

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

<https://www.recyclingtoday.com/article/ineos-nextloop-polypropylene-recycling-project/>

Familias de materiales plásticos.

Silvio Alberto Ospina S., MSc
Investigador

Investigador Consultor asociado

Mag. **Silvio Alberto Ospina Salgado**

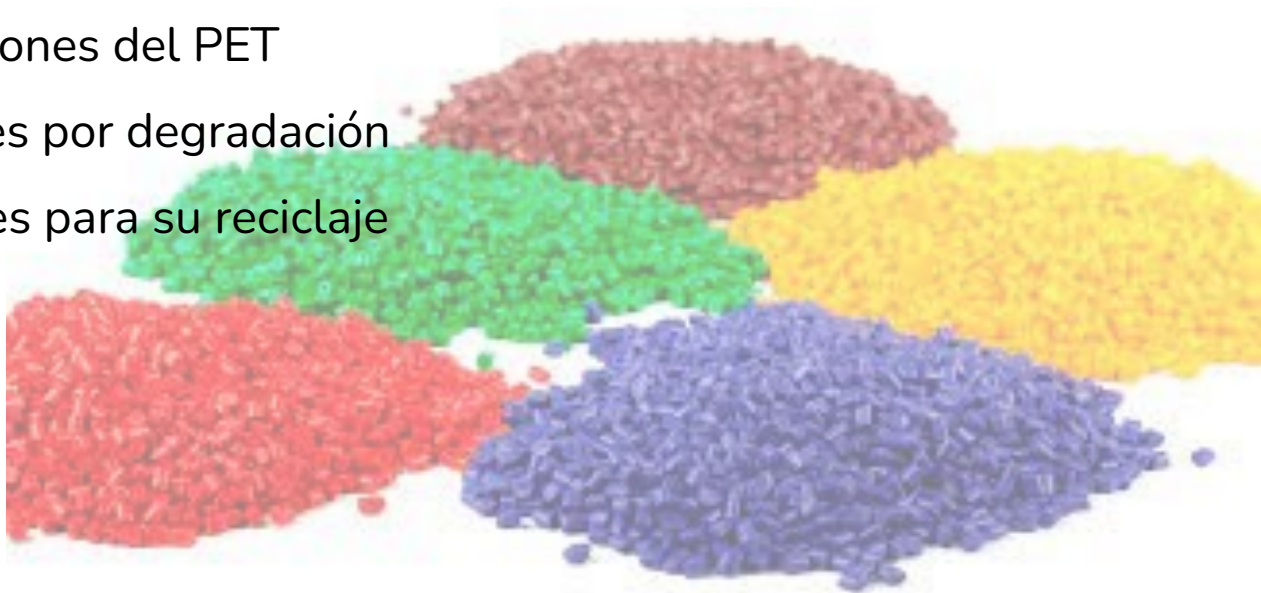


- Químico de la Universidad de Antioquia.
- Magíster en Ciencias Químicas con énfasis en polímeros de la Universidad de Antioquia.
- Docente de la universidad de Antioquia por tres años y docente de la Especialista en Procesos de Transformación del Plástico y del Caucho EAFIT - ICIPC desde 2012.
- Vinculado al ICIPC desde 1998.
- Experiencia en caracterización de materiales poliméricos
- Coinventor de una patente otorgada por la SIC sobre compuesto biodegradable de PLA.
- Coautor de artículos técnicos en revistas nacionales e internacionales.



Temas a Cubrir

1. Propiedades y aplicaciones de los polietilenos
2. Propiedades y aplicaciones de los polipropilenos
3. Propiedades y aplicaciones del PET
4. Pérdida de propiedades por degradación
5. Problemáticas comunes para su reciclaje



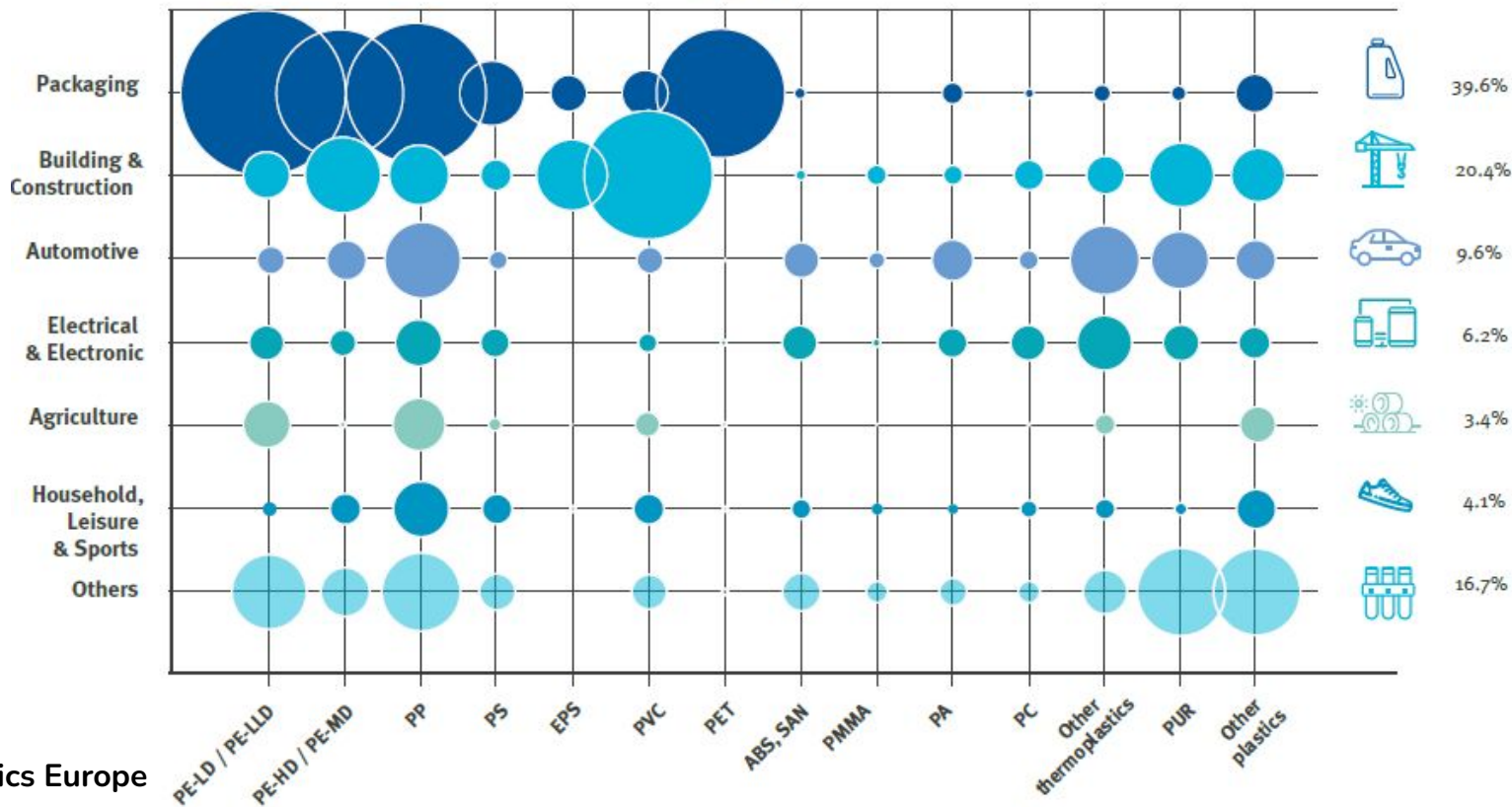


Propiedades y aplicaciones de los polietilenos

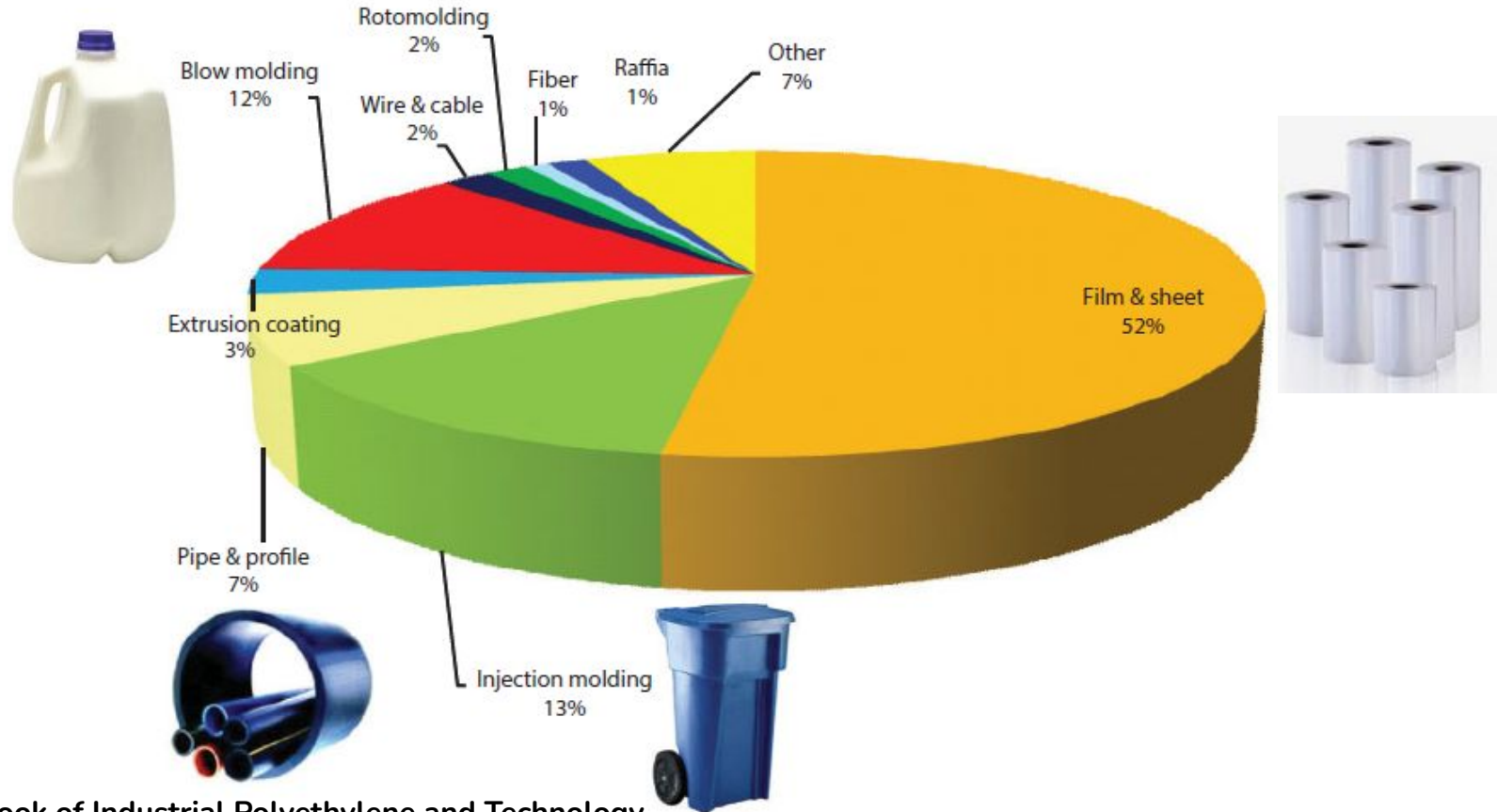
Materiales plásticos - Familias y aplicaciones

