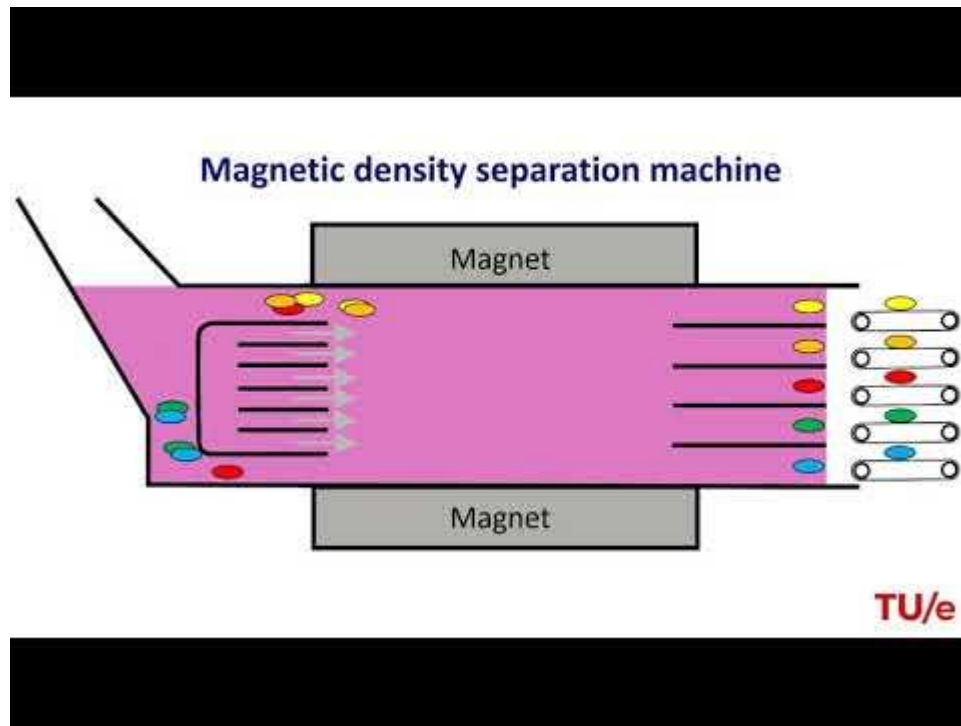
Los imanes cambian la presión hidrostática en el fluido y, la densidad aparente del fluido es cambia a diferentes alturas en el fluido.



Solución fluido magnética para la separación de plásticos

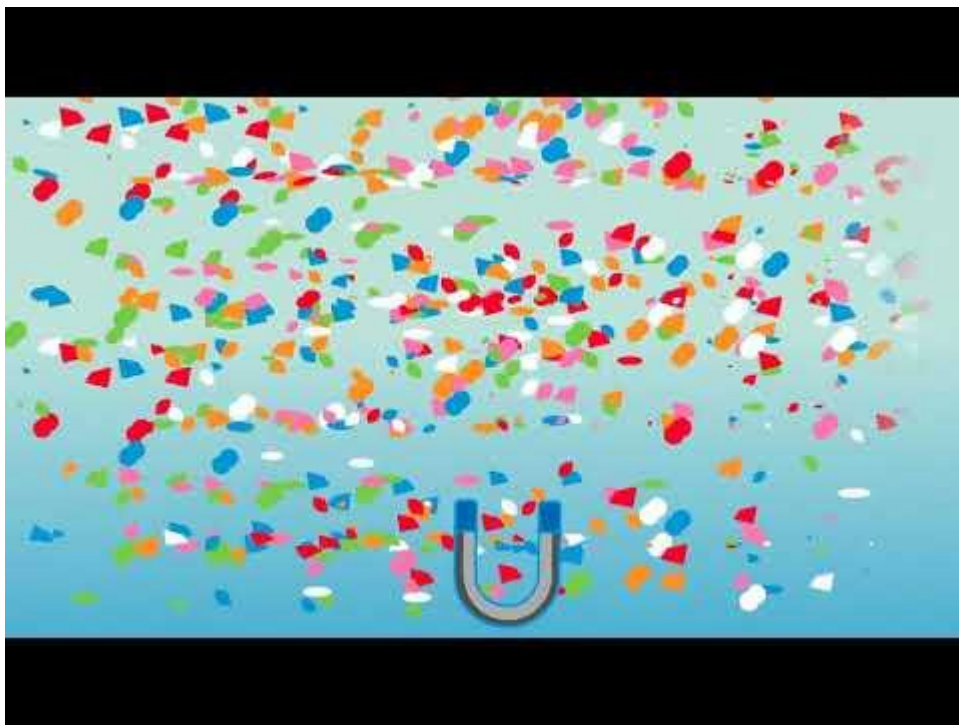


El plástico pasa a través de un tanque con una suspensión de partículas de óxido de hierro de 5 nm con un electroimán en la parte superior



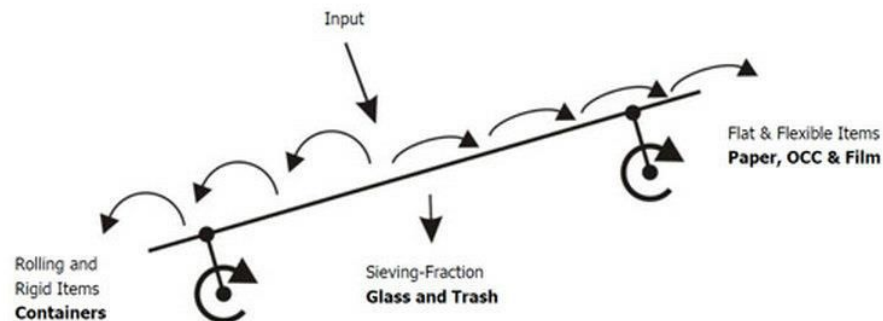


Umicor - Planta de separación por densidad magnética



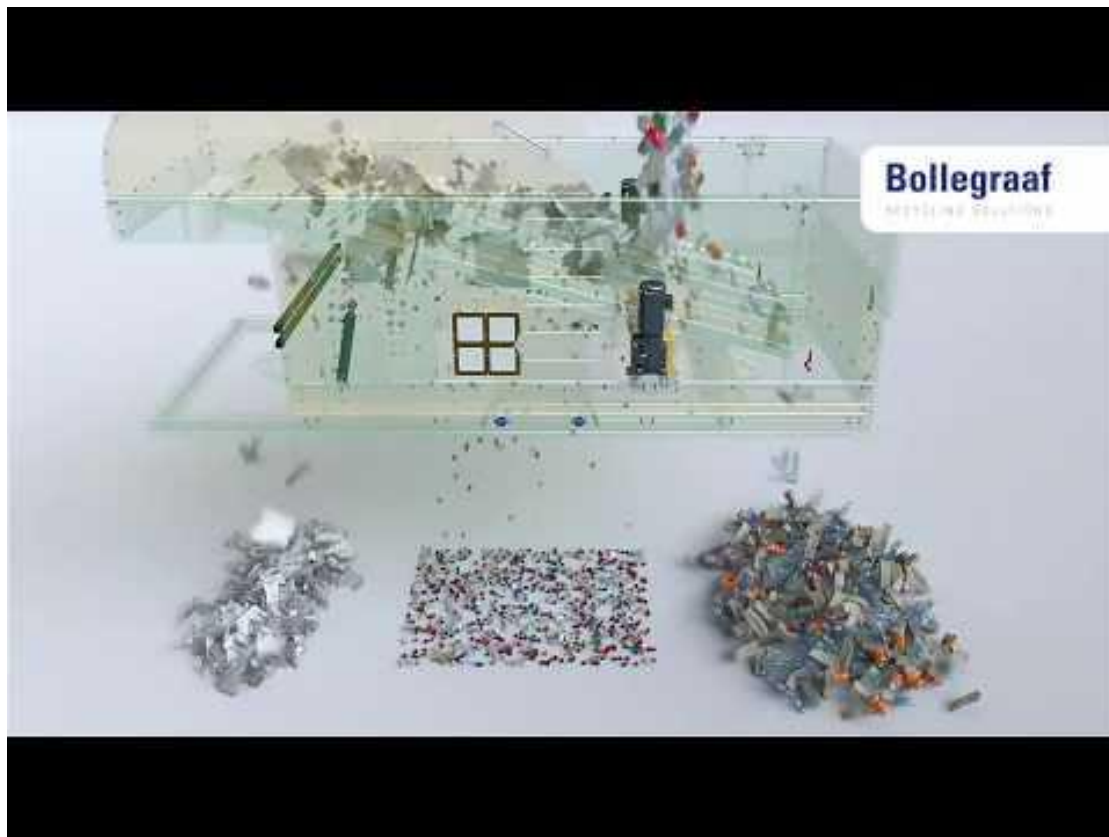
Separación con 99% de pureza

Otros tipos de separación



Lo más liviano viaja hacia arriba, lo más pesado hacia abajo

Separación por balística

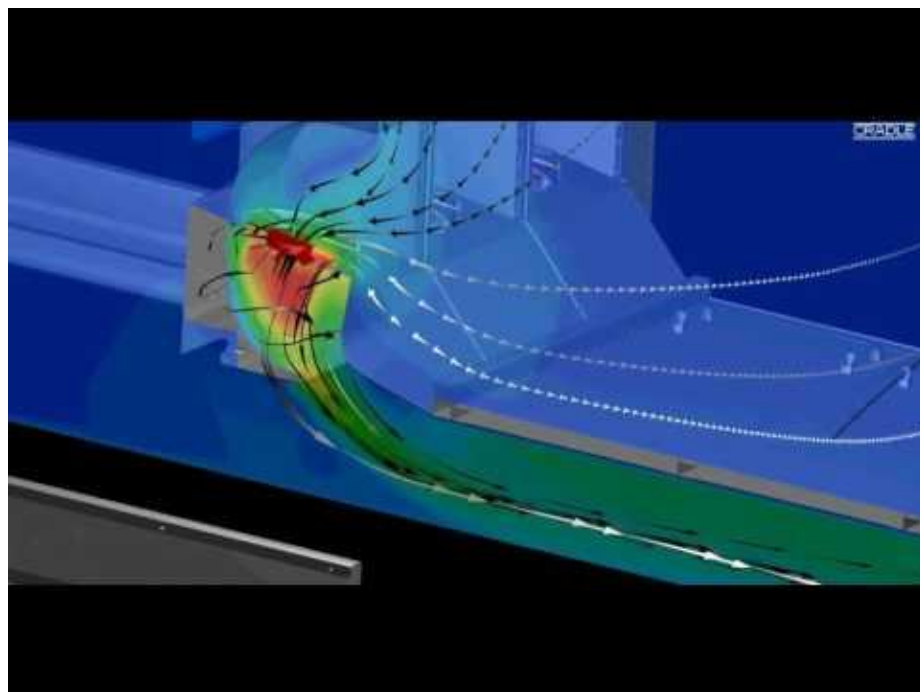


Separación por turbinas de aire

Lo más liviano es impulsado más lejos



<https://www.youtube.com/watch?v=kbINCiibLXU>



https://www.youtube.com/watch?v=7_dF1Ewy71U

Separador de corrientes de Eddy

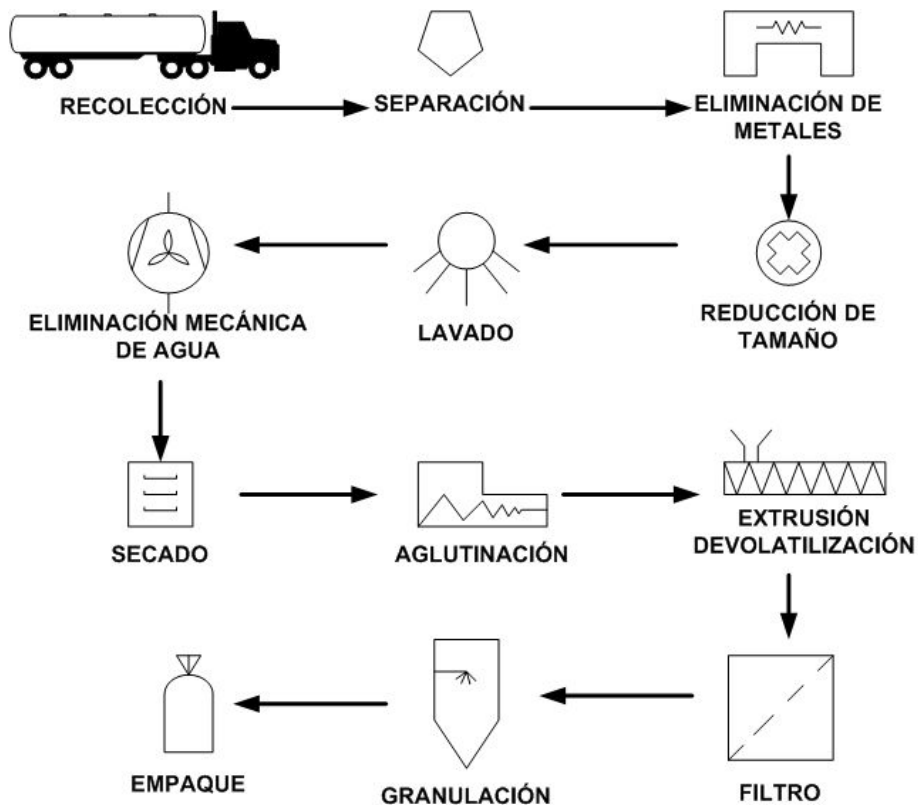
Separa metales no ferrosos de materiales no ferrosos como los plásticos.

Los separadores usualmente tiene electroimanes para la separación inicial de metales ferrosos.



Reducción de tamaño

Cadena del reciclaje Mecánico



Sistemas de transporte



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/>

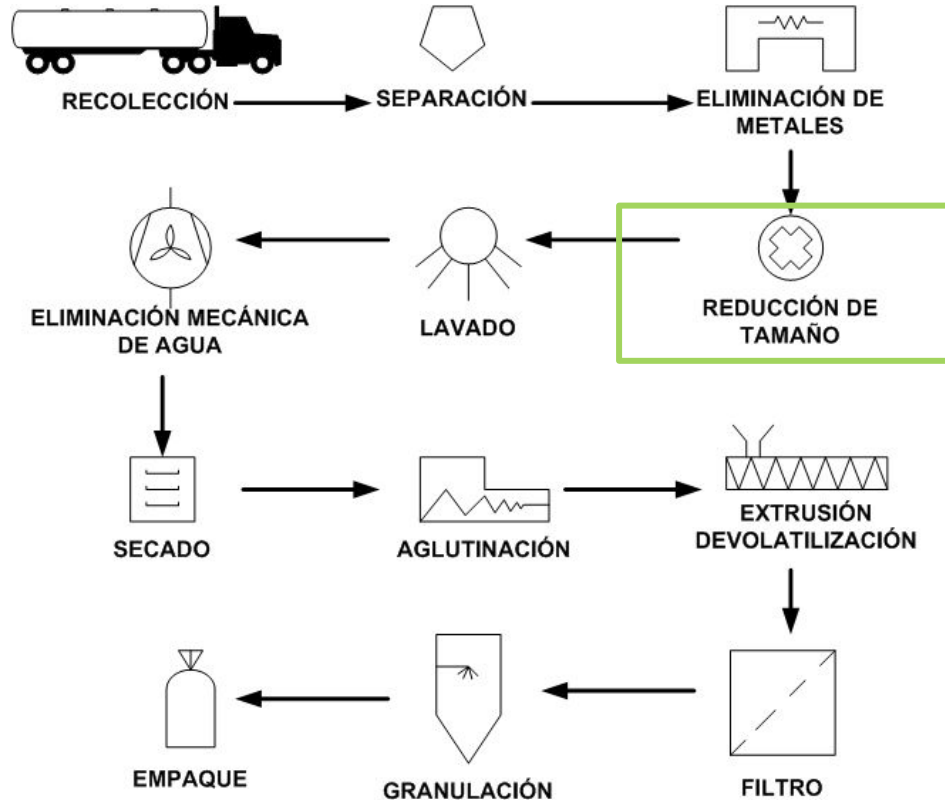
<https://www.sesotec.com/emea/en/products/groups/recycling-sorting-systems-with-conveyor-belt>