Demanda Europea de plásticos por sector y tipo de polímero 2019

Total 50.7 Million tonnes



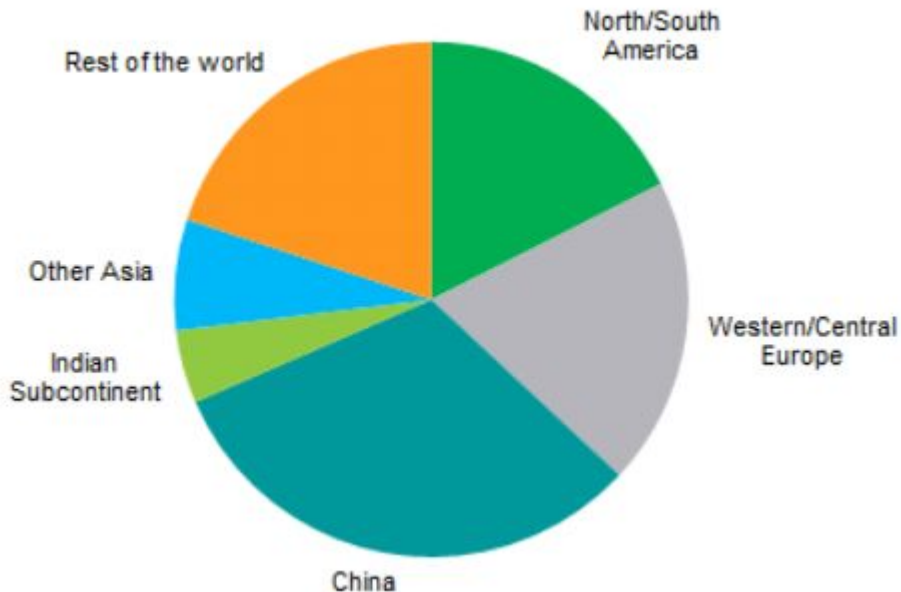
Demanda de PE por procesos de transformación





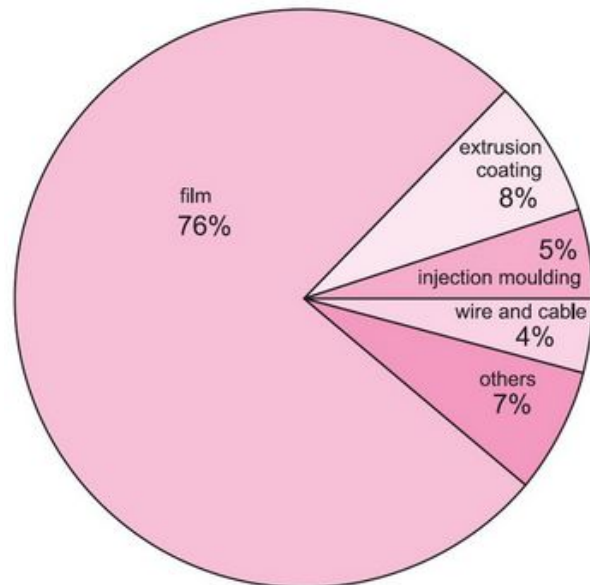
El Mercado de los PE: LDPE (Low Density Polyethylene)

World consumption of LDPE—2019



Fuente: IHS Markit

Usos del LDPE

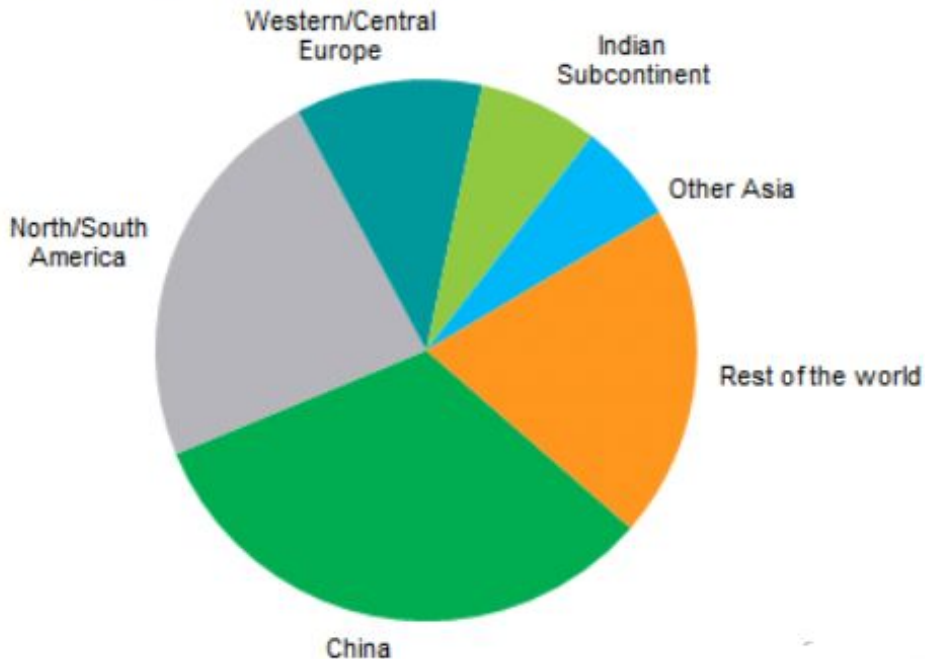


<https://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/polyethene.html>



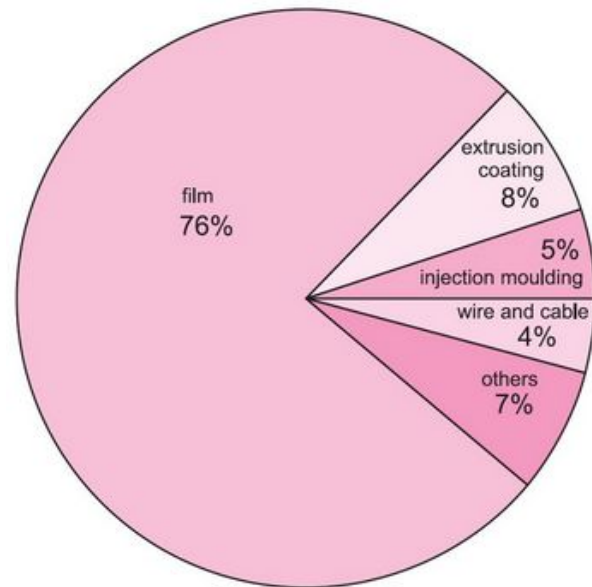
El Mercado de los PE: LLDPE (Linear Low Density Polyethylene)

World consumption of LLDPE resins—2018



Fuente: IHS Markit

Usos del LLDPE

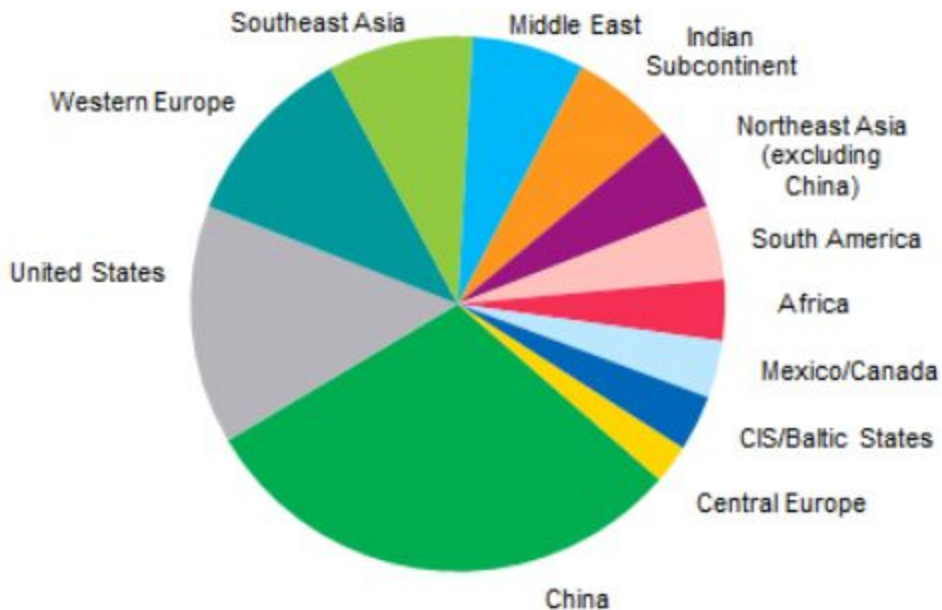


<https://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/polyethene.html>

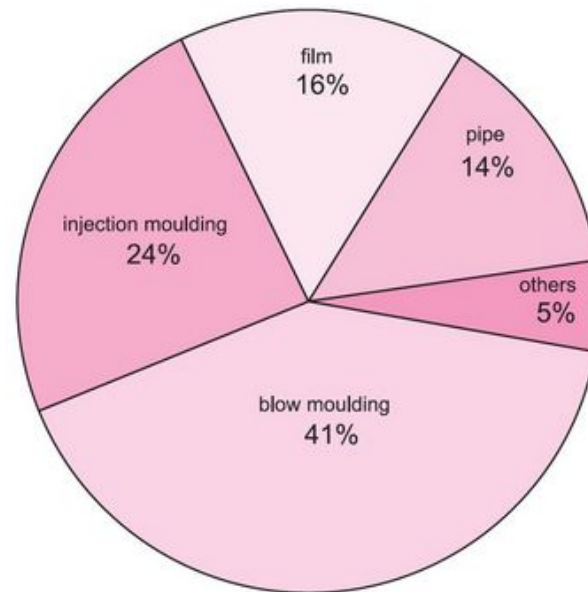


El Mercado de los PE: HDPE (High Density Polyethylene)

World consumption of HDPE resins—2018



Usos del HDPE

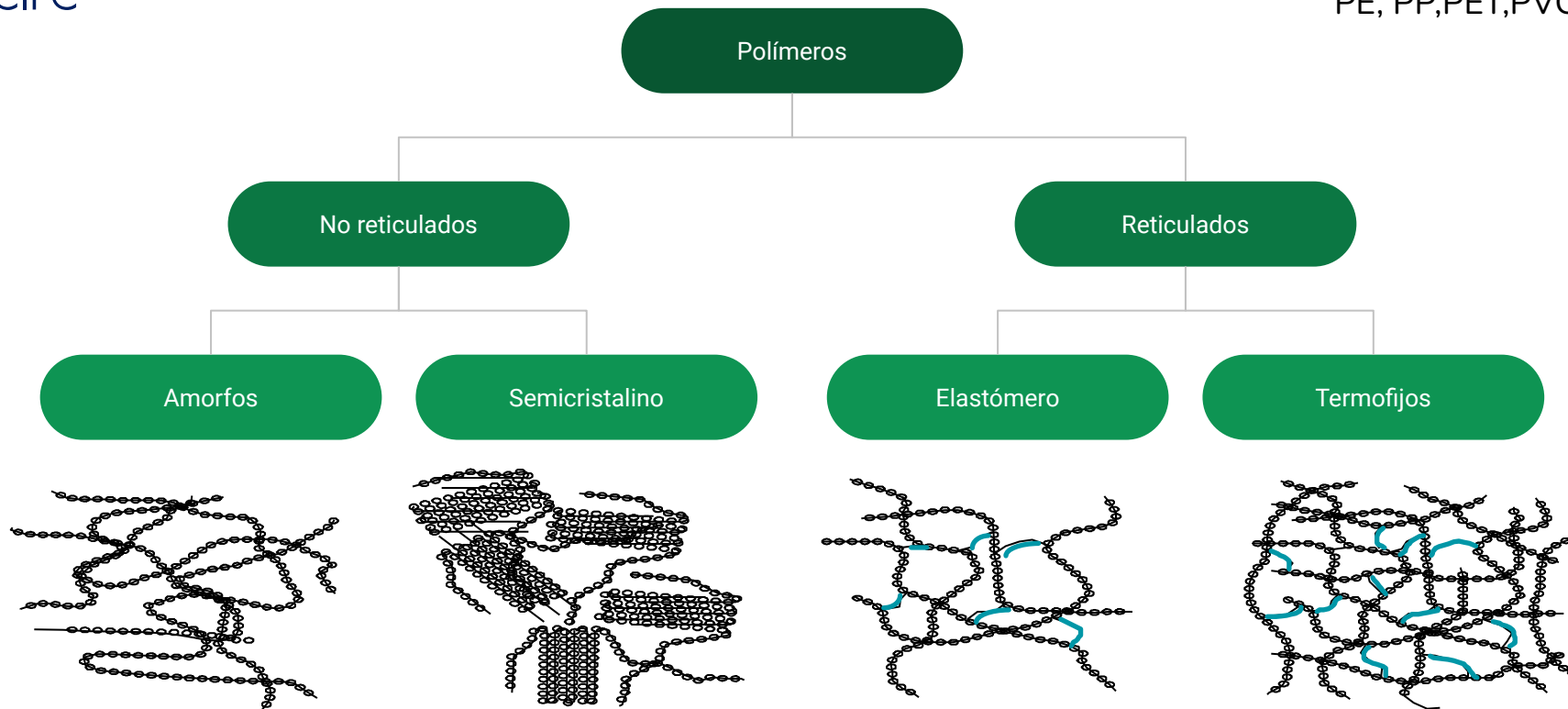


Fuente: IHS Markit

<https://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/polyethene.html>

Clasificación de los polímeros

PE, PP, PET, PVC?



Polímeros Semicristalinos



Polipropileno (PP)



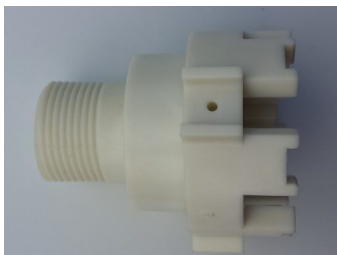
Polietileno (PE)



Poliamida (PA)



Polietilentereftalato (PET)



Polibutilentereftalato (PBT)



Policarbonato (PC)



Politetrafluoroetileno (PTFE)



Poliuretano (PUR)

¿Cómo se forman los polímeros?

Son “cadenas” macromoleculares

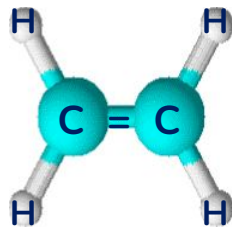


Eslabón

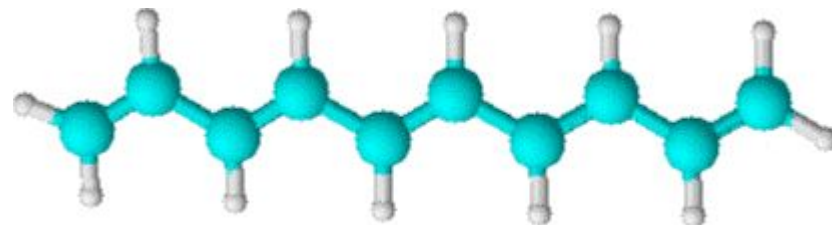


<https://www.pngocean.com/>

Cadena



Monómero: Etileno



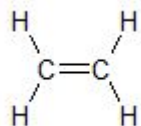
Polímero: Polietileno

¿Cómo se forman los polímeros?

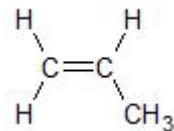
Algunos ejemplos

Monómero

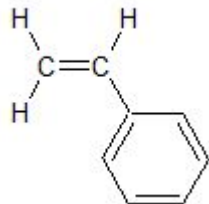
Etileno



Propileno

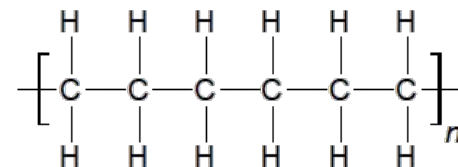


Estireno

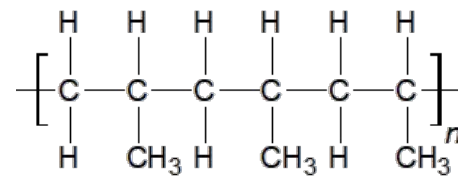


Polímero

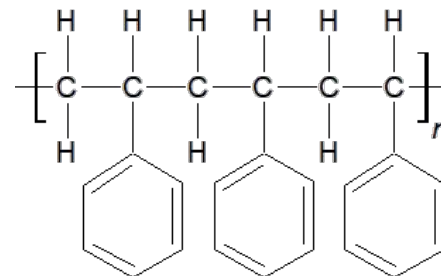
Polietileno



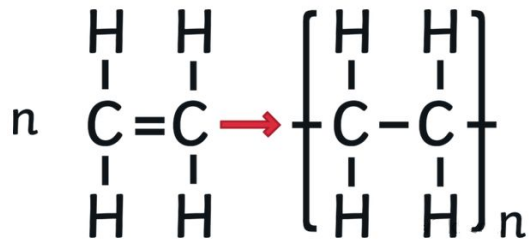
Polipropileno



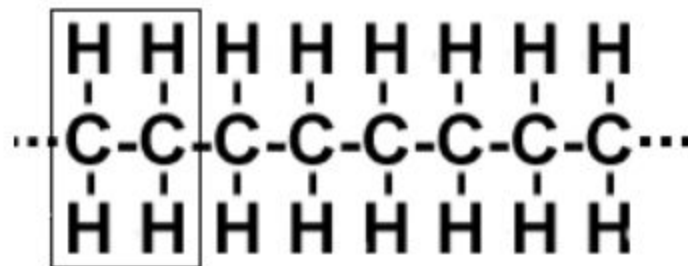
Poliestireno



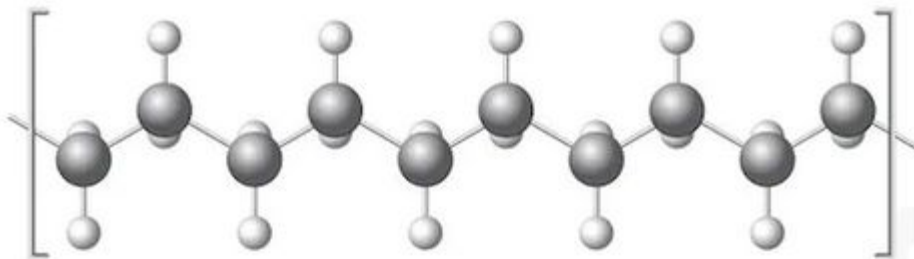
Estructura química



Eteno o etileno



Polietileno



- Es químicamente el polímero más simple.
- Es el de mayor producción a nivel mundial
- Es el más económico