- Neumático.
- Tornillo sin fin



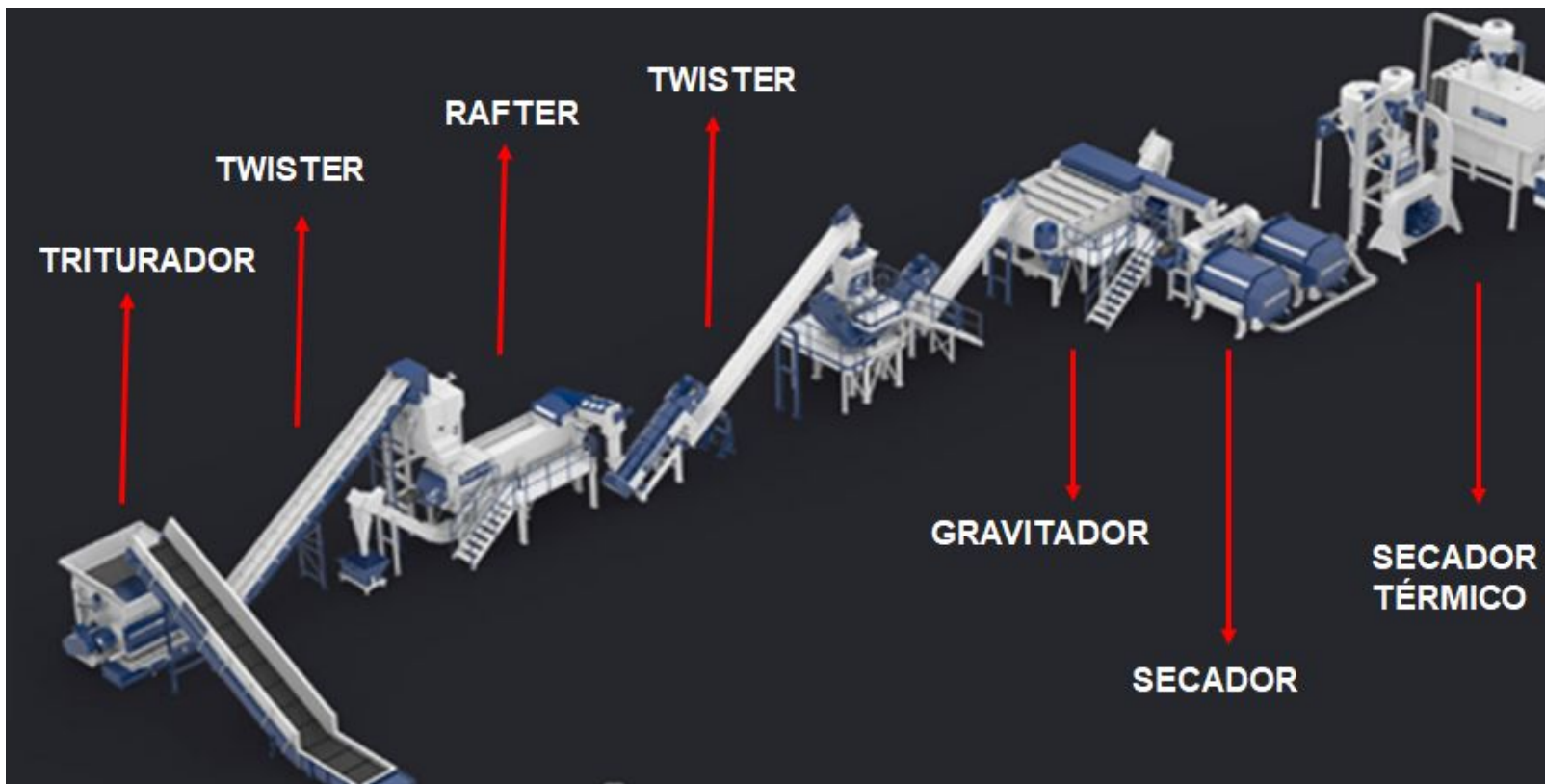
Reducción de tamaño

Cadena del reciclaje Mecánico



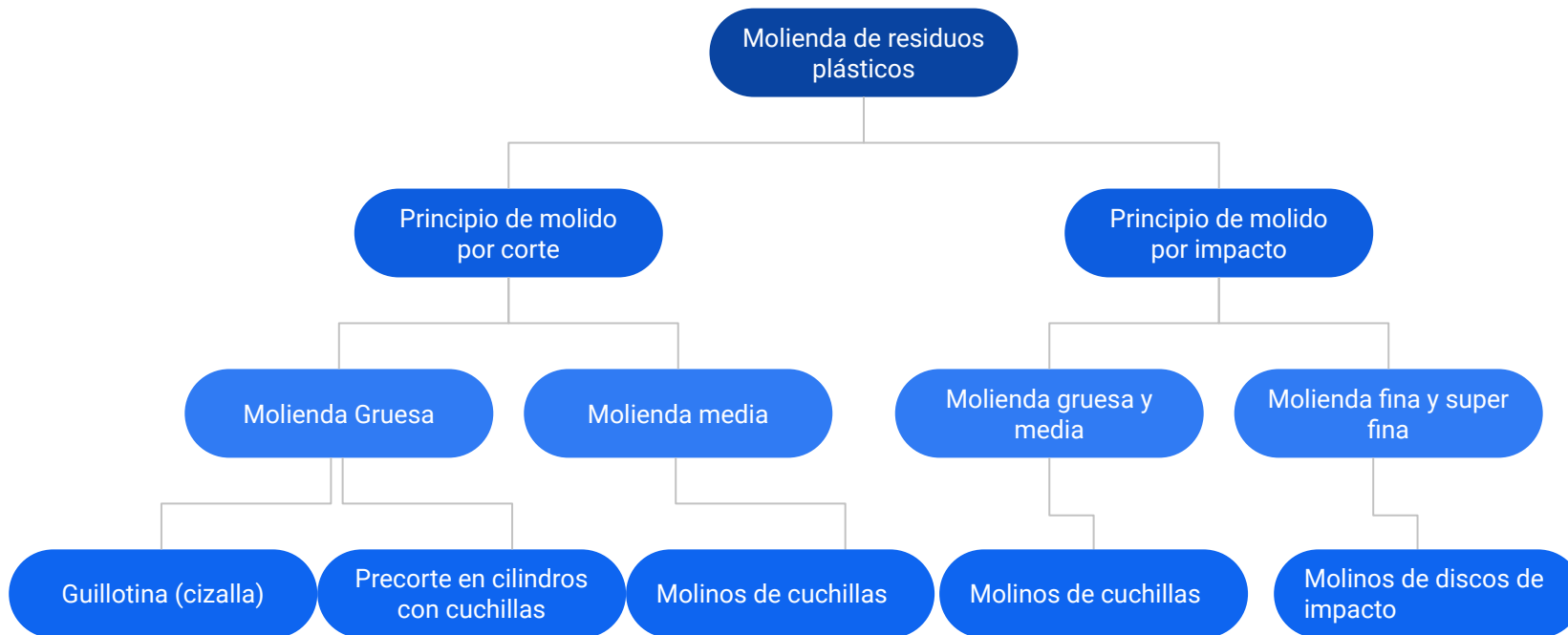
Secado

Equipo de triturado, lavado y secado



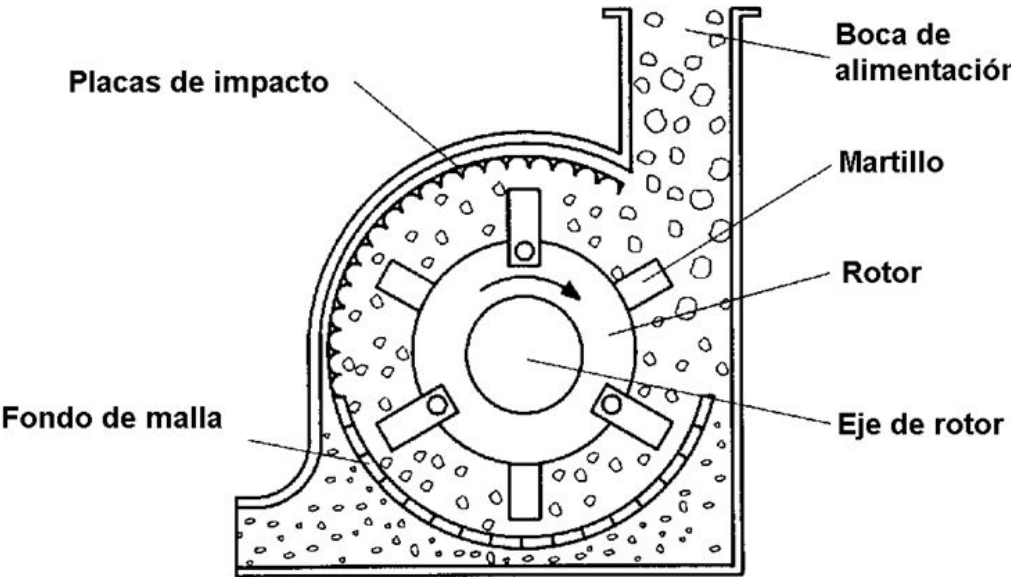
Reducción de tamaño

Equipos de molienda para reciclaje de plásticos



Reducción de tamaño

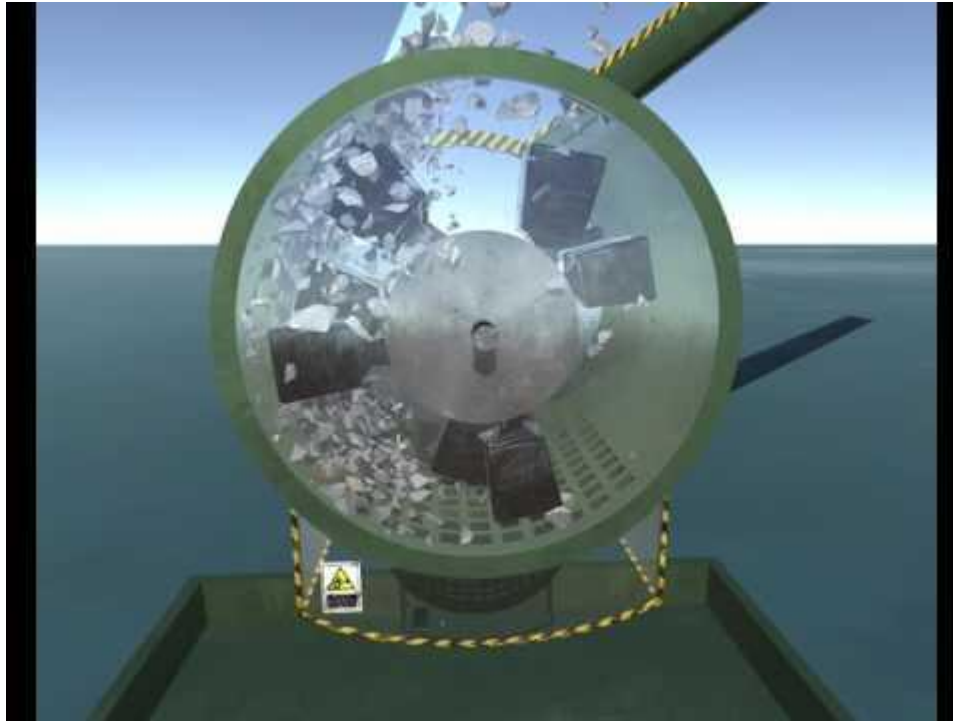
Corte en molino de Martillos



- 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.

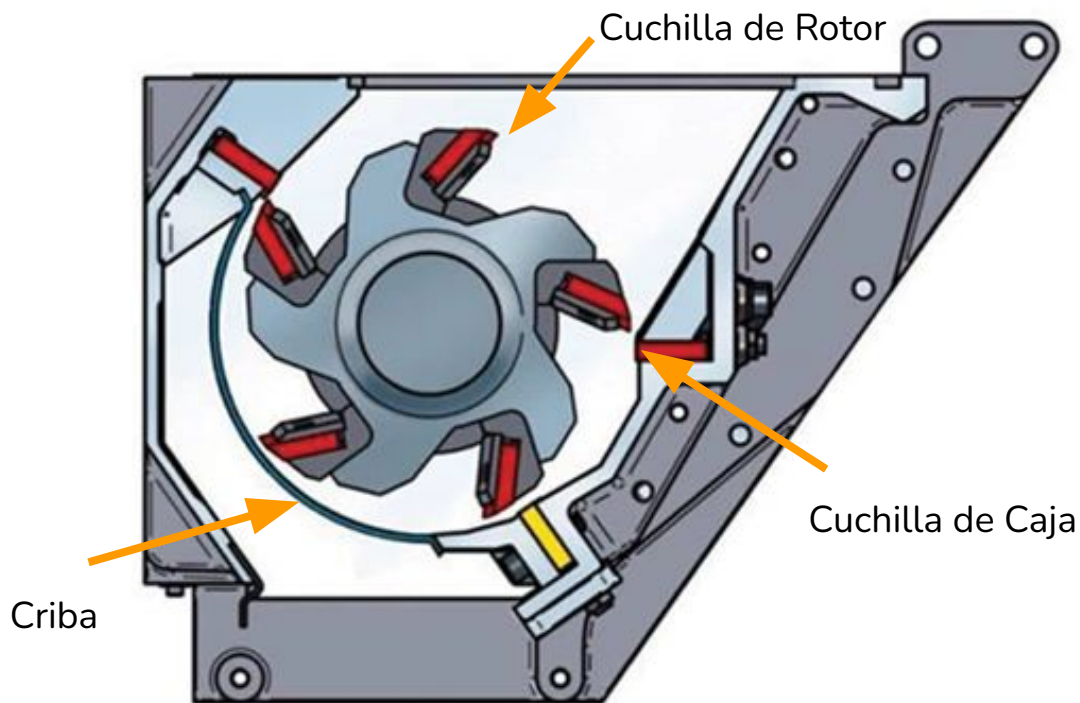
Reducción de tamaño

Corte en molino de Martillos



Reducción de tamaño

Corte en molino de cuchillas



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 cuchillas



Reducción de tamaño

Corte en molino de rodillos de corte

Boca de alimentación

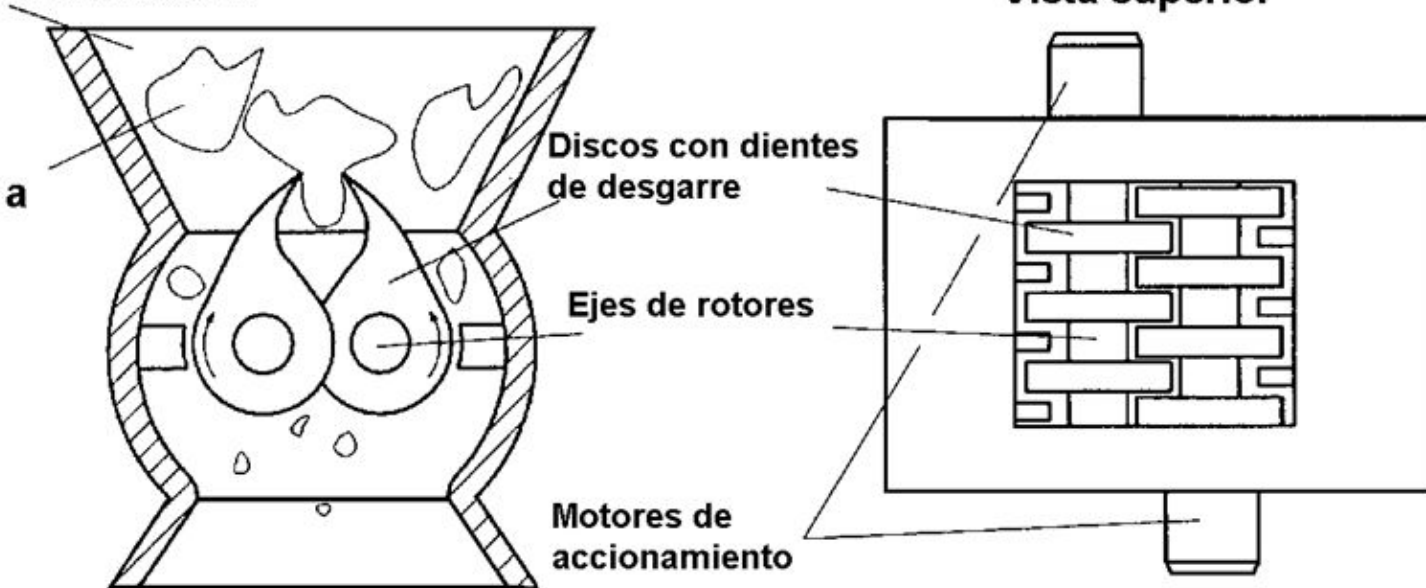
Material a moler

Discos con dientes de desgarre

Ejes de rotores

Motores de accionamiento

Vista superior





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

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



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

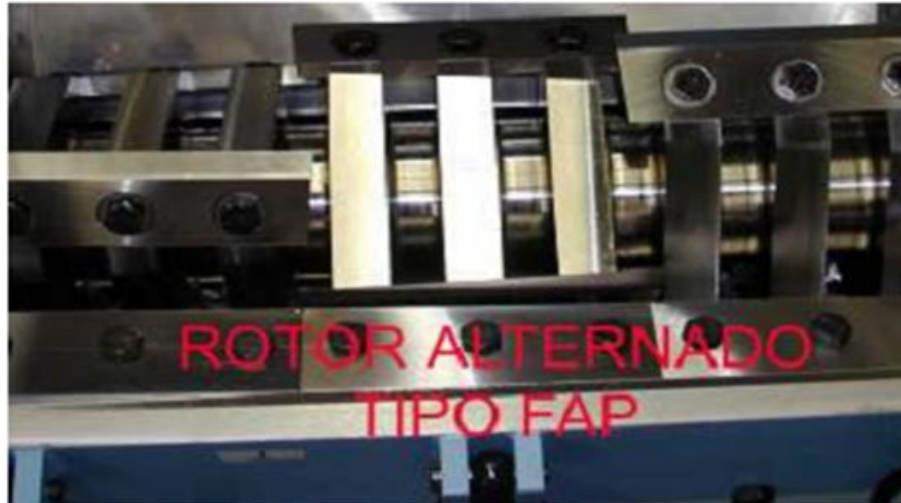


Reducción de tamaño

Rotor Alternado tipo FAP

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

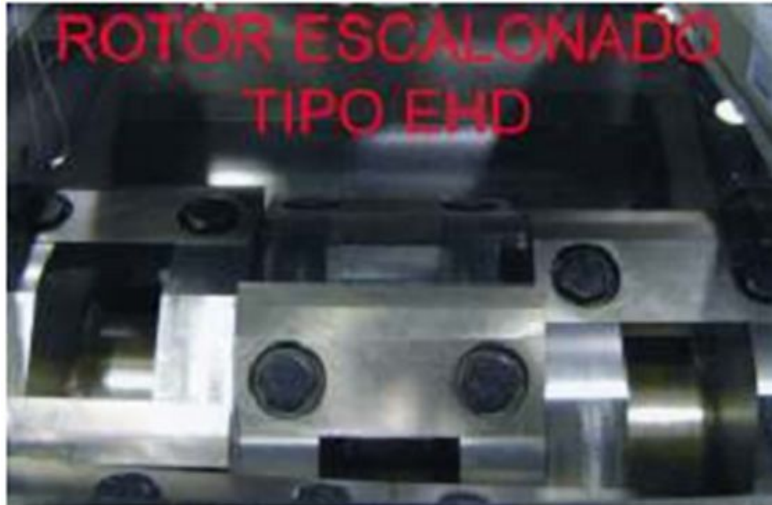
No se recomienda para espesores gruesos



Reducción de tamaño

Rotor escalonado EHD.

Es adecuado para moler purgas y productos gruesos de gran dureza



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



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”

Reducción de tamaño

Extrusora y trituradora en línea Epsilon

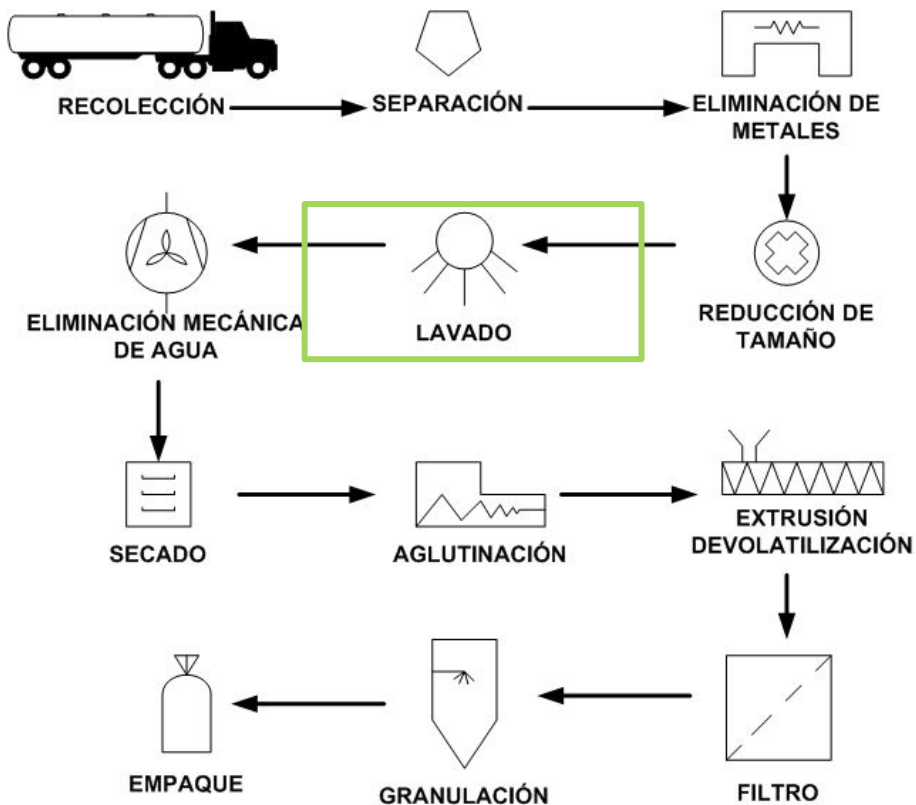


Para recortes gruesos de líneas de film soplado MDO de alta velocidad, con tecnología de tornillo de doble diámetro.