Propiedades de los PE

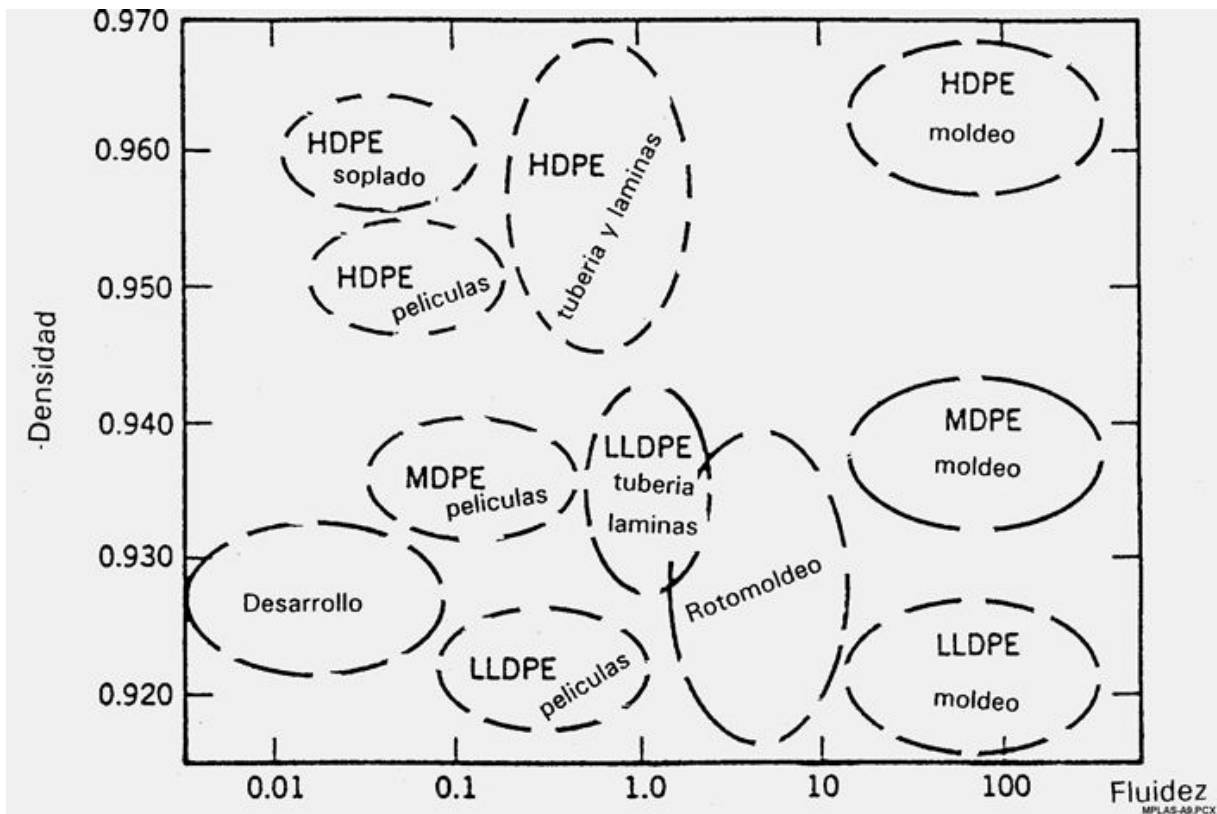
Peso Molecular

Influye en el procesabilidad y está relacionado con el índice de fluidez (MFI)

CLASIFICACIÓN	P.M. g/mol
LDPE	100,000 – 300,000
LLDPE	200,000 – 500,000
HDPE	200,000 – 400,000
HMWHDPE	200,000 – 500,000
UHMWPE	1'500.000 – 6'000.000

Propiedades de los PE

Relación Índice de Fluidez-Densidad con la Aplicación



Diferencia estructural del LDPE, LLDPE Y HDPE

LDPE



LLDPE



HDPE





Polimerización

Cada proceso de polimerización le confiere propiedades muy distintas al polietileno sintetizado:

	Presión	Grado de Ramificación CH₃/1000 C	Cristalinidad %	Densidad g/cm³	Temp. de Fusión (°C)	Apariencia
LDPE	Alta	25-35	40-45	0.915-0.920	110	Blando
LLDPE	Mediana	4-10	65-70	0.950-0.955	120	Semiduro
HDPE	Baja	2	75-80	0.960-0.970	136	Duro



Tipos

Acrónimo	Nombre comercial
LDPE	Polietileno de baja densidad
LLDPE	Polietileno lineal de baja densidad
HDPE	Polietileno de alta densidad
VLDPE	Polietileno de muy baja densidad
MDPE	Polietileno de mediana densidad
UHMWPE	Polietileno de ultra alto peso molecular



Clasificación

Contenido de comonomero

- Homopolímero
- Copolímero

Densidad

- **Alta**
- **Media**
- **Baja**
- **Muy baja**

Peso Molecular

- Alto
- Bajo



Clasificación

Contenido de comonomero

Homopolímero

Es un polímero obtenido de un monómero, que con la ayuda de un iniciador realiza su polimerización:



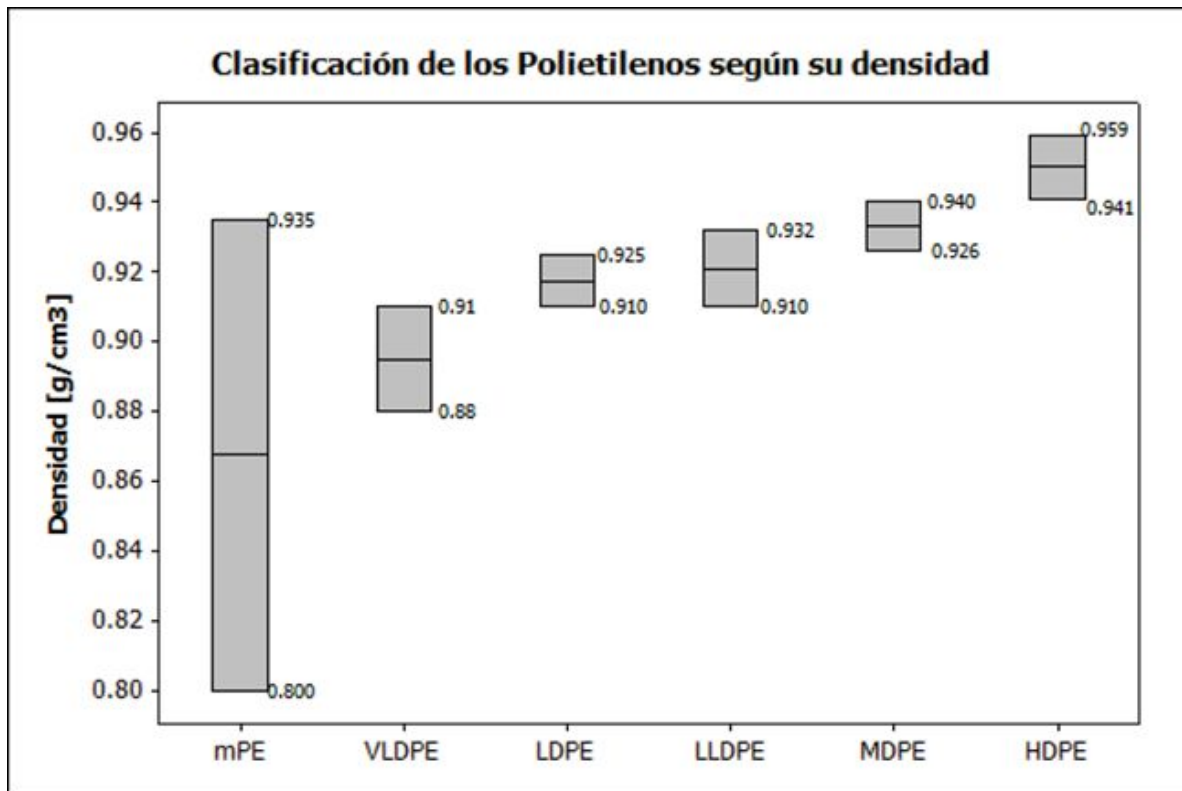
Copolímero

Es un polímero que se produce por la adición de dos o más monómeros diferentes:



Clasificación

Densidad de los PE



El constante desarrollo tecnológico ha permitido el surgimiento de nuevos grados, haciendo que las fronteras sean más difusas entre ciertos grados



Propiedades de los Polietilenos



Propiedades de los PE

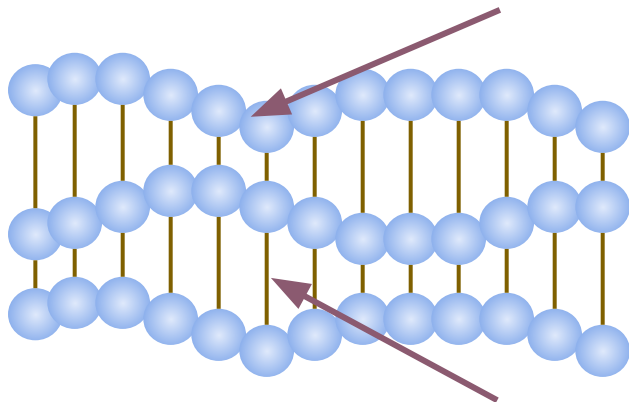
- Baja densidad (menor que 1)
- Alta tenacidad y deformación
- Buen aislante eléctrico
- No polar
- Poca absorción de agua
- Baja permeabilidad al agua
- Alta permeabilidad a gases
- Alta resistencia a químicos
- Resistencia al agrietamiento según el tipo de PE
- Fácil procesamiento
- Buenas propiedades tribológicas (UHMW-HDPE)

¿Cómo se forman los polímeros?

Fuerzas Intermoleculares

PE, PP, PET, PVC?

Cadenas moleculares



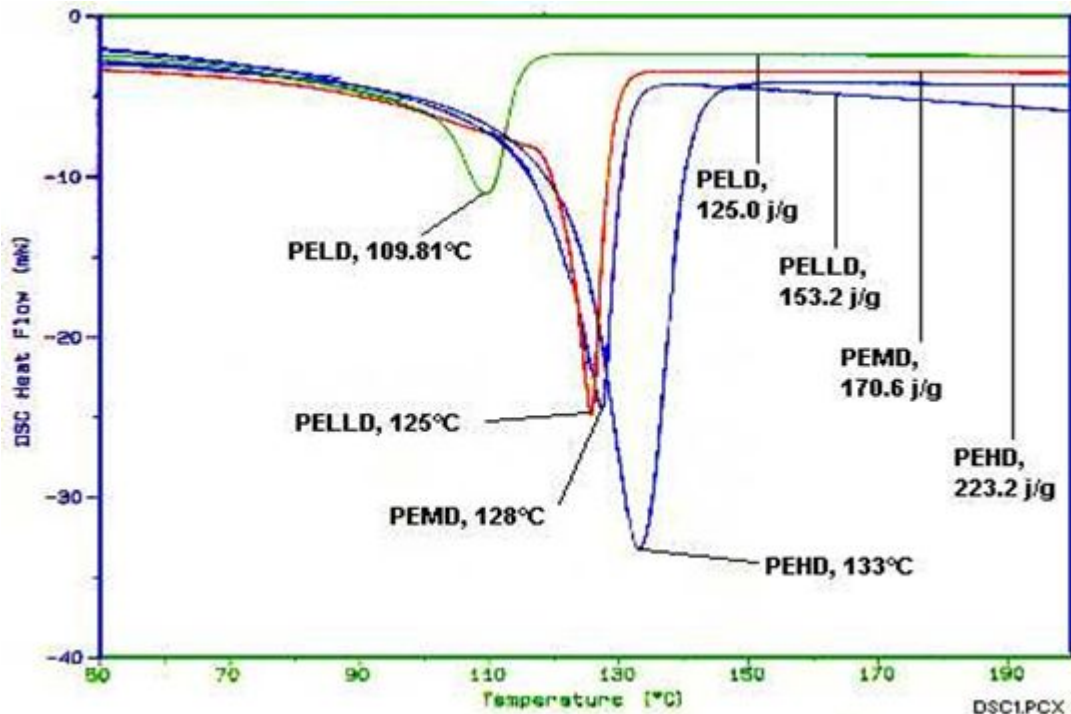
Fuerzas Intermoleculares

Mantienen “unidas” las macromoléculas a través de atracciones definidas por el potencial químico



Piensa como si las cadenas de polímeros fueran espaguetis, pero a nivel molecular

Propiedades de los PE



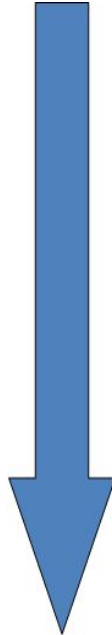
Rango típico de las propiedades térmicas de los PE

Polymer	Tg °C	Tm °C Peak
LDPE	-120 to -70	105 to 115
LLDPE	-120 to -70	120 to 130
HDPE	-130 to -80	130 to 135



Propiedades de los PE

m-PE
VLPE
LDPE
LLDPE
MDPE
HDPE
UHMWPE



Módulo de elasticidad

(140 a 1500 Mpa)

Esfuerzo de cedencia

(5 a 32 Mpa)

Temperatura de uso continuo

(60 a 100°C)

Temperatura de deflexión bajo carga

(ISO/R75 método B 40 a 80°C)

Dureza superficial

Dureza por penetración de bola 15 s 8-65 N/mm²

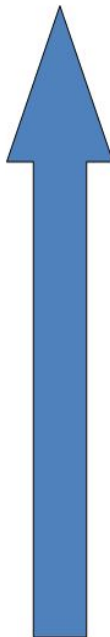
Haze (opacidad)

0.5-50% a 25 micras



Propiedades de los PE

m-PE
VLPE
LDPE
LLDPE
MDPE
HDPE
UHMWPE



Resistencia al Impacto

Charpy con ranura, 20°C. Mayor a 6 kJ/m²
Izod mayor a 150 J/m

Permeabilidad al vapor de agua

(0.63 a 1.4 g-mil / 100 in² día)

Permeabilidad a gases y aromas

(75 a 300 cm³ / mm / m² / atm / día)

Transparencia



Propiedades de los PE

Temperatura iniciación de sellado
(80:135°C)

m-PE
VLPE
LDPE
LLDPE
HDPE



Resistencia del selle (Hot tack)

VLDPE
LDPE
m-PE
LLDPE
HDPE



Facilidad de procesamiento
(visto como Temperatura de fusión y tensión de fundido)

LDPE
LLDPE, VLDPE
m-PE
MDPE
HDPE
UHMWPE



Depende mucho de la distribución de pesos moleculares y de grado de ramificación, pero en términos generales



Aplicaciones de los Polietilenos



Aplicaciones de los PE

VLDPE

- Películas y láminas
- Geomembranas
- Modificadores de impacto en PP y HDPE (Mayor cantidad de extractables)



Aplicaciones de los PE

LDPE

Ampliamente usado en el sector de empaques y envases:

- Bolsas
- Botellas
- Laminaciones
- Sacos y costales
- Tapas para botellas
- Recubrimientos
- Película termoencogible
- Aislante para cables
- Tubería conduit
- Película de invernadero



Aplicaciones de los PE

HDPE

- Inyección de artículos de consumo
- Fabricación de recipientes de todo tipo
- Cajas para transporte de botellas y otros.
- Soplado de recipientes.
- Tanques de gasolina.
- Fabricación de filamentos y bandas para tejidos
- Película de alta resistencia (de 120 a 7 micras)
- Tubería para agua potable y gas (Diámetro hasta 1,6 mt)
- Fabricación de objetos industriales por soldadura





Aplicaciones de los PE

UHMWPE

Características:

- Homopolímero o copolímero
- El peso molecular promedio entre 3×10^6 y 6×10^6
- Alta viscosidad (MFI 190/21.60 de 1 a 20)
- Excelente resistencia al agrietamiento
- Buena procesabilidad (tipos distribución bimodal)
- Magníficas propiedades tribológicas
- El UHMWPE se le consigue en forma de polvo o como placas y barras y se procesa por prensado.



Aplicaciones de los PE

UHMWPE

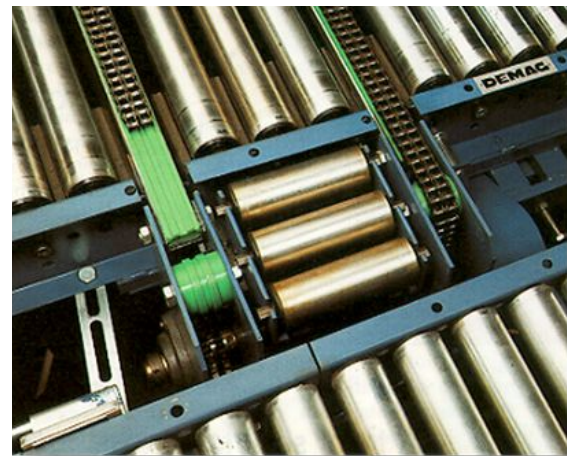
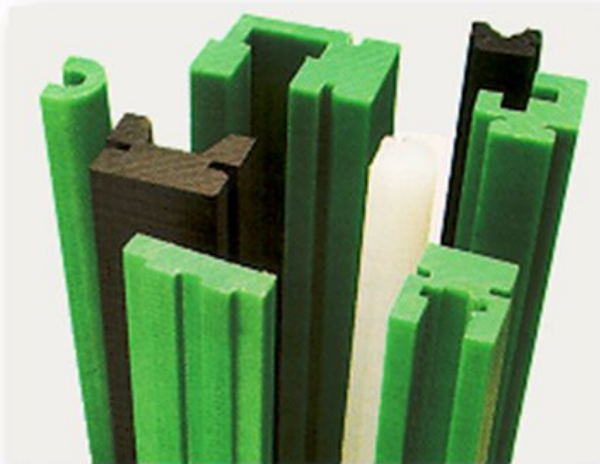
- Tubería de grandes diámetros
- Soplado canecas de 55 galones
- Tanques de combustible de automóviles
- Películas ultra delgadas para bolsas de basura.
- Reticulado en aplicaciones de alto desgaste.
- Sogas, mallas para pesca
- Filtros y bombas para el transporte de químicos.
- Elaboración de tornillos y partes de máquinas.
- Componentes de máquina industria alimenticia.
- Reemplazo de articulaciones de cadera y otras prótesis





Aplicaciones de los PE

UHMWPE





Aplicaciones de los PE





Propiedades del polipropileno



Helping ensure the long-term viability of polypropylene plastic will take all of us. Learn how we can make a difference together.