Producción 40 a 200 kg/h

Lavado

Cadena del reciclaje Mecánico



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

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.**

Ecurrir 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 escurrir y mediante la aspersion de agua.

Factores relacionados con el proceso	Factores relacionados con la contaminación	Factores relacionados con el líquido de lavado
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

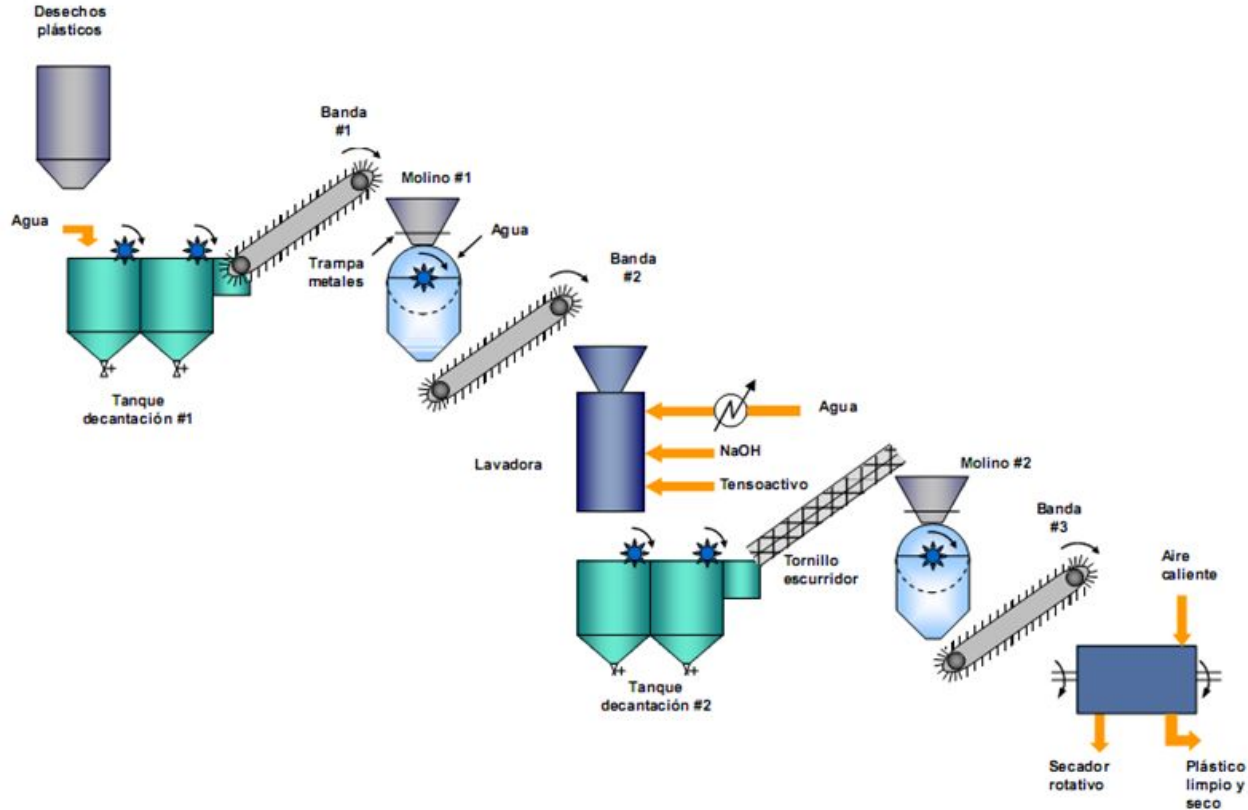
Lavado

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

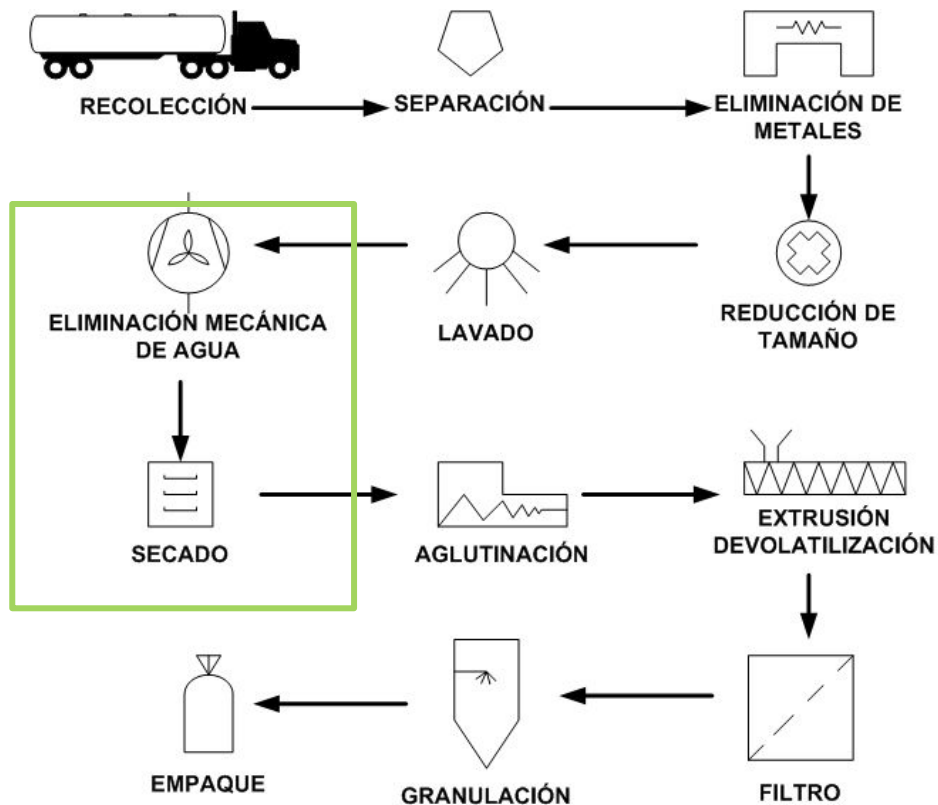
Esquema de la línea de lavado



Lavado

Eficiencia en el lavado





Mecánicos



Térmicos

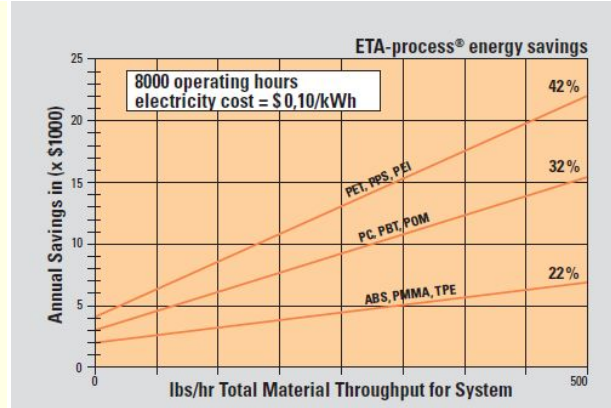
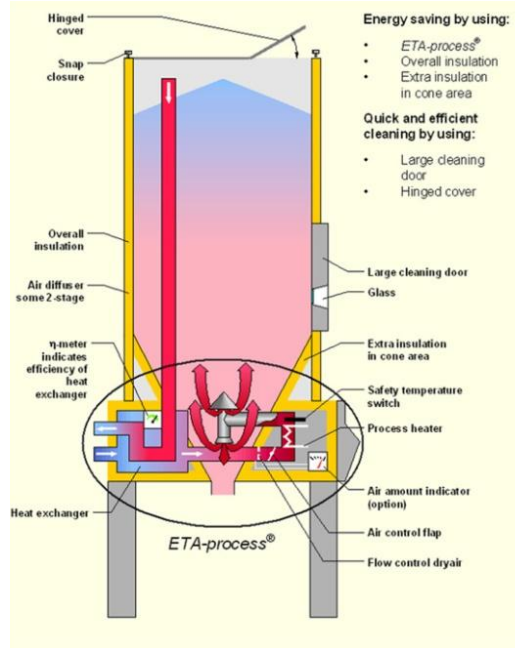


Fuente: <https://www.plasticrecyclingmachine.net/thermal-dryer/>

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



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

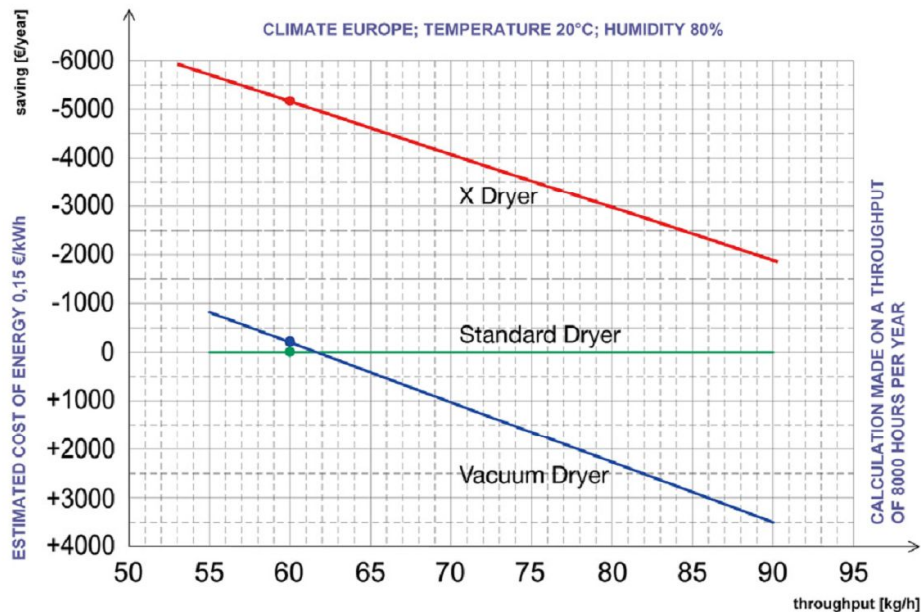


- En los sistemas convencionales se estiman pérdidas de energía del 47%. ETA-process® los puede reducir al 22%.
- El proceso de secado del aire reduce los requerimientos de enfriamiento logrando ahorros de energía totales superiores al 40%.



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

SAVING PER YEAR



REFERENCE DRYER WITH AIRFLOW CAPACITY OF 150 m³/h
MATERIAL: PEEK DRYING TEMPERATURE: 150°C

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



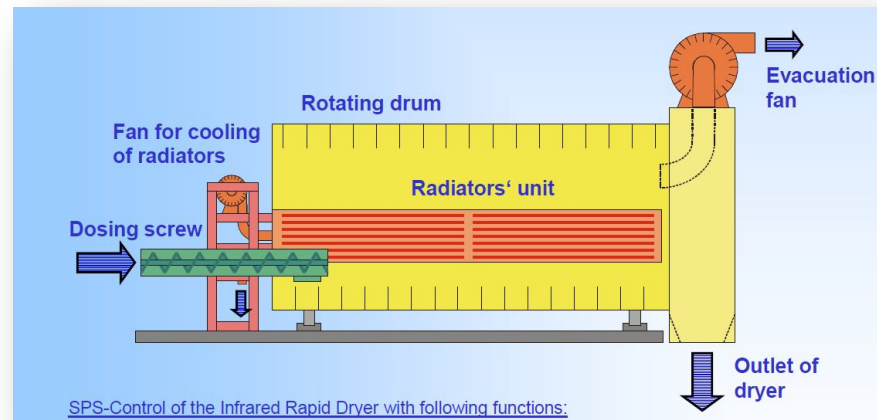
Hasta -70°C de temperatura de rocío.

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



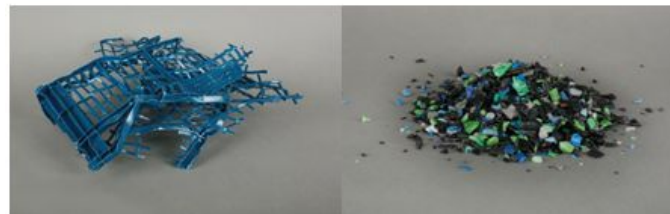
FILM / LDPE + LLDPE FILM PCR



PP BIG BAGS



PP BOXES / PO HARD PLASTICS

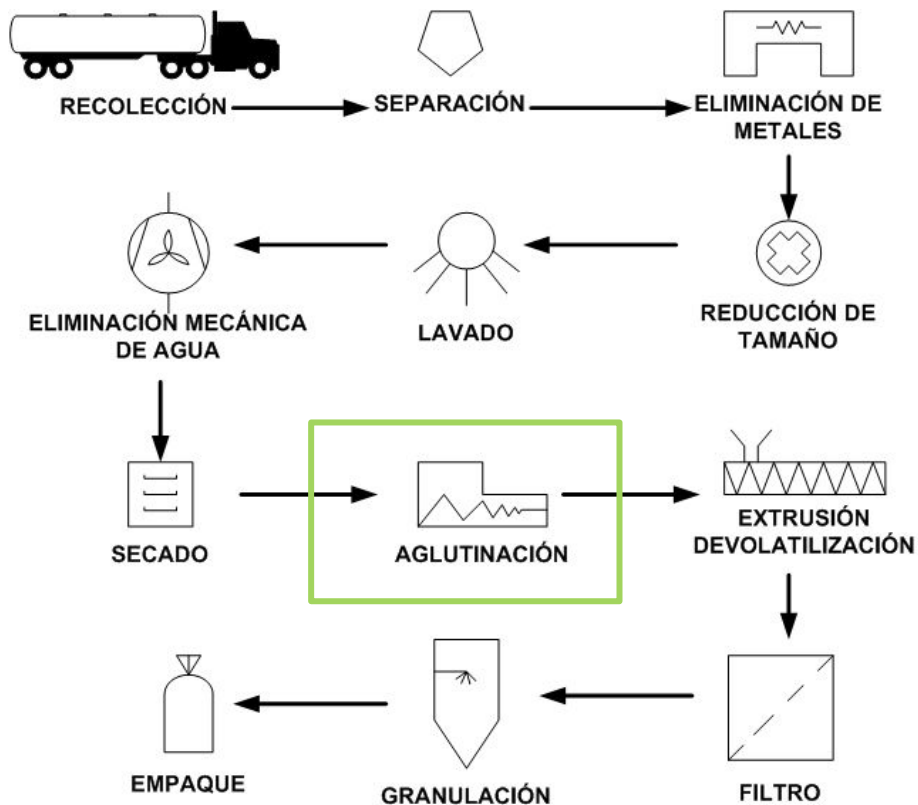


HDPE BOTTLES



Extrusión - Peletizado

Cadena del reciclaje Mecánico



- 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)

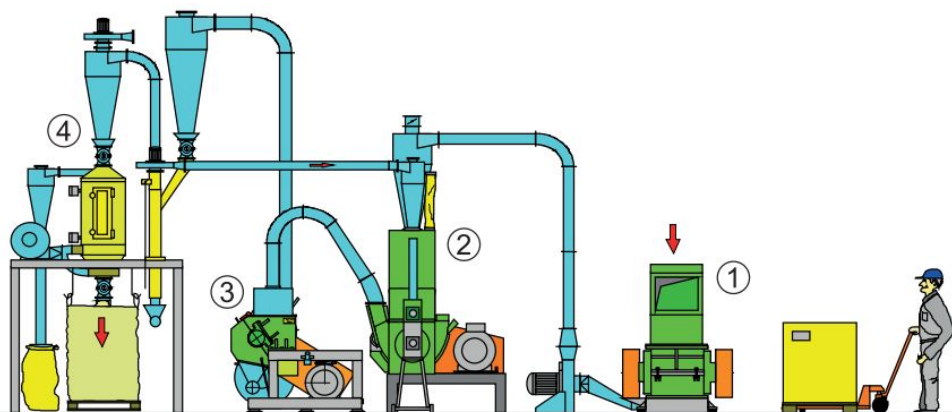


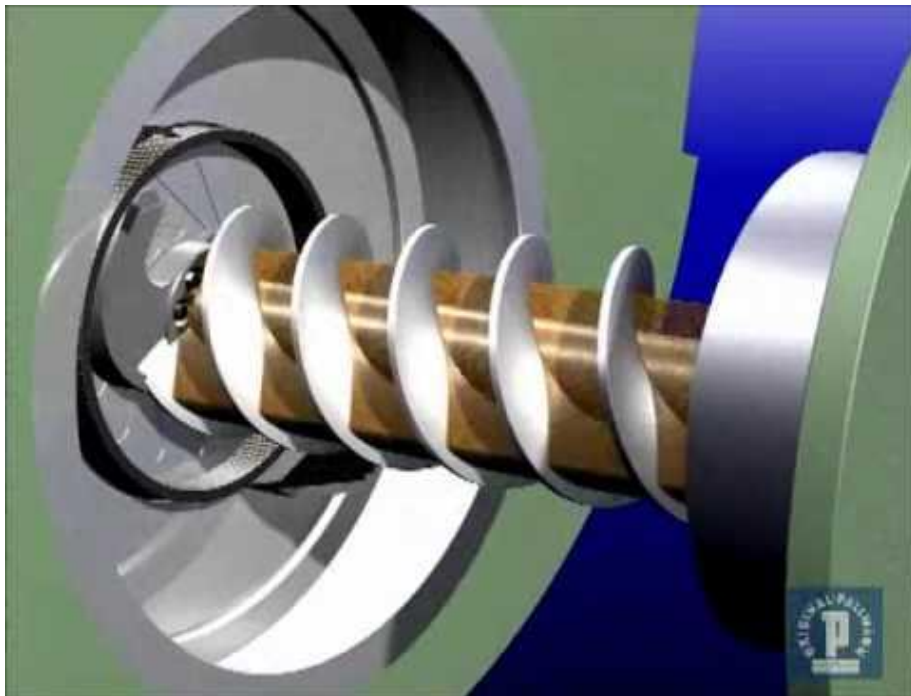




- Capacidad de 20 a 4000 kg/h (6 tamaños)
- Se alimenta material de 8-10 mm
- Operación automática y continua
- Sensores de nivel, presión y velocidad