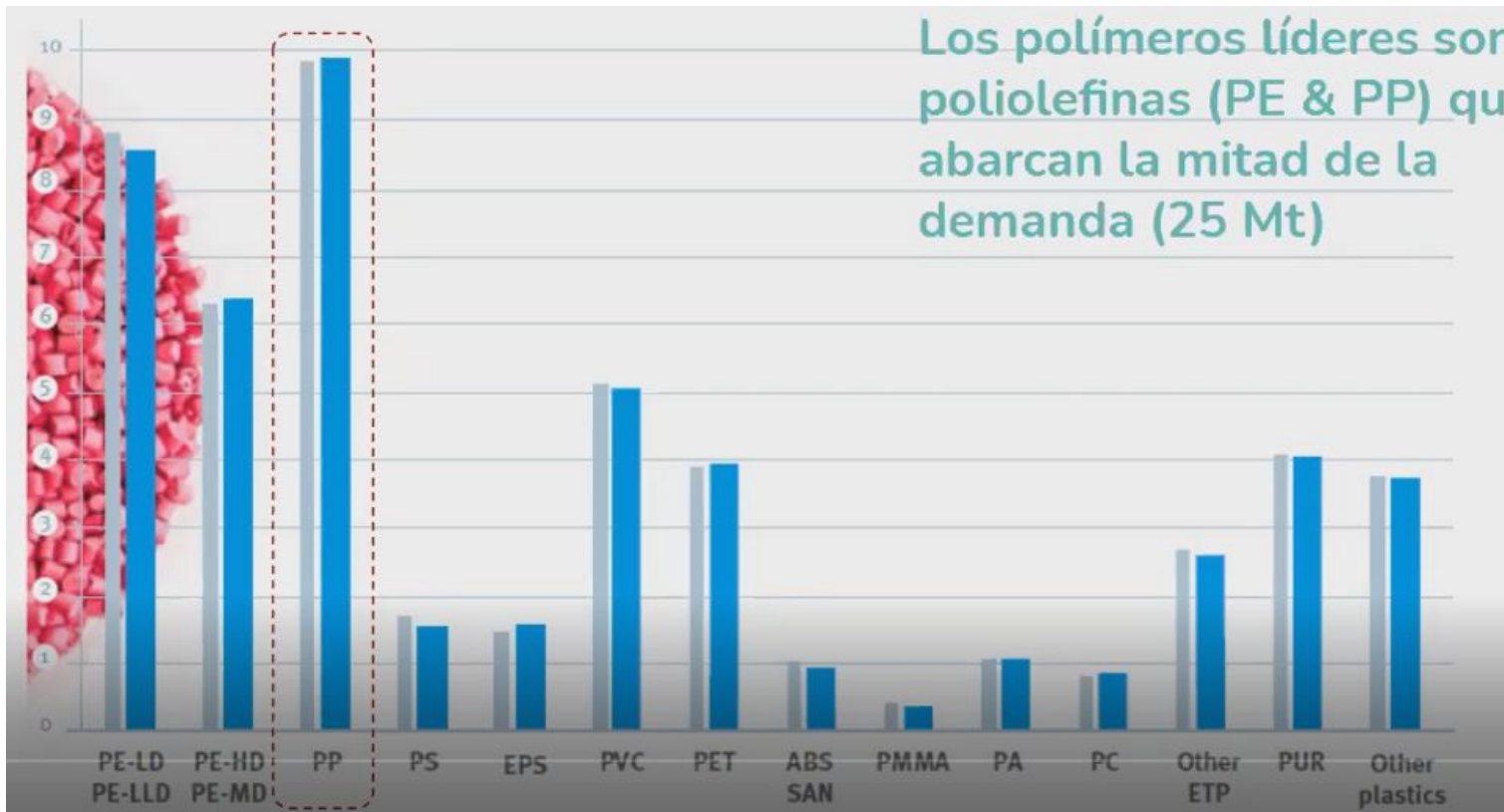


**POLYPROPYLENE
RECYCLING COALITION**

AN INITIATIVE OF THE RECYCLING PARTNERSHIP

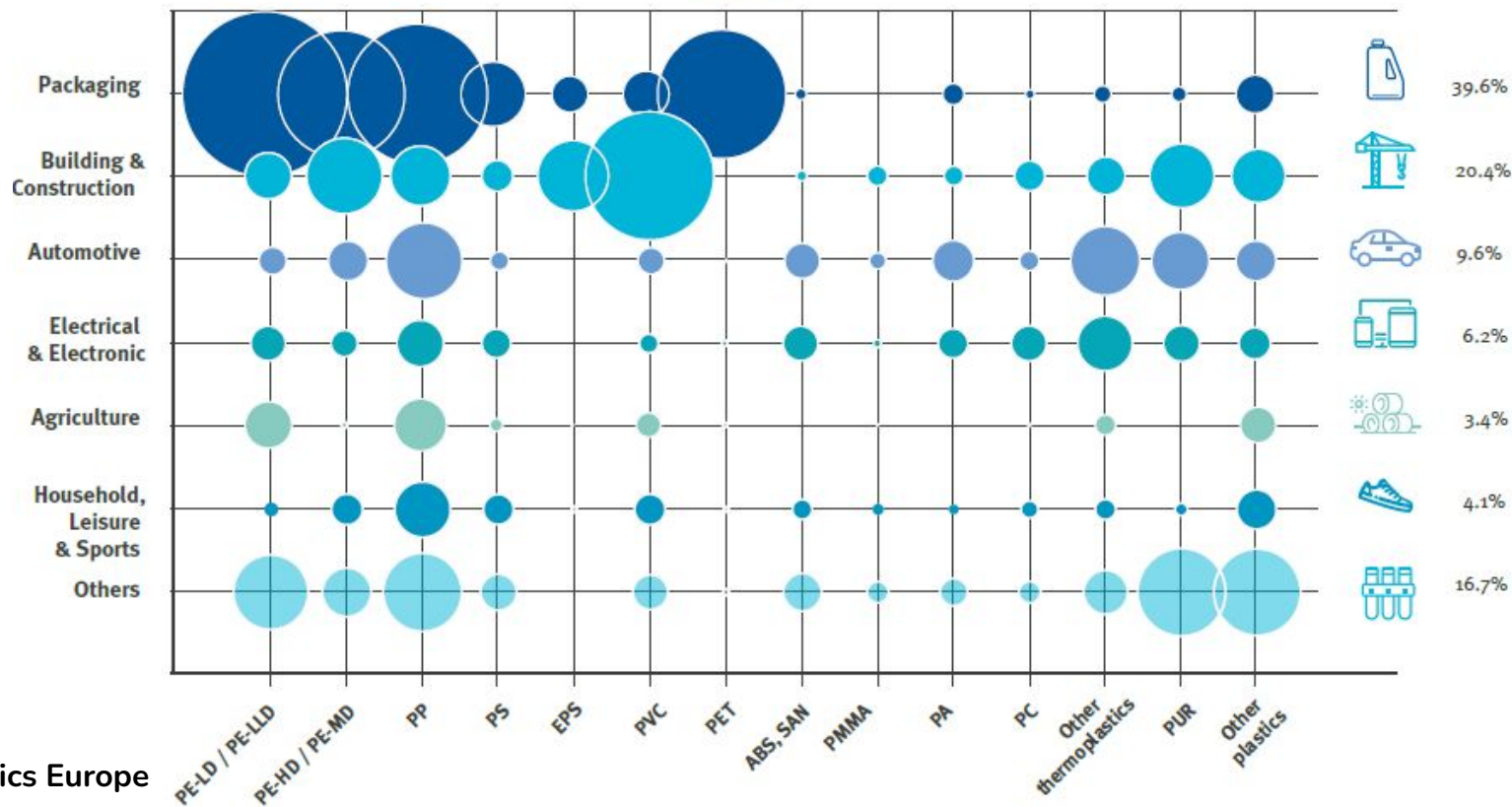
Polipropileno

Consumo mundial



Demanda Europea de plásticos por sector y tipo de polímero 2019

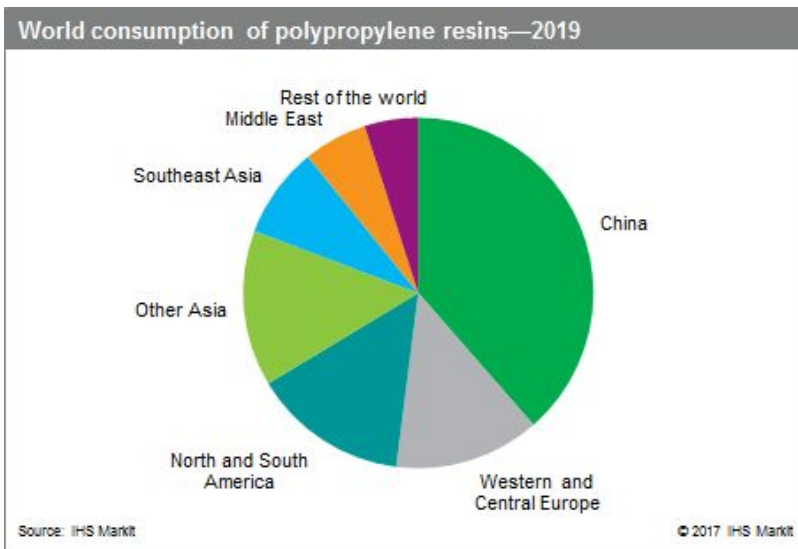
Total 50.7 Million tonnes



Polipropileno

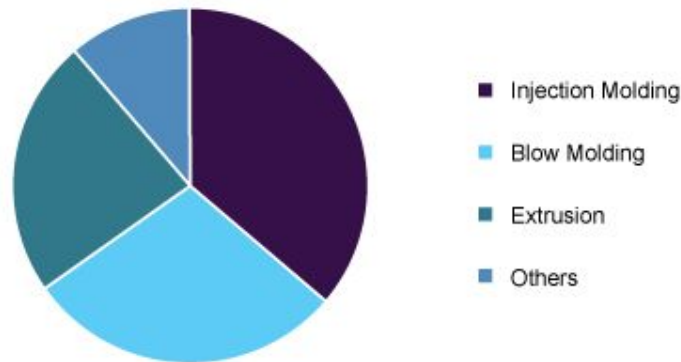
Consumo mundial

- La demanda de mercado mundial de PP para el 2020 fue de 69,140 kilotons.
- Se espera un CARG de 3.1% por año del 2020 al 2027



Fuente: <https://ihsmarkit.com/>

Global polypropylene (PP) market share, by process, 2019 (%)



Fuente: <https://www.grandviewresearch.com/>

Estructura molecular

Tacticidad
Peso molecular
Polidispersidad
Composición
Arquitectura intracadena
Arquitectura intercadena

Morfología

Cristalinidad
Orientación
Comportamiento del fundido
Cinética de cristalización

Escala "macroscópica"

Macroestructura
Gradientes de morfología

Escala "esferulita"

Estructura esferulítica
Morfología de la fase de mezcla

Escala "lamelar"