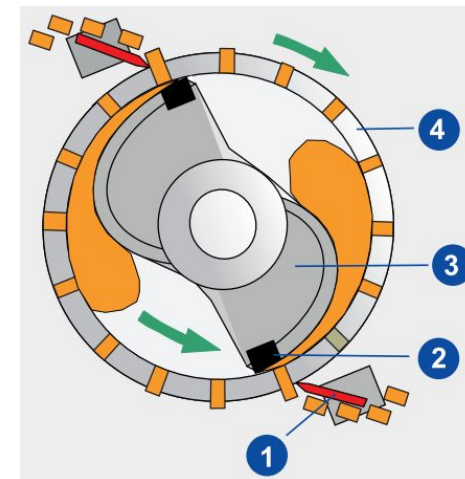
(1) Molino de cuchillas (2) **Agglomerador** (3) Granulador en caliente (4) Unidad de clasificación con aire frío





- 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



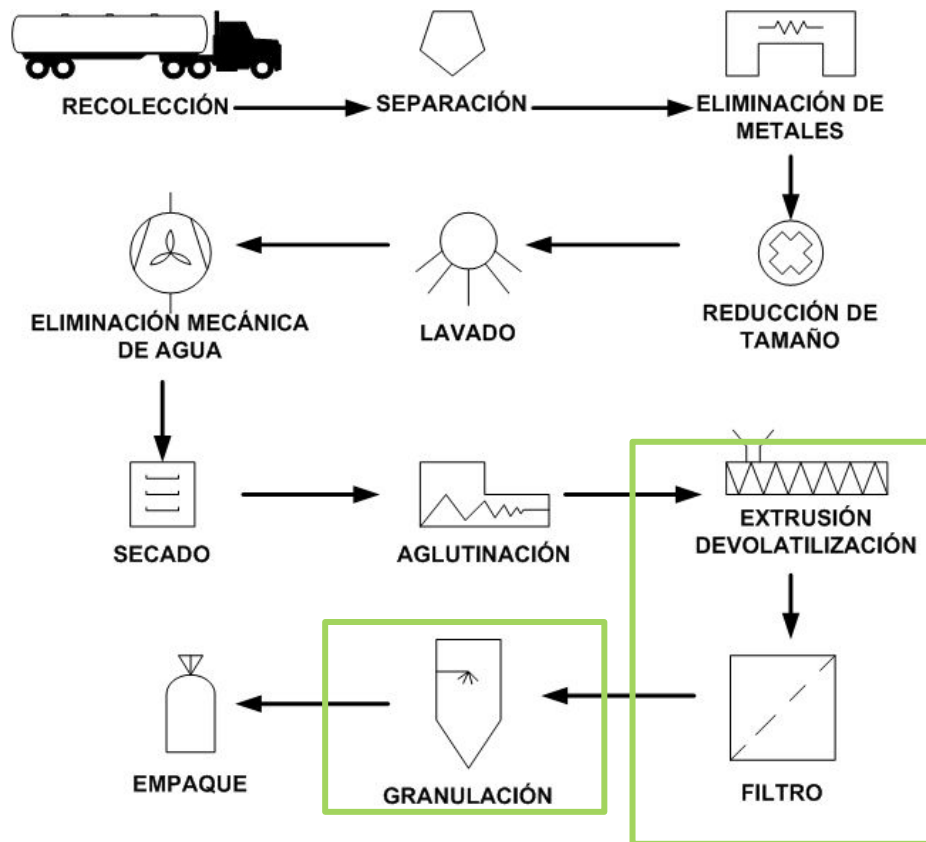
Película aglutinada



Película aglutinada y luego pasada por molino

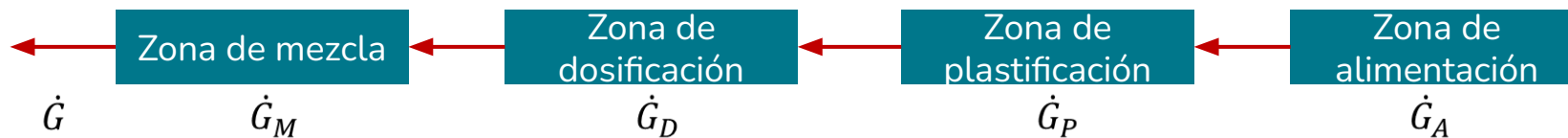
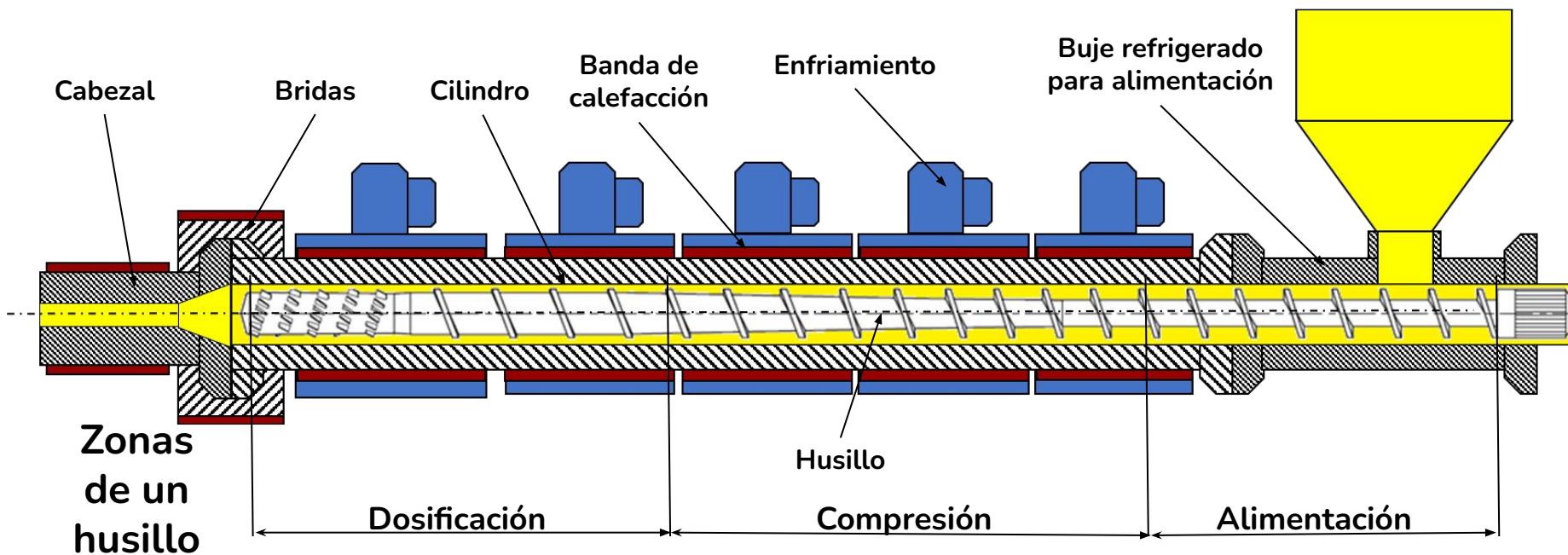
Aglutinado

Cadena del reciclaje Mecánico



Extrusión

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 ¹⁵⁹

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



Pellet esférico



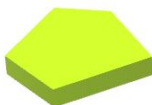
Pellet elipsoide



Pellet cilíndrico



Pellet cúbico



Trozo de película

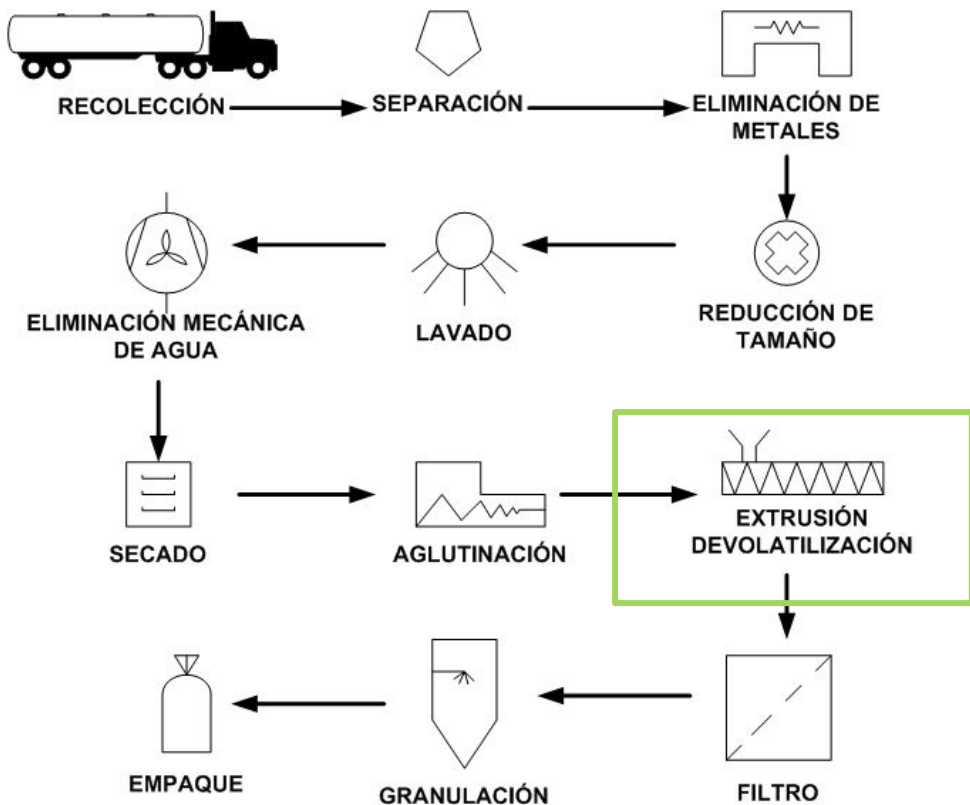


Pellet irregular

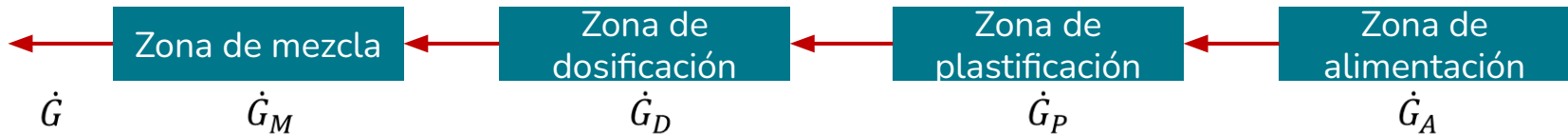
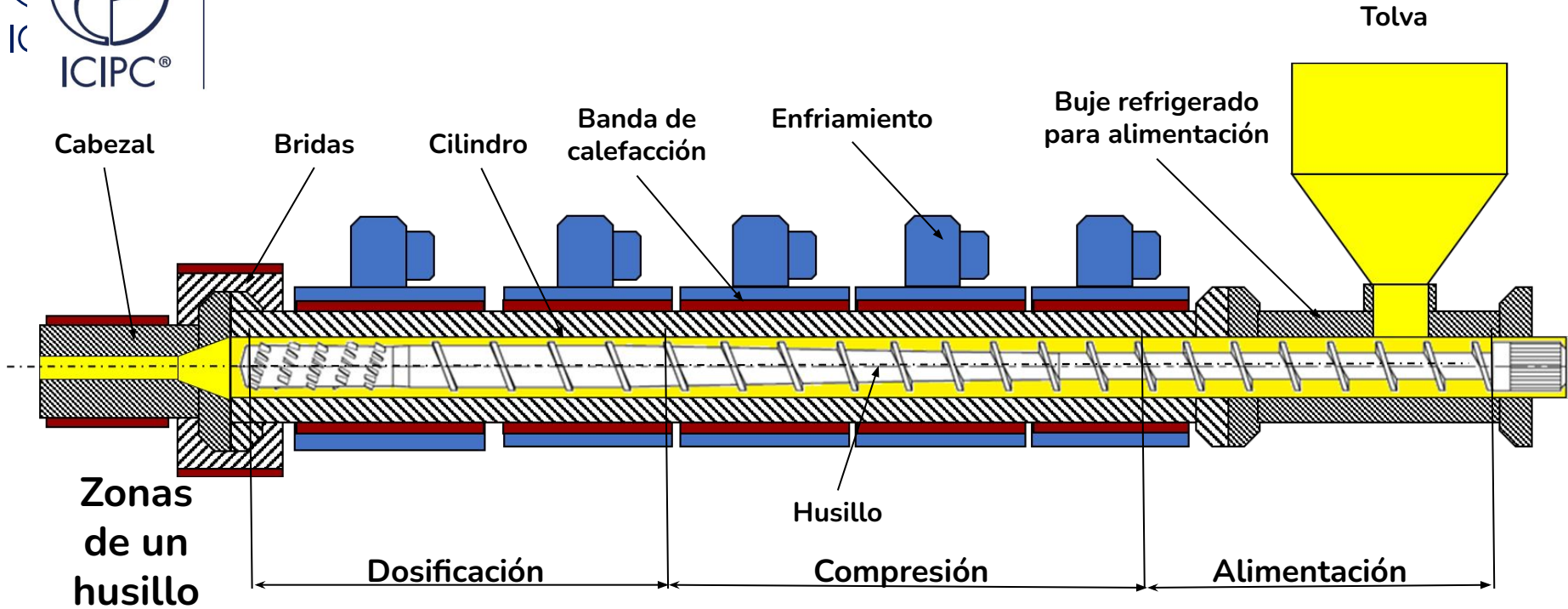
FORMA DEL MATERIAL, PE	DENSIDAD DE EMPAQUE [g/cm ³]	FLUJO MÁSICO [g/s]	G, FLUJO VOLUMÉTRICO [cm ³ /s]
En escamas	0.3	6.3	21
Gránulo cúbico	0.44	11.5	26
Gránulo cilíndrico	0.5	12	24
Gránulo esférico	0.55	12.6	23

Extrusión

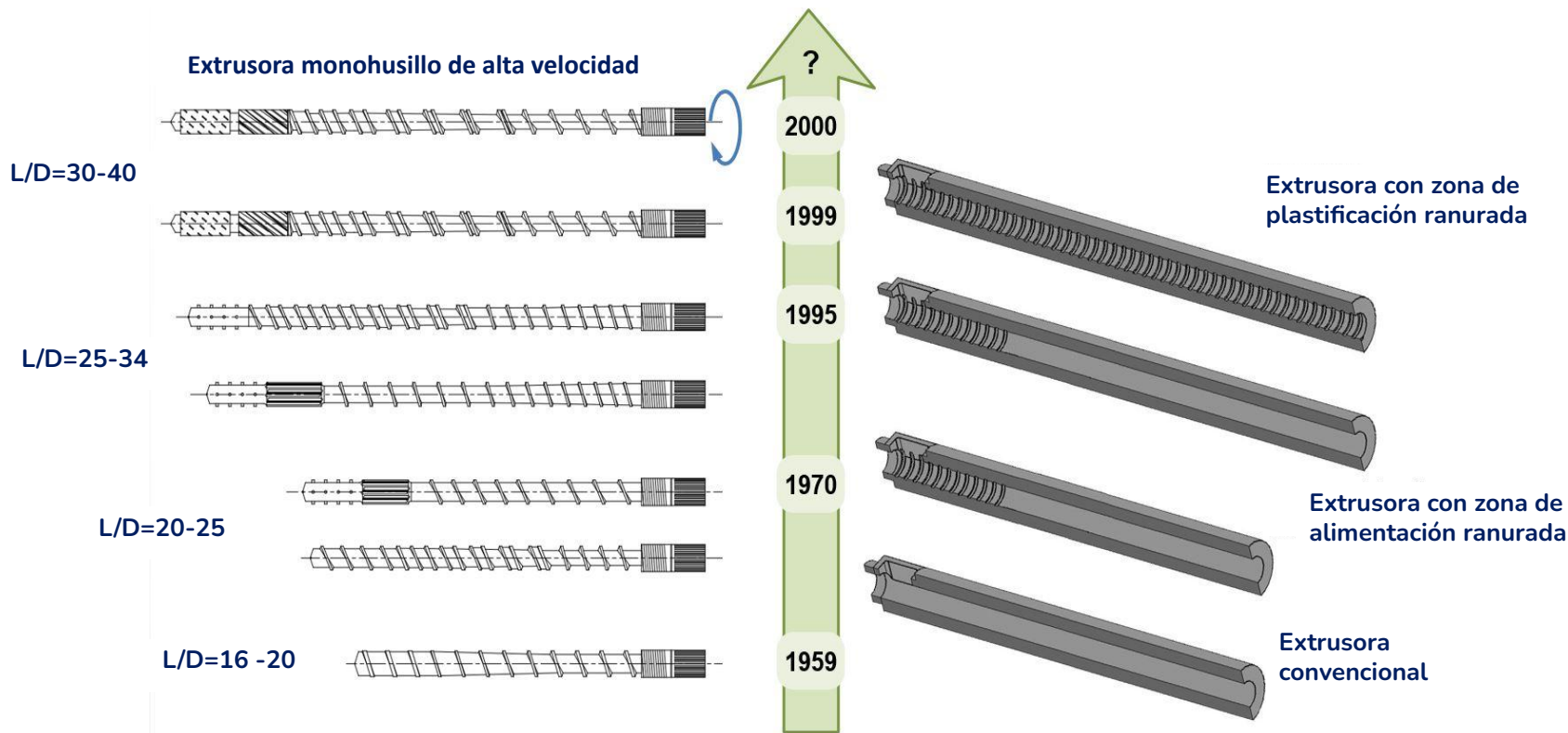
Cadena del reciclaje Mecánico



Zona de alimentación del husillo

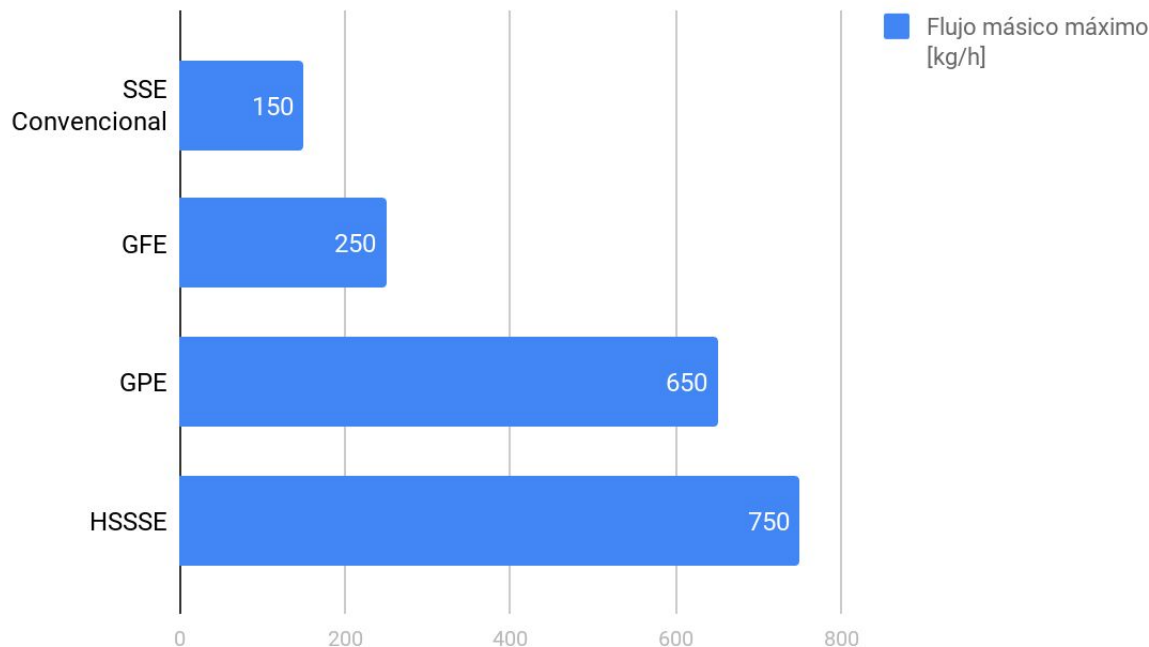


Evolución de las unidades de plastificación monohusillo



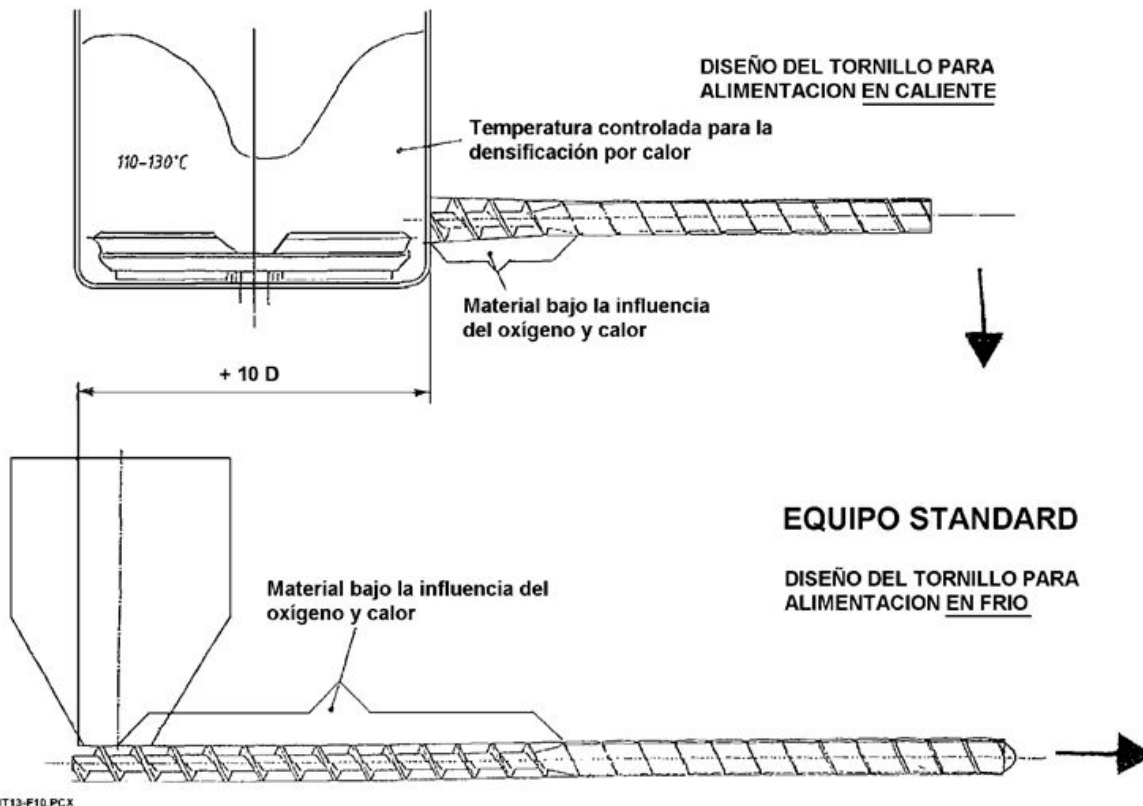
Comparación de unidades de plastificación de 75mm de diámetro con HDPE

Rendimiento esperado de diferentes unidades de plastificación



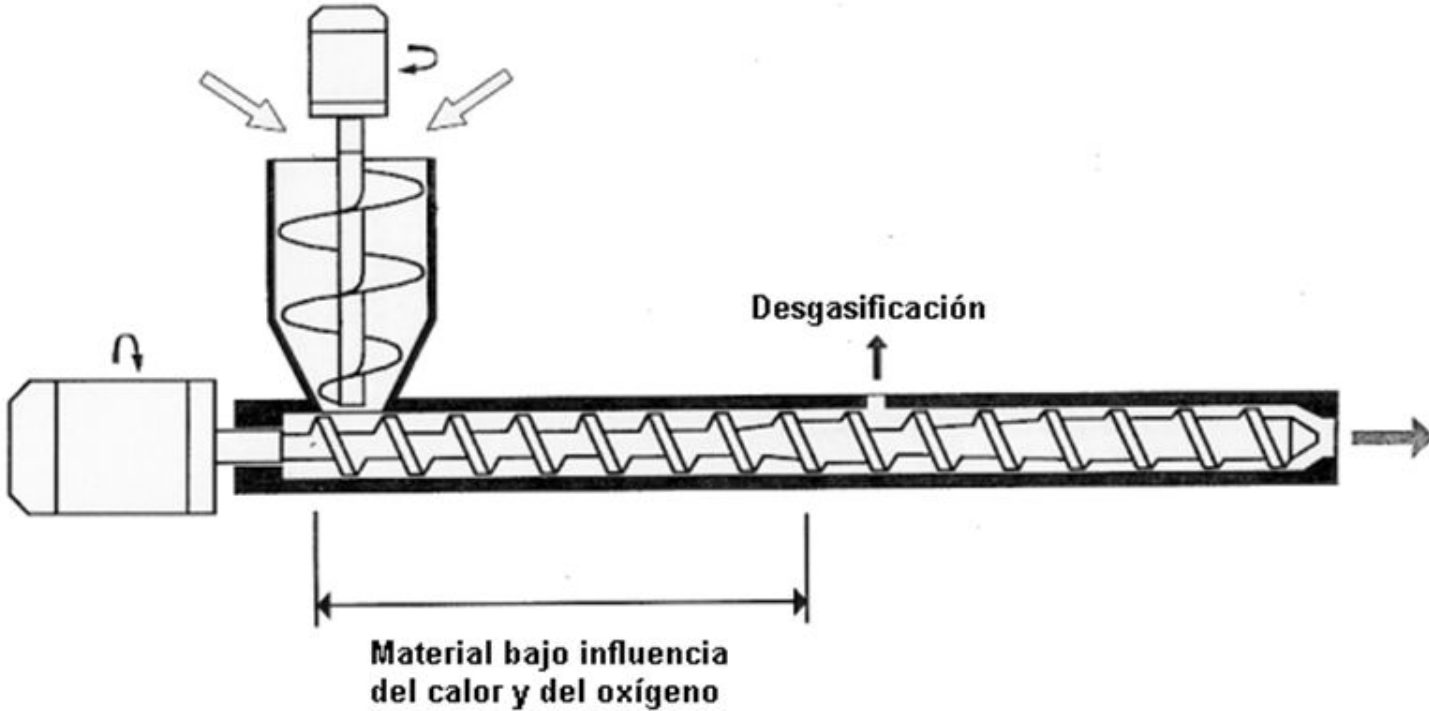
Extrusión

Sistemas de alimentación en extrusión

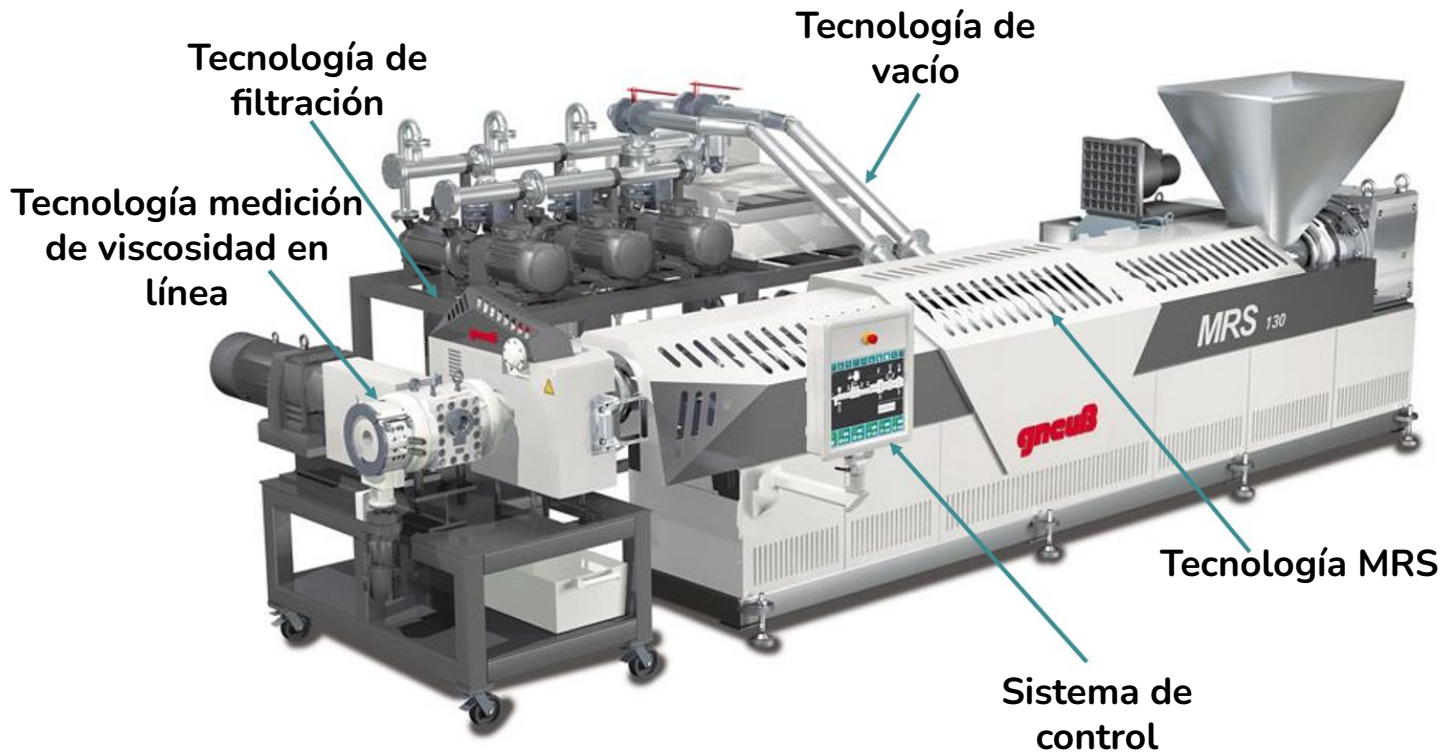


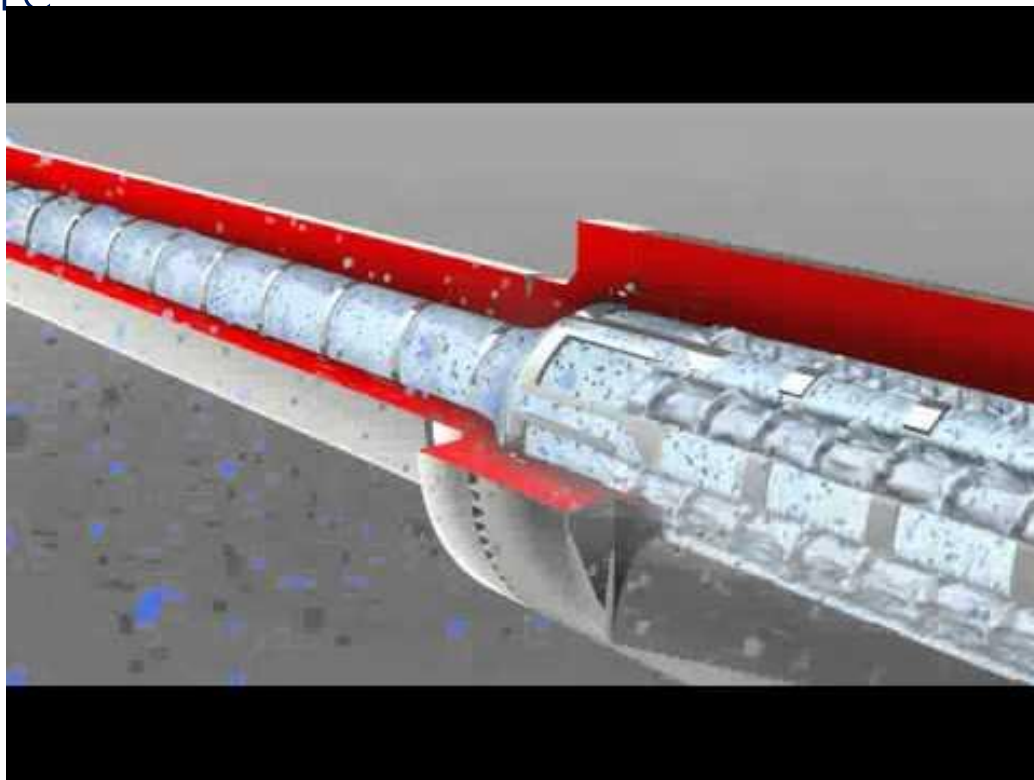
Extrusión

Sistemas de alimentación en extrusión






Extrusora MRS -Gneuss





Y si no hay que secar?

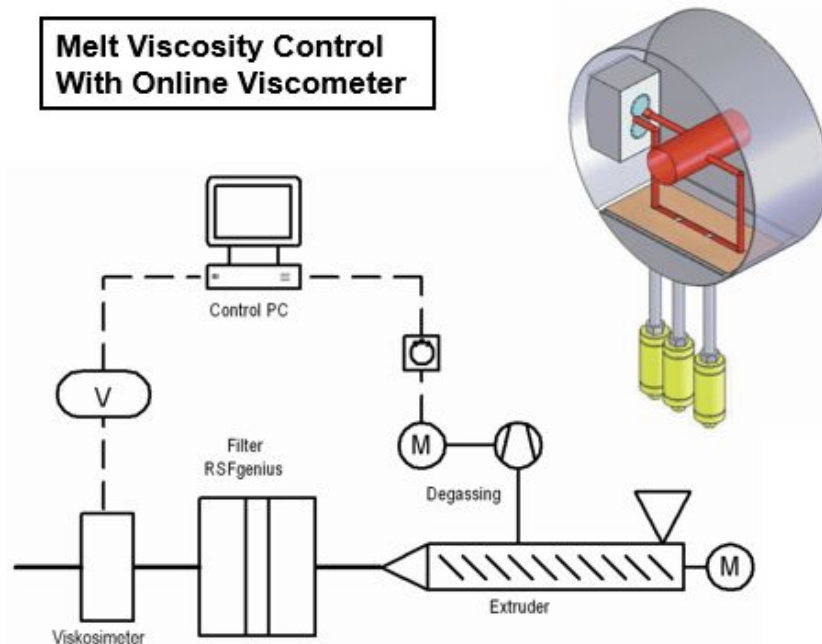
	Extrusora monohusillo	Extrusora doblehusillo	MRS
			
Superficie (cm ²)*	100 %	150 %	450 %
Intercambio de superficie (m ² /min)*	100 %	200 %	5.000 %
Volumen libre (cm ³)*	100 %	150 %	300 %