Morfología lamelar
Morfología tensión / flujo inducido
Tamaño cristalita

Escala "cristalográfica"

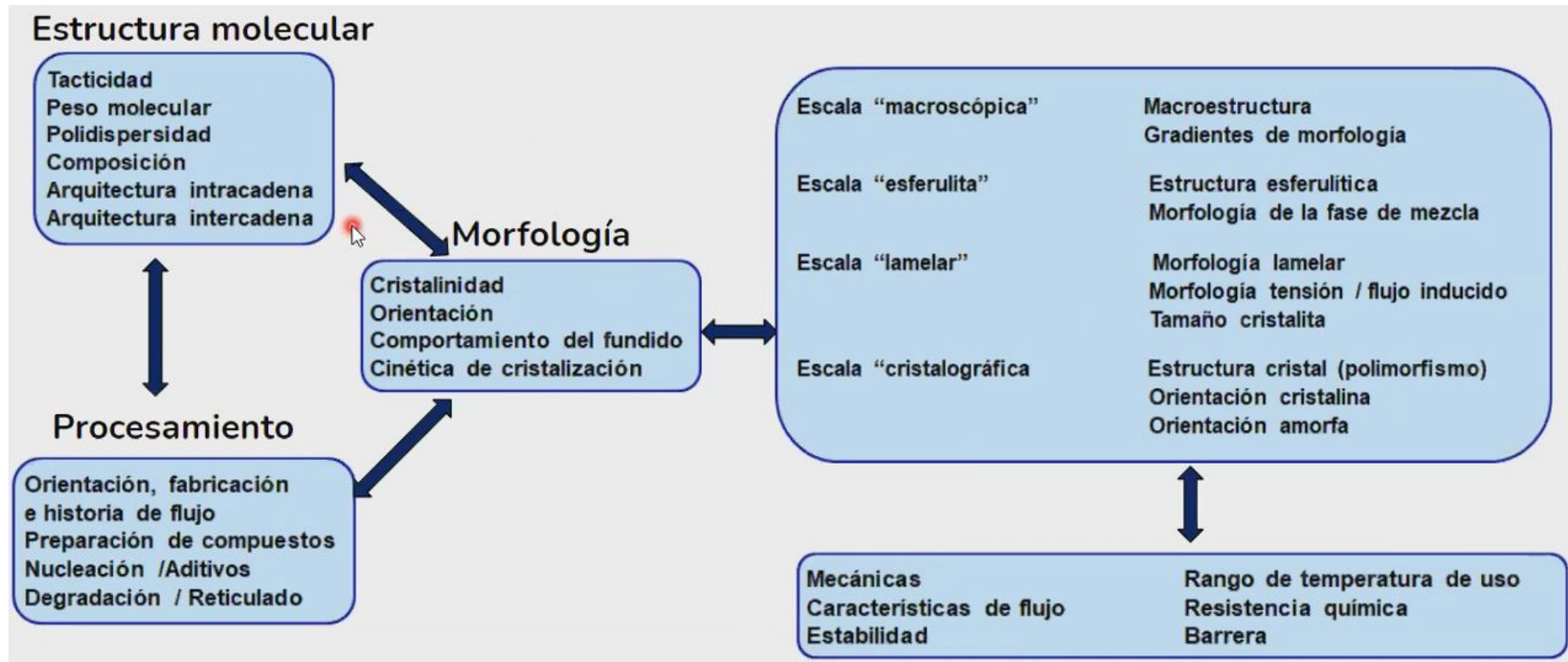
Estructura cristal (polimorfismo)
Orientación cristalina
Orientación amorfa

Procesamiento

Orientación, fabricación
e historia de flujo
Preparación de compuestos
Nucleación / Aditivos
Degradación / Reticulado

Mecánicas
Características de flujo
Estabilidad

Rango de temperatura de uso
Resistencia química
Barrera





Polipropileno

Características generales

- Densidad entre 0.900 - 0.910 g/cm³
- Alta temperatura vítrea (Homopolímero) (-10 a 0°C)
- Temperatura de fusión (Homopolímero) 165°C
- Menor encogimiento que el PE
- Puede ser usado en microondas
- Puede ser usado en aplicaciones para llenado en caliente
- Resistencia al ataque por ácidos, álcalis y solventes,
- Hinchable en gasolina, Xileno y compuestos Clorados
- Baja permeabilidad al agua.
- Difícil de estampar, pintar y pegar

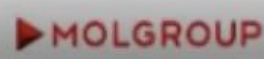
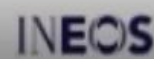
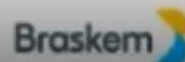
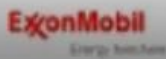
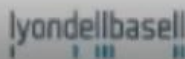
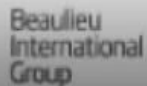




Polipropileno

Principales actores

PROMINENT PLAYERS

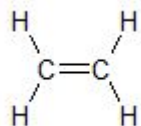


¿Cómo se forman los polímeros?

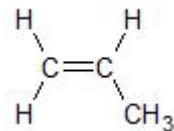
Algunos ejemplos

Monómero

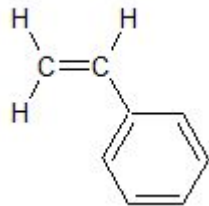
Etileno



Propileno

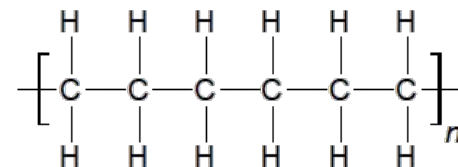


Estireno

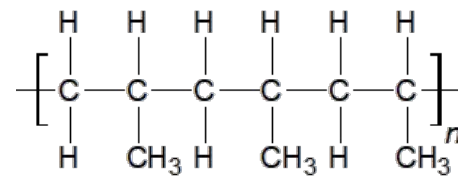


Polímero

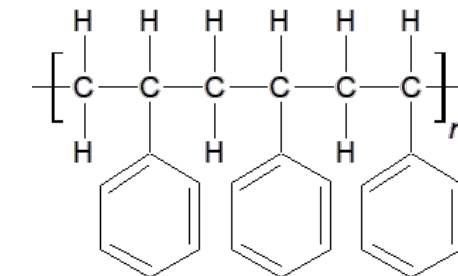
Polietileno



Polipropileno

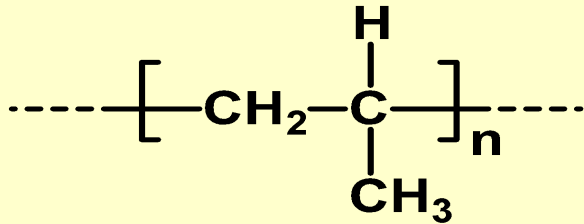


Poliestireno

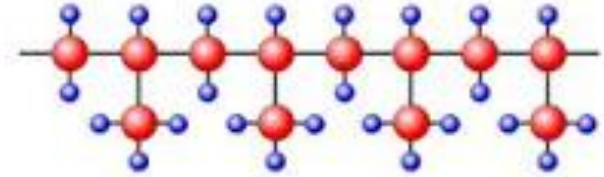


Polipropileno

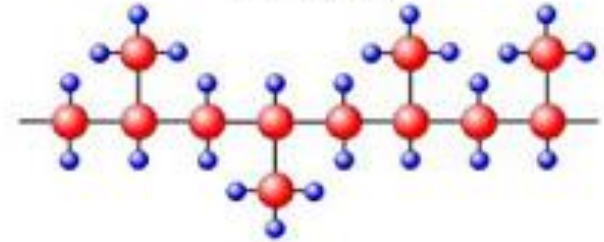
Estructura molecular



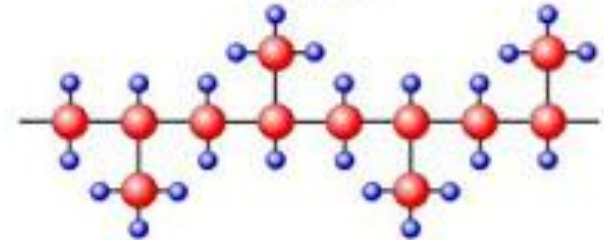
- Isotáctico, Atáctico o Sindiotáctico
- El tipo Isotáctico es el comercial y contiene pequeñas partes de atáctico (componente soluble en Heptano o Ciclohexano)



PP isotáctico



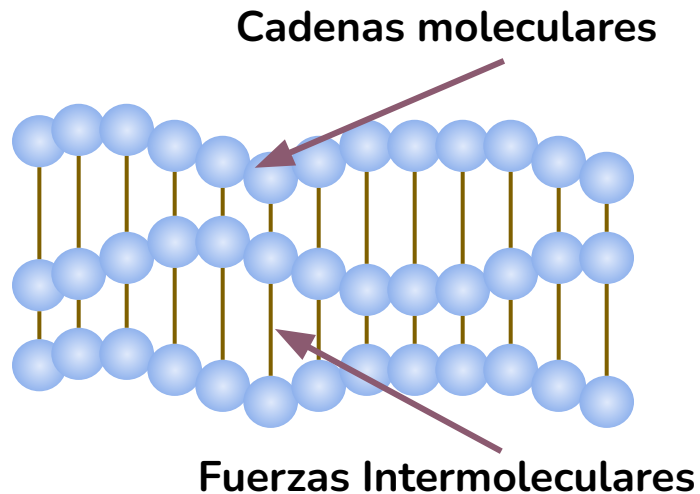
PP atáctico



PP sindiotáctico

¿Cómo se forman los polímeros?