GNEUSS-F03.JPG

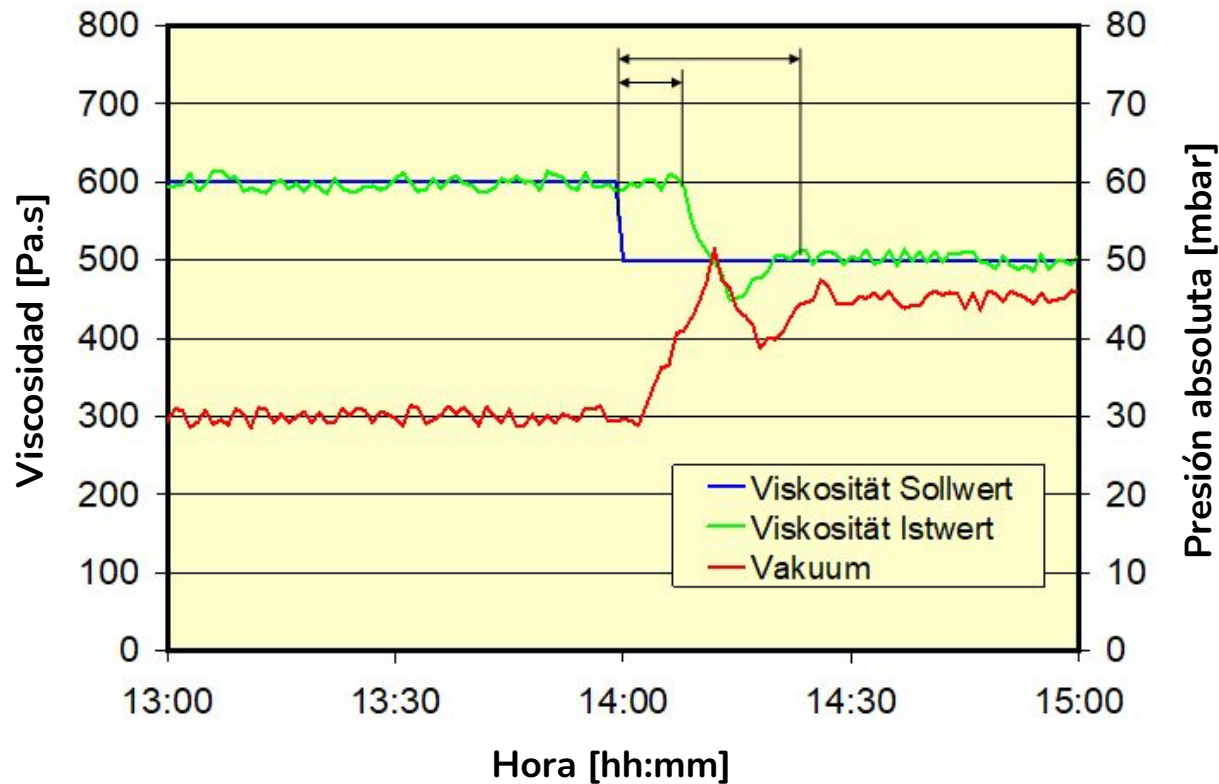
Secado de PET:
SECs= 0.15 – 0.35
kWh/kg

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

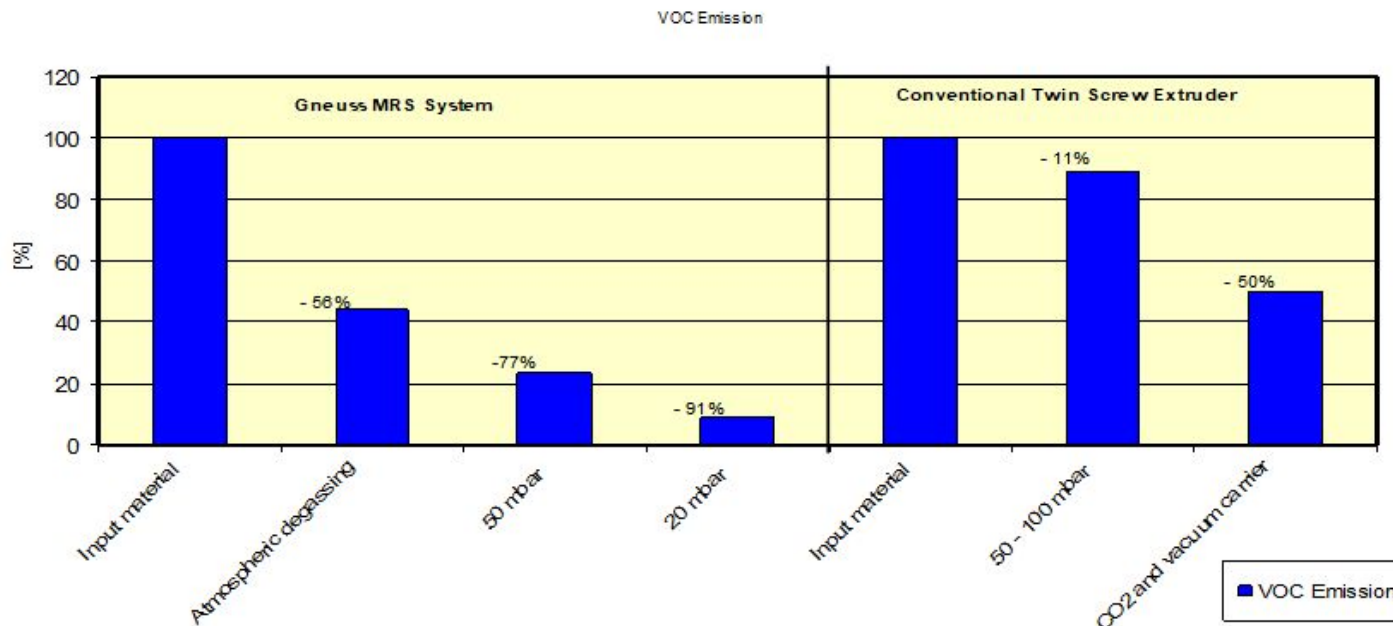
Viscosímetro en línea



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*

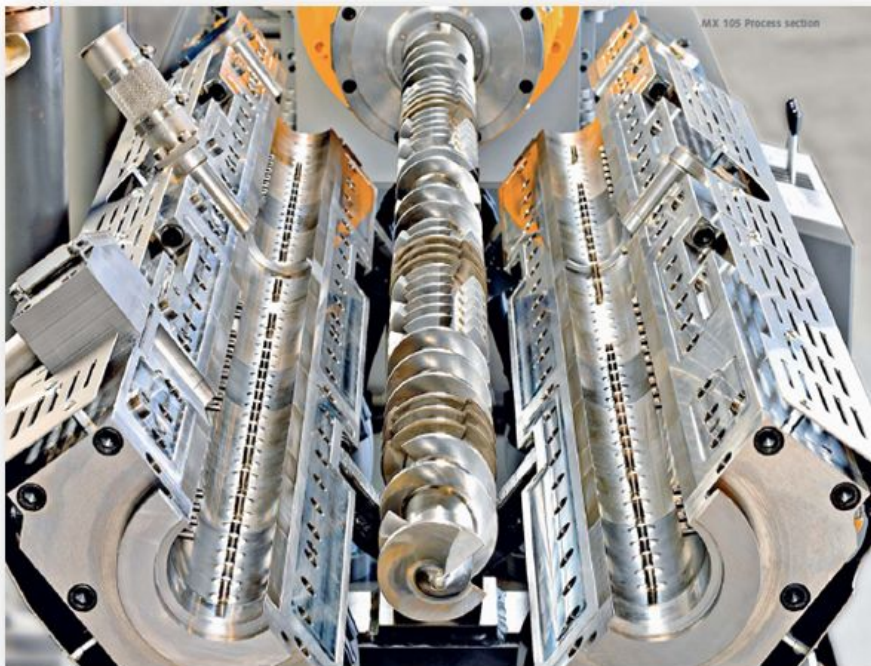


Extrusora Tandem



Husillo amasador oscilante

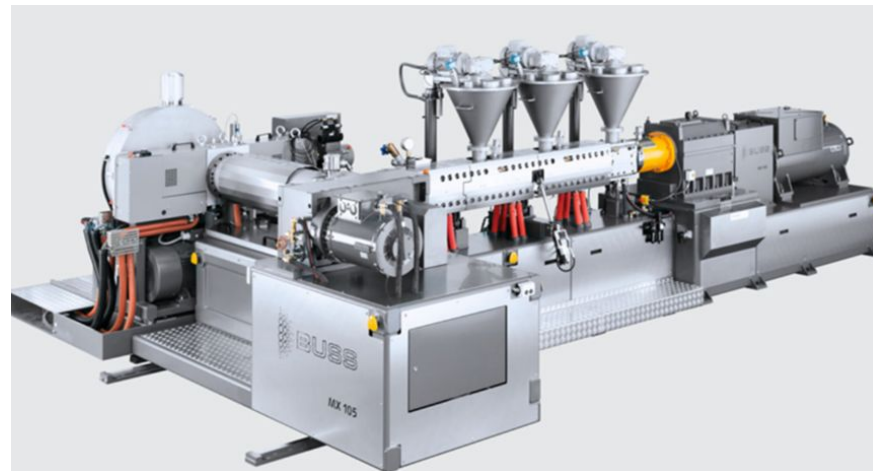
Extrusoras oscilantes BUSS Kneader



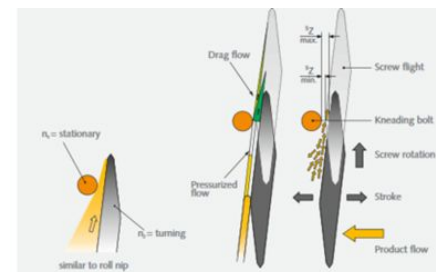
- Excelente para preparación de compuestos y mezclas.
- Alta productividad.
- Distribución de tiempo de residencia estrecho.
- Velocidades de rotación hasta 700 r.p.m.
- Cambios rápidos de color.
- Menor consumo de energía específica.

Husillo amasador oscilante

Extrusoras oscilantes

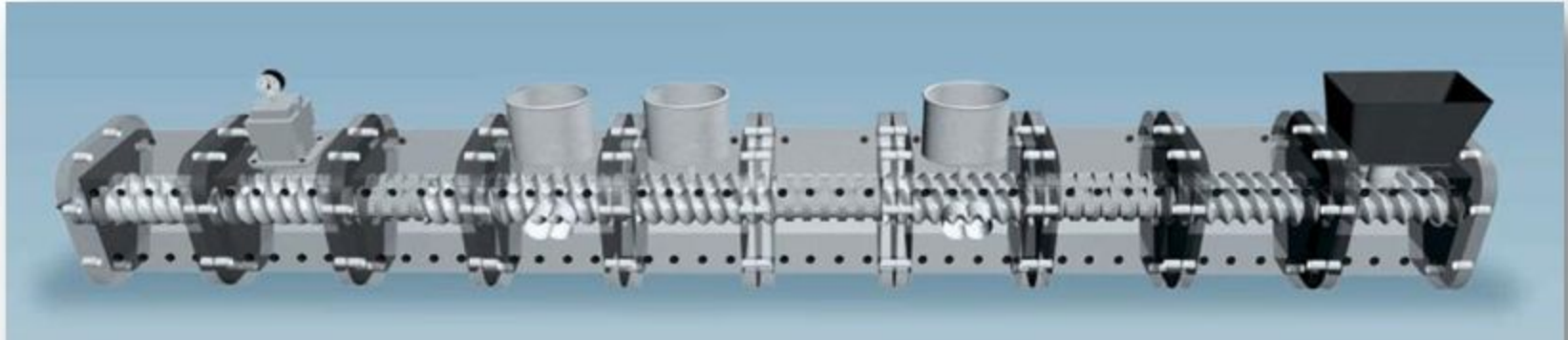


Requiere configuración en cascada para ofrecer un flujo estable.



Extrusora doble husillo (EDH)

Doble husillo

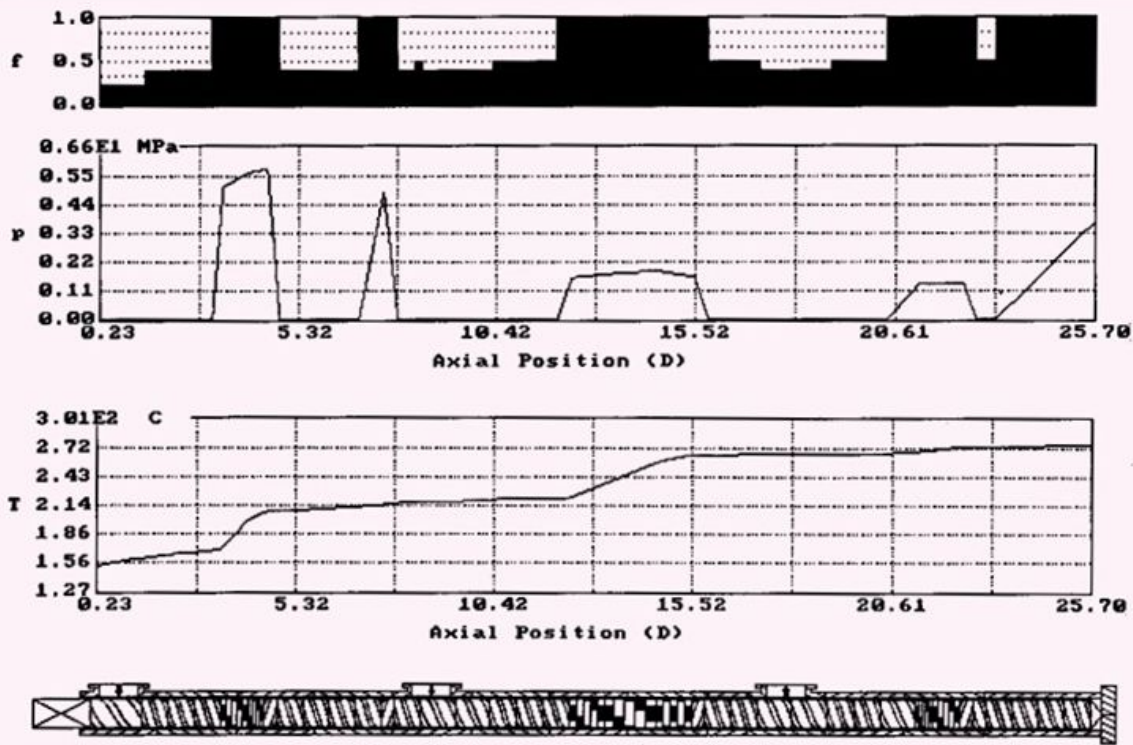


Extrusora doblehusillo



Dinámica del proceso de extrusión doble husillo

Doble husillo - Extrusoras que trabajan parcialmente llenas



Tratamientos especiales

HOME AND
HEALTHCARE
PACKAGING

MADE OUT OF
100%
POST
CONSUMER
RECYCLATE



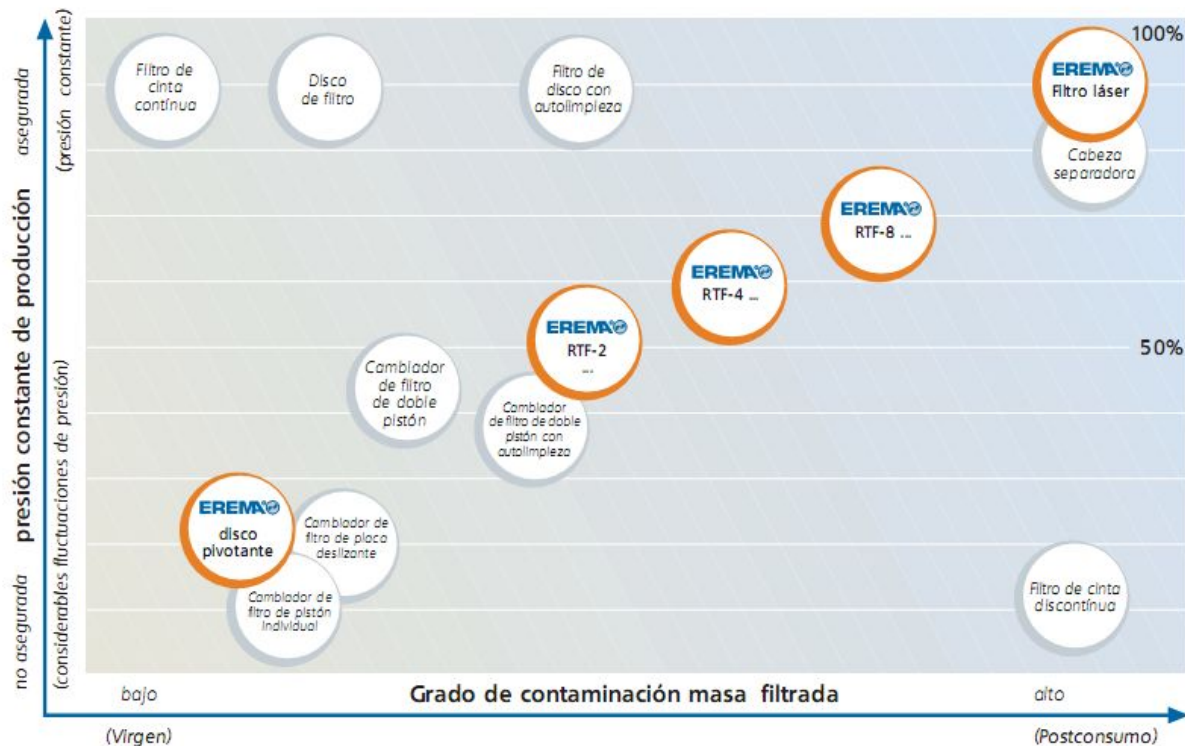
ViscoSTAR
Incremento de la
viscosidad intrínseca
para reciclaje
botella a botella



Filtración

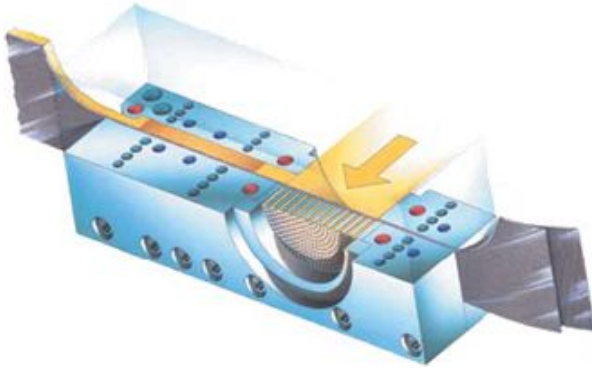
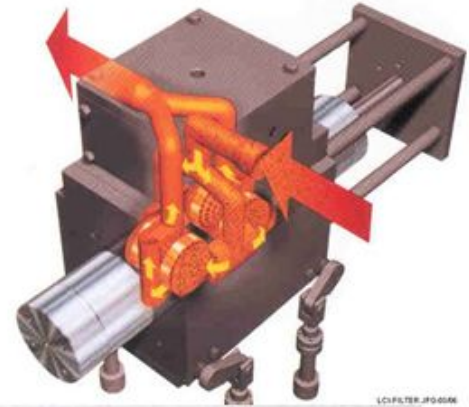
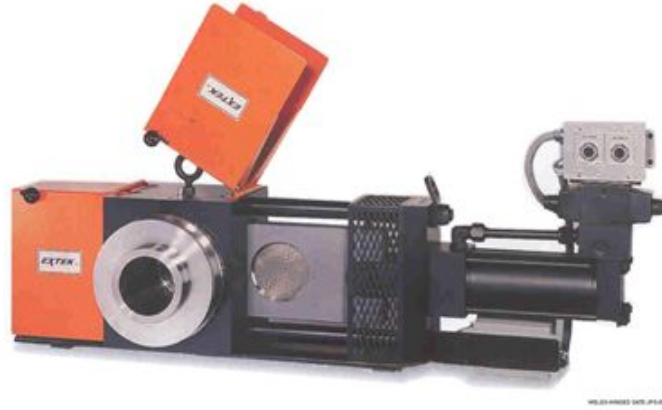
Filtración

Filtración de masa fundida - Tipos de filtro



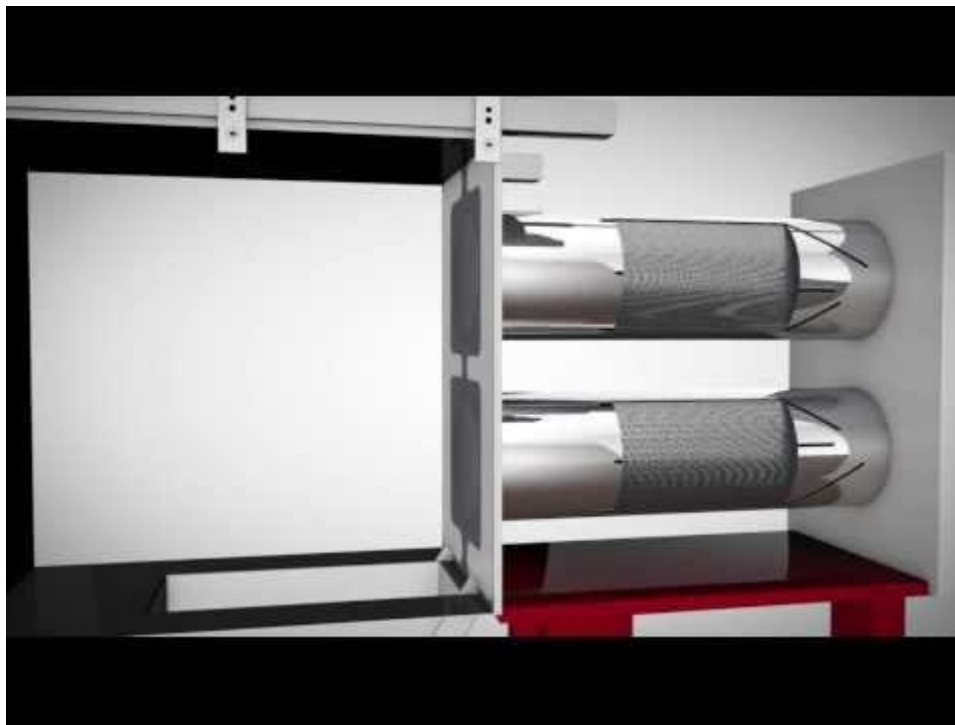
Filtración

Filtración de masa fundida

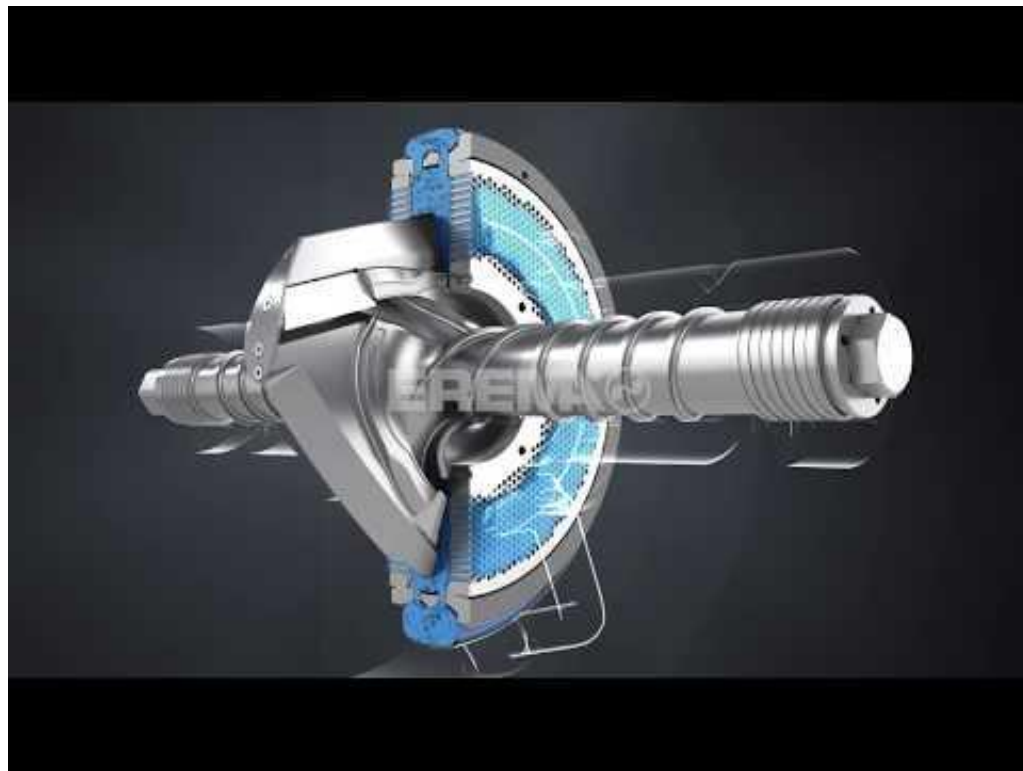
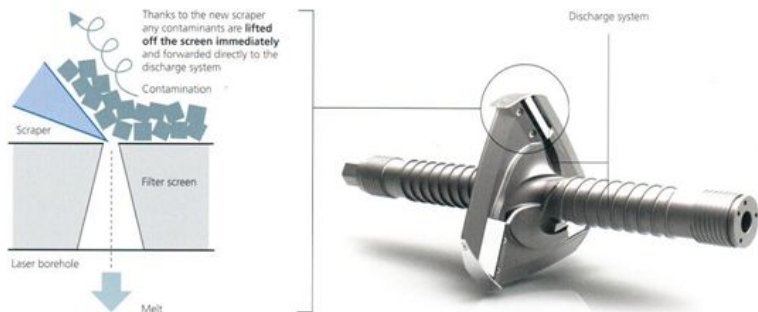


Filtración

Filtración continua

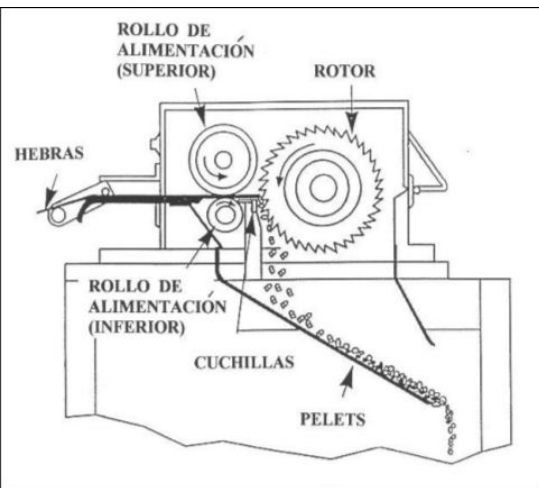


Disco con más de 1,000,000 de perforaciones cada una de 100 μm , fabricado en un metal de alta dureza.

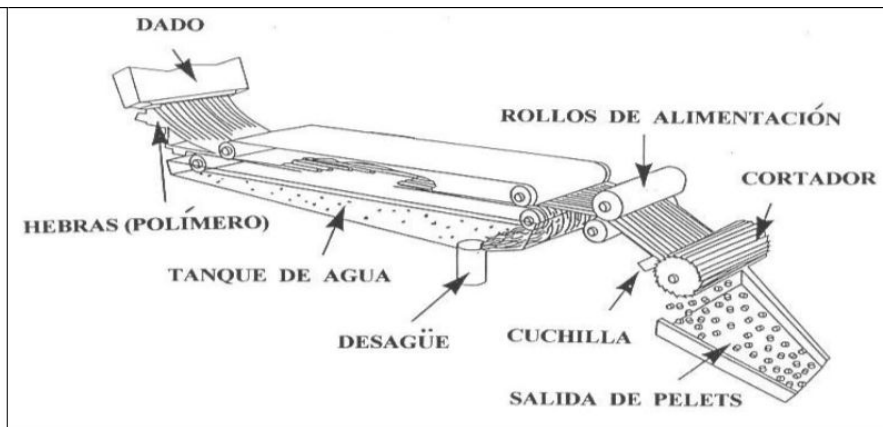


Peletizado

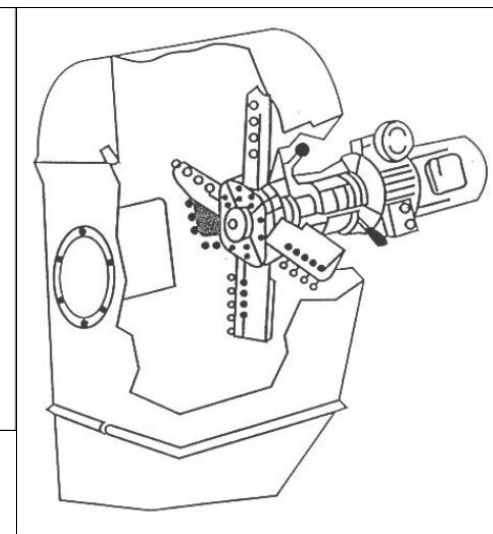
Tipo Hebra



Tipo Hebra forzada

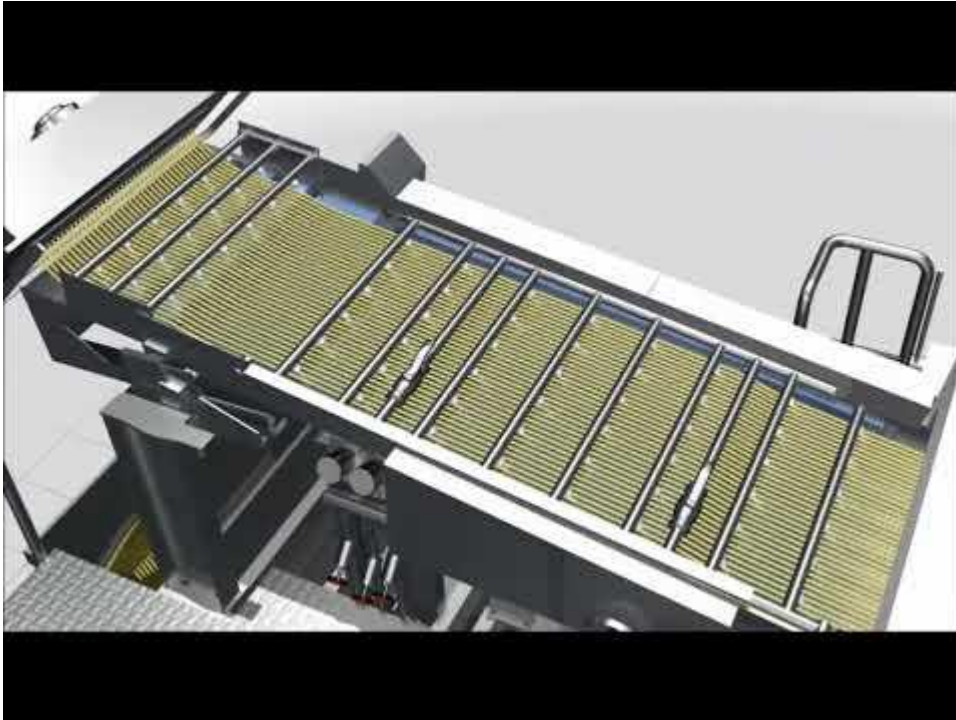


Aire





- 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



- 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

Control de Calidad

FICHA TÉCNICA

Una ficha técnica, hoja técnica u hoja de datos (datasheet en inglés), también ficha de características u hoja de características, es un documento que resume el funcionamiento y otras características de un componente

CERTIFICADO DE CALIDAD POR LOTES

La **certificación de los lotes** producción comprende la toma de una muestra a un lote debidamente identificado al cual se le realiza una serie de ensayos, y de acuerdo a los resultados ver si están conformes con las especificaciones Técnicas.

MATERIAL: GAIA – PS-C 7 - Cristal

Descripción General: Compuesto polimérico proveniente de RAEEs, seleccionado de fuentes controladas principalmente neveras con contenido mayoritario de Poliestireno cristal- PS-C y libre de retardardantes de llama bromados de color transparente.

Por sus características de fluidez es adecuado para los procesos de inyección para ser usado puro o en combinación con PS o HIPS virgen.

Usos:

- Piezas inyectadas plásticas de larga vida útil
- Posibilidad de modificar sus propiedades y ajustarlas dependiendo de la aplicación

Beneficios

- Reducción del impacto ambiental

Propiedades

Nota: Los valores presentados son típicos y no pretenden que sean usados para especificar productos.

Propiedad	Norma	Unidades	Valor
Modulo Secante	ASTM D638	MPa	2911
Resistencia a la Tensión	ASTM D638	MPa	45.3
Elongación en la fractura	ASTM D638	%	2.12
Índice de Fluidez – MFI	ASTM D1238	g/10min 230°C/3.8 Kg	6.67
Resistencia al Impacto	ASTM D256	kJ/m ²	15.5
Densidad	ASTM D792	g/cm ³	1.093
Cenizas en mufla	interna	%	>0.5

Para su procesamiento, se recomienda usar temperaturas entre 200°C – 210°C

Debido a la naturaleza de la fuente, no se recomienda su uso para artículos en contacto con alimentos.

MATERIAL: GAIA – PP 18 - Black

Descripción General: Compuesto polimérico con contenido mayoritario de Polipropileno - PP proveniente de RAEEs, seleccionado de fuentes controladas principalmente cajas de filmas, el material se encuentra libre de retardardantes de llama Bromados de color Negro.

Por sus características de fluidez es adecuado para los procesos de inyección para ser usado puro o en combinación con PP virgen o sus copolímeros.

Usos:

- Piezas inyectadas plásticas de larga vida útil
- Posibilidad de modificar sus propiedades y ajustarlas dependiendo de la aplicación

Beneficios

- Reducción del impacto ambiental

Propiedades

Nota: Los valores presentados son típicos y no pretenden que sean usados para especificar productos.

Propiedad	Norma	Unidades	Valor
Modulo Secante	ASTM D638	MPa	1089.6
Resistencia a la Tensión	ASTM D638	MPa	19.38
Elongación en la fractura	ASTM D638	%	159.2
Índice de Fluidez – MFI	ASTM D1238	g/10min 230°C/2.16 Kg	18
Resistencia al Impacto	ASTM D256	kJ/m ²	122.8
Densidad	ASTM D792	g/cm ³	0.891
Cenizas en mufla	interna	%	<0.5

Para su procesamiento, se recomienda usar temperaturas entre 220°C – 240°C

Debido a la naturaleza de la fuente, no se recomienda su uso para artículos en contacto con alimentos.

Información Técnica



LDPE XB 81810.34

Poliétileno de Baja Densidad

DOW LDPE XB 81810.34 es un Poliétileno de Baja Densidad producido mediante el proceso de Alta Presión. Esta resina presenta buen balance de propiedades ópticas y mecánicas. Se caracteriza por su buena procesabilidad.

Principales Características

- Película para envasado automático
 - Película para laminación
 - Película para pañales
 - Bolsas de uso general
 - Cumple con regulación FDA 21 177.1520(c)(2.1)
- Verifique la regulación para detalles completos

Propiedades ⁽¹⁾	México	Inglés	S.I.
Tarzas de la resina			
Índice de Fluidez (Z) @190°C/2.16 kg, g/10 min	ASTM D 1208	2.0	2.0
Densidad, g/cm ³	ASTM D 792	0.9230	0.9230
Película, 50 µm			
Resistencia al Puncionado, f @60°C, (g/cm ²)	M8340 Low	48	3.8
Resistencia al Impacto, g Método A	ASTM D 1706	56	90
Resistencia al Riego Directo, g Método A	OM ASTM D 1822	364	304
	DT	383	306
Tensión en el Límite Elástico, psi (MPa)	OM ASTM D 882	1195	11
	DT	1453	10
Tensión en la Ruptura, psi (MPa)	OM ASTM D 882	2199	19
	DT	2901	20
Elongación en la Ruptura, %	OM ASTM D 882	783	582
	DT	969	719
Módulo Secura en 2%, psi (MPa)	OM ASTM D 882	2438	168
	DT	2642	182
Eño, 43"	ASTM D 1402	74	74
Densidad, %	ASTM D 1505	7.9	7.9

Condiciones de Procesamiento para Película Sopladá:

- Luz de Lluvia: 0.9 mm
- Temperatura de Maza: 220 °C
- Relación de Sopladá: 2.5:1
- Velocidad 80 Tonelá: 42 rpm
- Perfil de Temperatura: 180°C - 200°C - 210°C

(1) Valores típicos, no deben considerarse como límite de especificaciones. Estos valores deben ser confirmados por el cliente a través de sus propios ensayos.



Quality Control Test Certificate

Sample Point 2 Test Results

Certificate Number:	QCC-11-213	Version:	1
Grade:	CLINICAL		
Sample ID:	RC-15 P248 CS		

Assay	Test Method	Roslin Cells Assay Code	Date of Assay	Result	
Mycoplasma Detection	RT-qPCR (SOP/QCP/22)	MYCO-11-004	13 Apr 11	Not Detected	
Endotoxin Detection	Kinetic Chromogenic LAL (SOP/QCP/12)	ENDO-11-008	18 Apr 11	1.39 EU/ml	
Viral Screening*	PCR (GMV,HTLV1,HIV1,HCV, HBV,EBV) (SOP/QCP/66)	N/A	21 Apr 11	Not Detected	
Karyotype*	G-banding (SOP/QCP/51)	N/A	18 Apr 11	47, XX, +8(8)/46,XX(21)	
Pluripotency / Differentiation	Flow Cytometry (SOP/QCP/25)	FLOW-11-005	20 Apr 11	Antibody	% Positive
				SSEA-4	94.6
				Tra-1-60	80.7
				SSEA-1	2.4
Microsatellite Genotyping*	PCR (SOP/QCP/6)	MPCR-11-001	02 Aug 11	ID Obtained	

*Subcontracted to a Third Party

Certificate Prepared by (QC): E. Clarke Date: 30 NOV 11

Certificate Reviewed by (QC): PSA Date: 30 NOV 11

Confidential

Página 1 de 2

Pruebas Básicas:

- ★ Densidad de Empaque
- ★ Índice de Fluidéz
- ★ Color
- ★ Densidad del producto

Pruebas Intermedias:

- ★ Propiedades de Tensión / Elongación
- ★ Propiedades de impacto
- ★ Calcinación (cenizas)

Pruebas Avanzadas

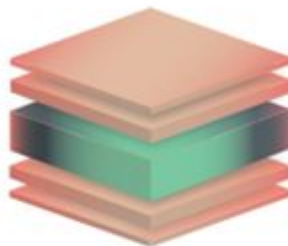
- ★ Calorimetría diferencial de barrido - DSC
- ★ FTIR
- ★ Cromatografía de gases

Control de Calidad

¿Que permite un buen control de calidad?



Amount [%]	Resins		Layer thickness	Functions
65 35	mLLDPE LDPE	Exceed XP ExxonMobil LDPE	4 µm	Toughness; Sealing; Shrinkage
80 20	mLLDPE LDPE	Enable ExxonMobil LDPE	7,5 µm	Processability; Shrinkage
70 20 10	Recycled PE HDPE LDPE	PIR HTA ExxonMobil LDPE	17 µm	Sustainability; Holding Force; Shrinkage
80 20	mLLDPE LDPE	Enable ExxonMobil LDPE	7,5 µm	Processability; Shrinkage
65 35	mLLDPE LPDE	Exceed XP ExxonMobil LDPE	4 µm	Toughness; Sealing; Shrinkage

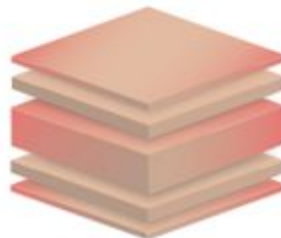


BUR: 1 : 3,3
Output: ~ 1000 kg/h
Thickness: 40 µm

30% de PIR para película encogible

Collation Shrink (Virgin Material)

Amount [%]	Resins		Layer thickness	Functions
65 35	mLLDPE LDPE	Exceed XP ExxonMobil LDPE	4 µm	Toughness; Sealing; Shrinkage
100	mLLDPE	Enable	7,5 µm	Processability
40 40 20	LDPE mLLDPE mLLDPE	ExxonMobil LDPE Enable Exceed	17 µm	Shrinkage; Holding Force; Toughness
100	mLLDPE	Enable	7,5 µm	Shrinkage
65 35	mLLDPE LPDE	Exceed XP ExxonMobil LDPE	4 µm	Toughness; Sealing; Shrinkage



BUR: 1 : 3,3
Output: ~ 1000 kg/h
Thickness: 40 µm



REGULACIONES PARA USO DE MATERIAL RECICLADO POR MEDIOS MECÁNICOS PARA APLICACIONES DE ALIMENTOS



Documentos asociados

Uso de material reciclado para alimentos



UNIÓN EUROPEA

REGLAMENTO 282-2008

FDA:

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

INVIMA:

RESOLUCIÓN 683 DE 2012

Transferencia de componentes

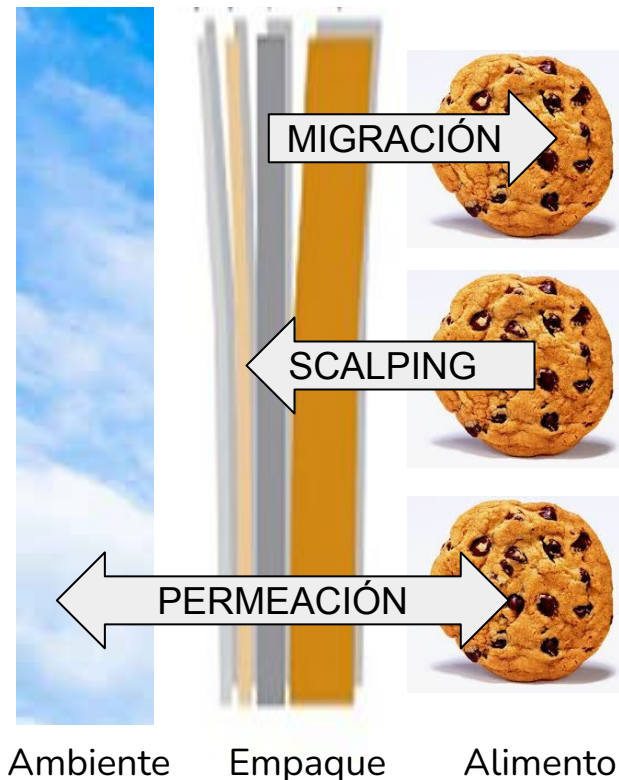
Absorción de sustancias del producto hacia el empaque.

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.





PET



POLIOLEFINAS

- Uso de barrera funcional

Foil aluminio

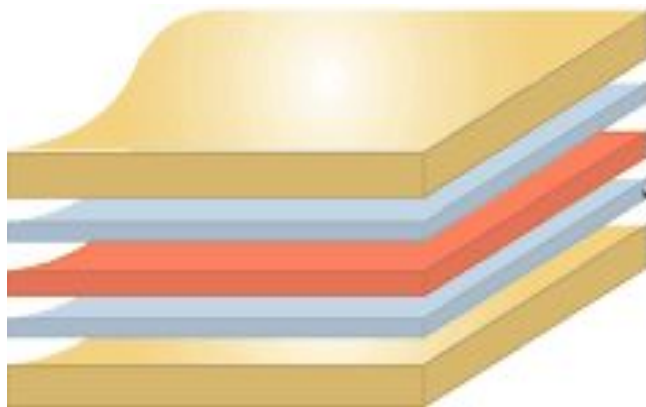
Pet 25um

- Control de fuentes de reciclado

- Tecnología de ultralimpieza.

100% efectivo en PET

Posible con poliolefinas, pero con retos tecnológicos.



Barrera funcional

Material reciclado

Capa de material que evita la migración de sustancias al alimento proveniente de otras capas previas

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

- INVIMA, FDA Y EC:

Permiten el uso de material reciclado cuando este ha sido lavado con tecnologías de ultralimpieza que eliminan los contaminantes.

Procesos de ultralimpieza:

Tecnologías de reciclado con alta eficiencia para remover sustancias contaminantes demostrada **sometiéndolas a un procedimiento de validación normalizado**, y por ende, cuenta con autorizaciones especiales de uso.



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

FUENTE INVIMA 5 DE JUNIO DE 2019

No.	ESTABLECIMIENTO	CIUDAD	DEPARTAMENTO	DIRECCION	LINEAS O PRODUCTOS	FECHA DE CERTIFICACIÓN
1	CARVAJAL EMPAQUES SA	TOCANCIPA	CUNDINAMARCA	PARQUE INDUSTRIAL GRAN SABANA LOTE 68A - 68B VEREDA TIBITO	LAMINAS DE POLIETILEN TEREFTALATO (PET) RECICLADO	13 de julio de 2018
2	NOUVELLE COLOMBIA E.U.	CARTAGENA	BOLIVAR	VIA MAMONAL KILOMETRO 11	LAMINAS DE POLIETILEN TEREFTALATO (PET) RECICLADO	22 de junio de 2016
3	APROPET S.A.S	BOGOTÁ D.C.	BOGOTÁ D.C.	CALLE 17 # 81B-83	PELETS (GRANULOS) DE POLIETILEN TEREFTALATO (PET) RECICLADO	13 de mayo de 2016
4	ENKADOR S.A	PROVINCIA PICHINCHA	REPUBLICA DE ECUADOR	Sangolquí, Barrio Selva Alegre KILOMETRO 1, via San Fernando.	GRANULADO DE POLIETILEN TEREFTALATO RECICLADO GRADO ALIMENTARIO (PET-PCR)	3 de marzo de 2016
5	ENKA DE COLOMBIA S.A.	GIRARDOTA	ANTIOQUIA	KILOMETRO 2 VIA EL HATILLO	GRANULADO DE POLIETILEN TEREFTALATO (PET) RECICLADO	18 de diciembre de 2013

Información solicitada por la FDA para autorizar material reciclado para estar en contacto con alimentos

- Descripción del proceso de reciclaje.
 - Fuente del material reciclado
 - Mecanismos de control para garantizar que la fuente sea confiable.
- Resultados de pruebas de desempeño, mostrando que el reciclado está libre de contaminantes.
 - No hay posibilidad de contaminación con sustancias diferentes a alimentos
 - el sistema remueve los contaminantes.
- Condiciones de uso del material reciclado:
 - Temperatura
 - Tipo de alimento.
 - Tiempo de contacto

Bases de las cartas de no objeción y las opiniones científicas

Fuente

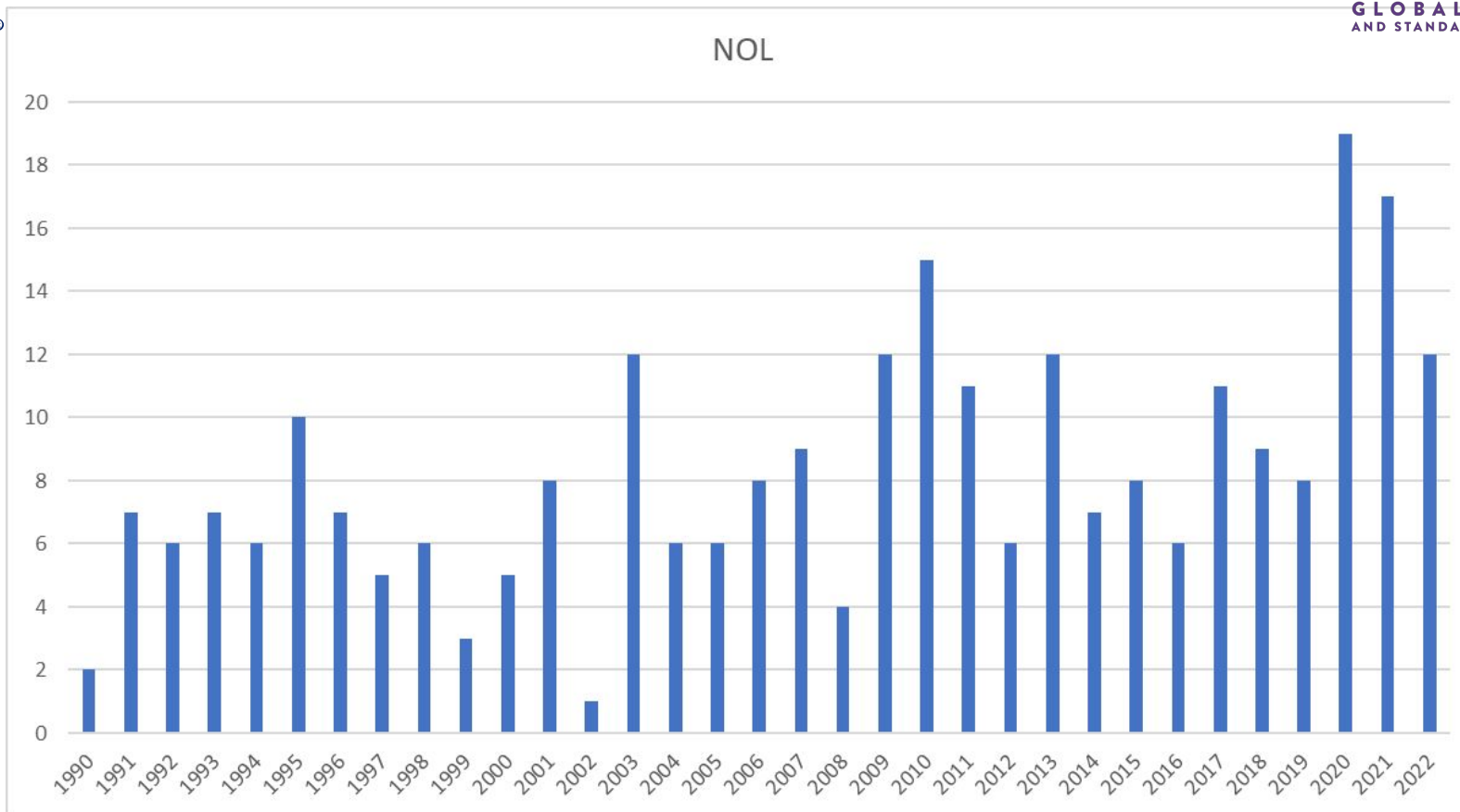
¿Es posconsumo controlado?
¿No es posconsumo controlado?

Proceso

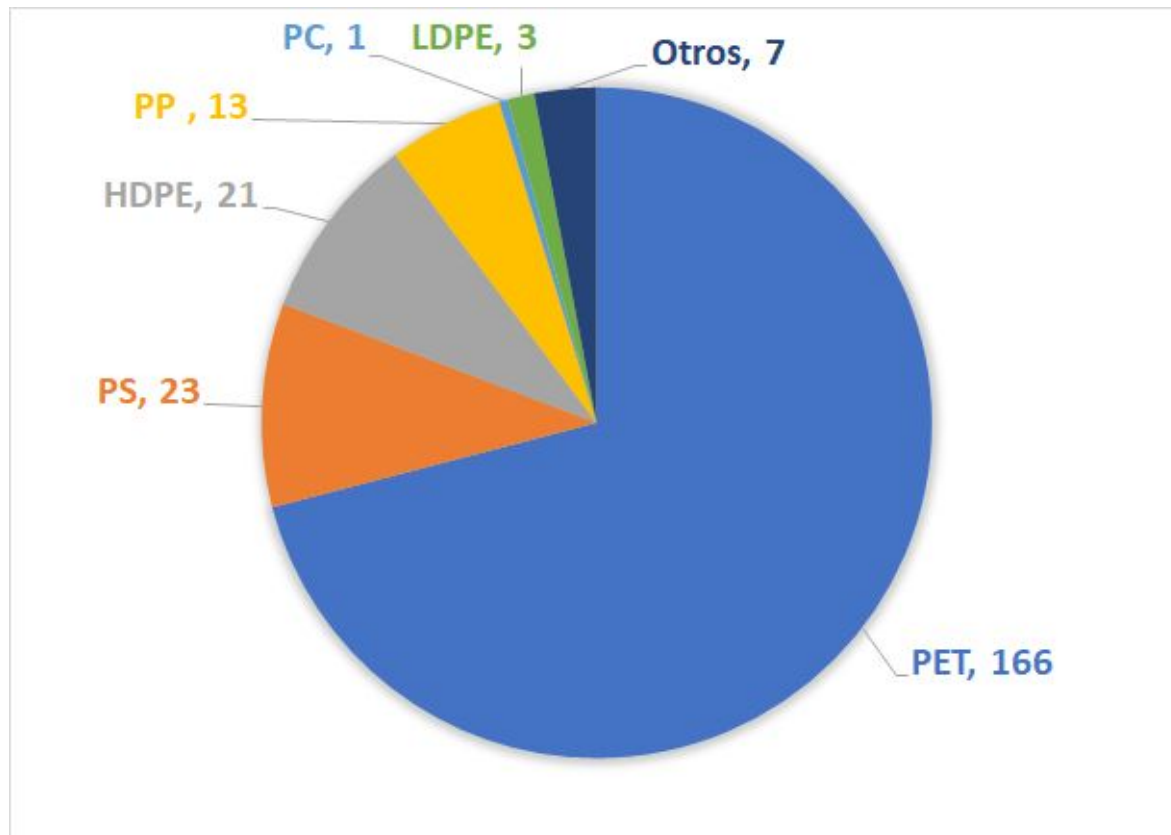
¿La tecnología descontamina y desodoriza efectivamente?

Aplicación

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

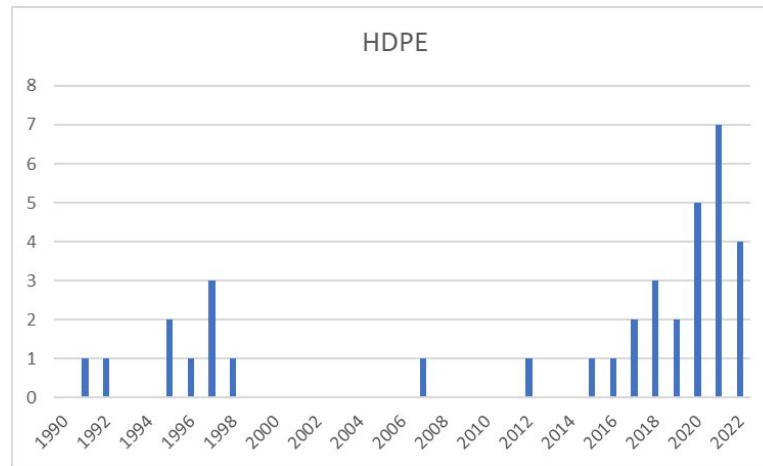
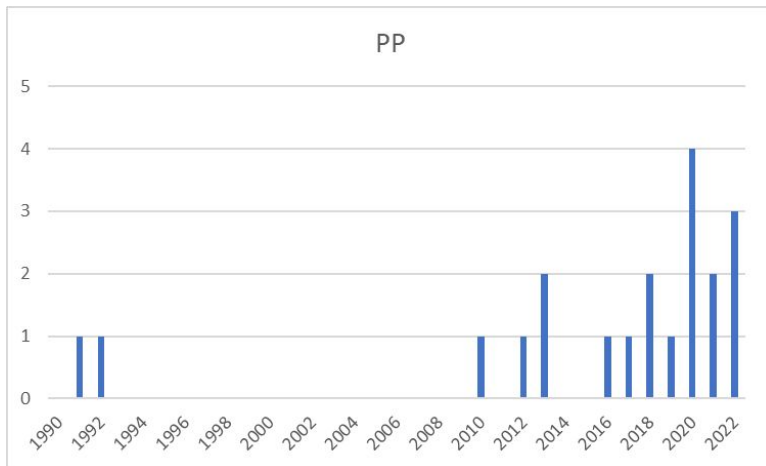
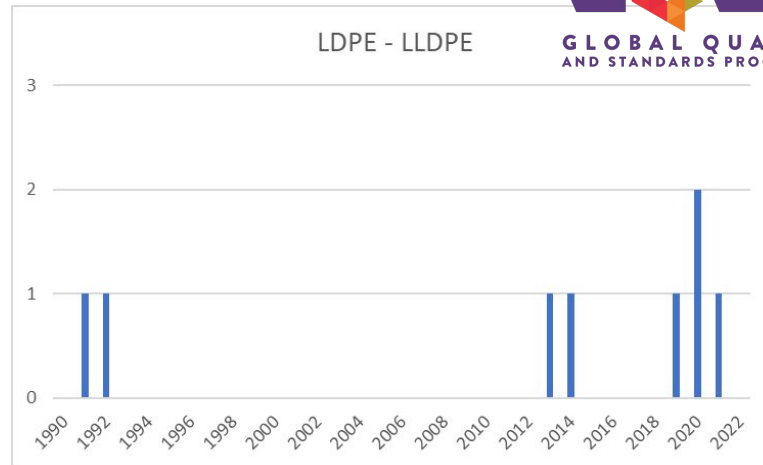
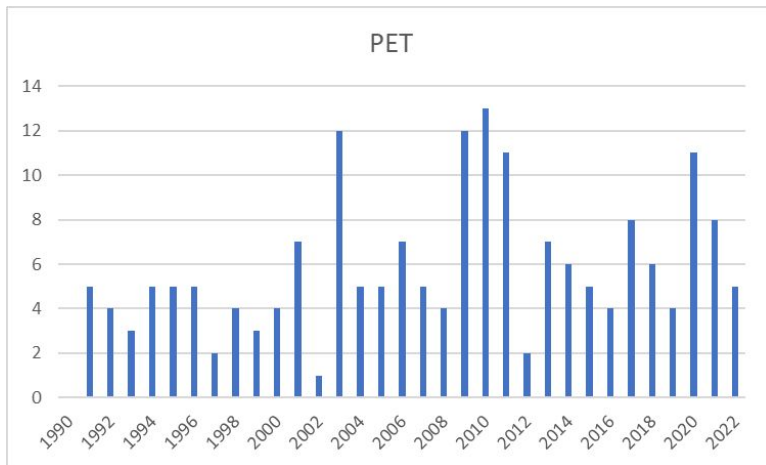


Cartas (227) de No objeción de la FDA para plásticos reciclados



https://www.cfsanappsexternal.fda.gov/scripts/fdcc/index.cfm?set=RecycledPlastics&sort=Polymer_short&order=ASC&showAll=true&type=column&search=Polymer%C2%A4VARCHAR%C2%A4

Estado actual NOL





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**



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**

Respecto a NOL y OC....

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



Conclusiones

Claves para un reciclaje mecánico exitoso



- Entender que el proceso reciclaje va más allá del procesamiento de residuos plásticos
- Identificar las potenciales aplicaciones en las que el material reciclado puede ser utilizado
- Garantizar que la materia prima reciclada cumpla los estándares requeridos por la aplicación seleccionada y las normas gubernamentales
- Tener un amplio conocimiento de los materiales y procesos involucrados
- Evaluar los posibles impactos ambientales que puede representar el material reciclado en la economía (LCA)
- Crear redes de cooperación
- Invertir en tecnologías
- Diseñar para el reciclaje



INSTITUTO DE
CAPACITACIÓN
E INVESTIGACIÓN
DEL PLÁSTICO Y
DEL CAUCHO



¡Gracias!

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



@ICIPCMedellin



@ICIPC



@ICIPC_Medellin



@ICIPC



CONVERTIMOS CONOCIMIENTO EN RIQUEZA