Fuerzas Intermoleculares



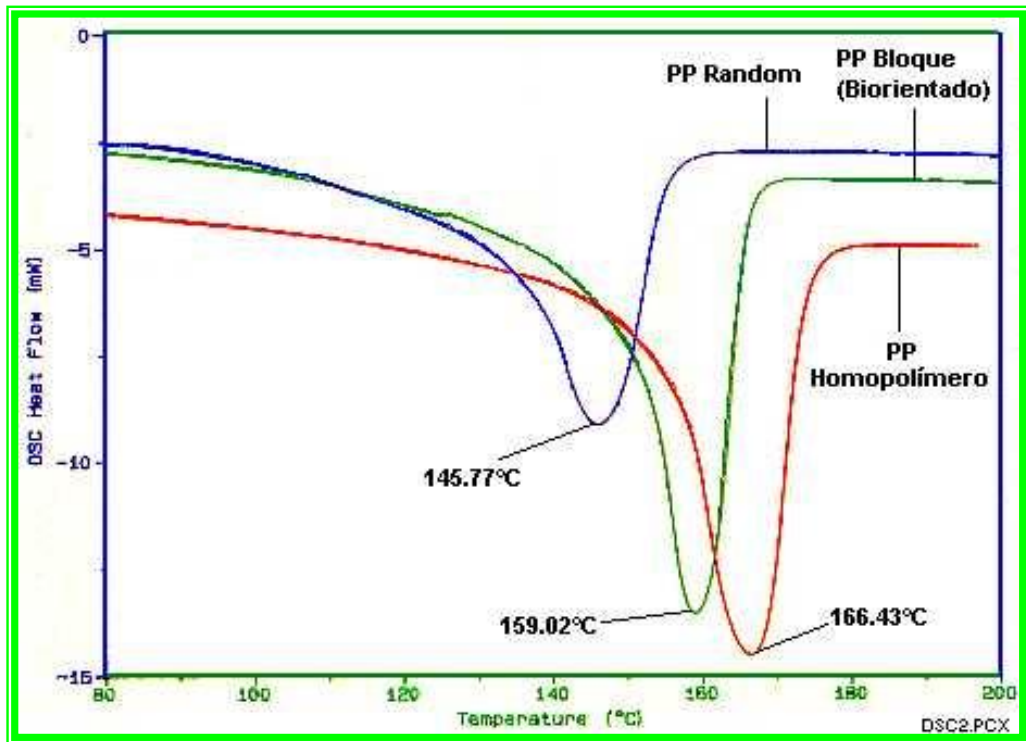
Mantienen “unidas” las macromoléculas a través de atracciones definidas por el potencial químico



Piensa como si las cadenas de polímeros fueran espaguetis, pero a nivel molecular

Polipropileno

Propiedades térmicas



Polymer	Tg °C	Tm °C Peak	100% crystalline ΔH_m J/g
PP	-10 to 0	165 to 176	207
		120 to 165	
		165	





Polipropileno

Propiedad	Aumento de atacticidad	Propiedad	Aumento de atacticidad
Rigidez	↓	Propiedades ópticas generales	↑
Módulo	↓	Extractables	↑
Esfuerzo de deformación	↓	Generación de humos	↑
Elongación	↑	Tolerancia a la irradiación	↑
Viscosidad	↑	Pegajosidad en caliente	↑
Resistencia al envejecimiento al calor	↑	Temperatura de fusión	↓
Temperatura de deflexión bajo carga	↓	Calor de fusión	↓
Calidad en el color	↓	Temperatura de cristalización	↓
Haze en películas	↓	Tendencia al bloqueo en películas	↑

Efecto de la atacticidad sobre las propiedades del PP

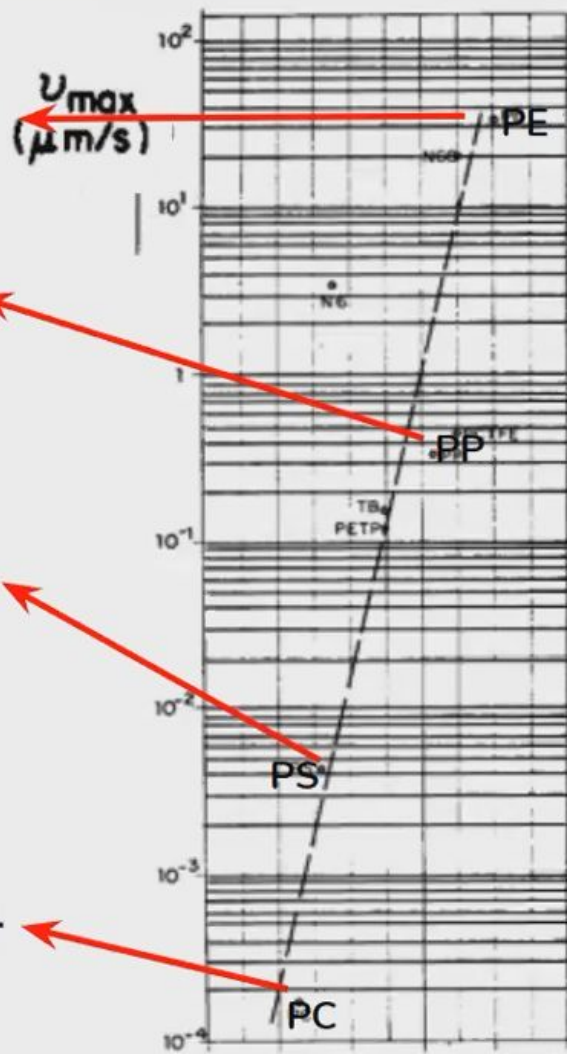
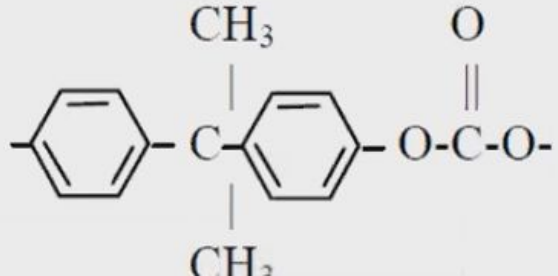
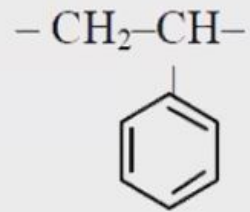
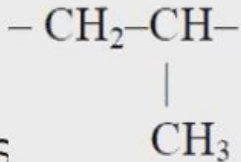
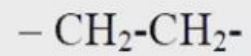
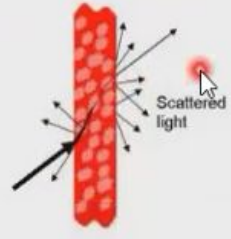
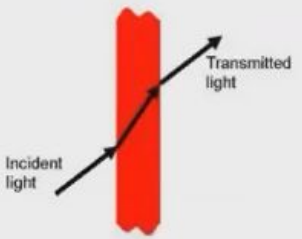


Polipropileno Atactico



Velocidad de crecimiento de cristales

Estructuras simples y regulares alcanzan mayores grados y velocidades de crecimiento de cristales



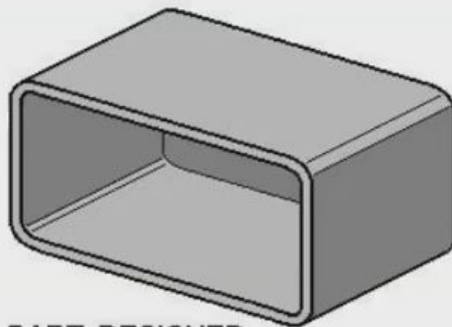
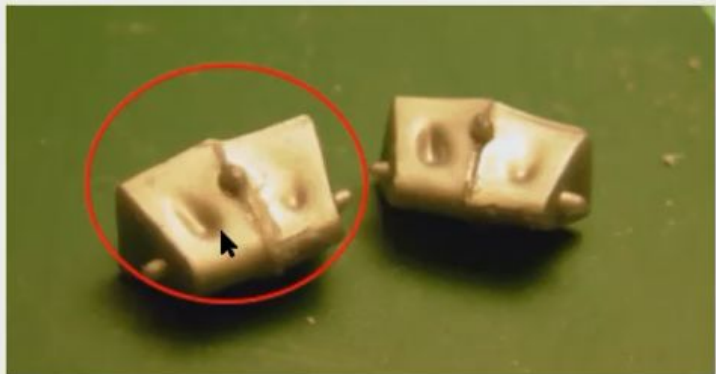


Polipropileno

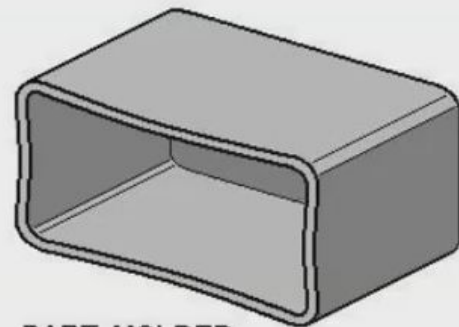
POLIMERO	VELOCIDAD DE CRISTALIZACIÓN [micrones/min]	CRISTALINIDAD MÁXIMA [%]
POLIETILENO	>1000	80
POLIAMIDA 6/6	1000	70
POLIAMIDA 6	200	35
POLIPROPILENO (i)	20	63
PET	7	50
PS ISOTÁCTICO	0.3	32
PC	0.01	25



Polipropileno



PART DESIGNED



PART MOLDED



Polipropileno

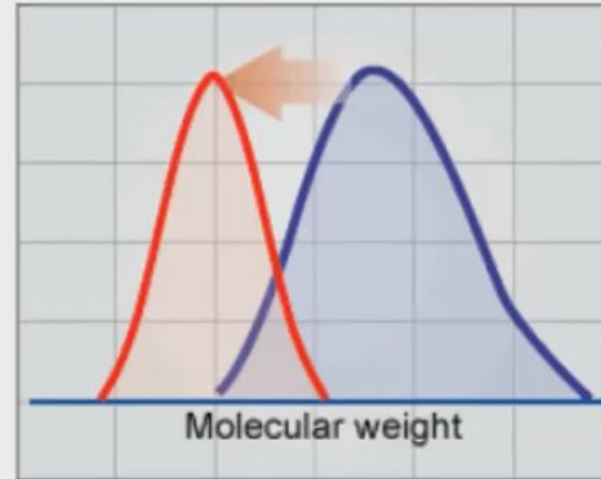
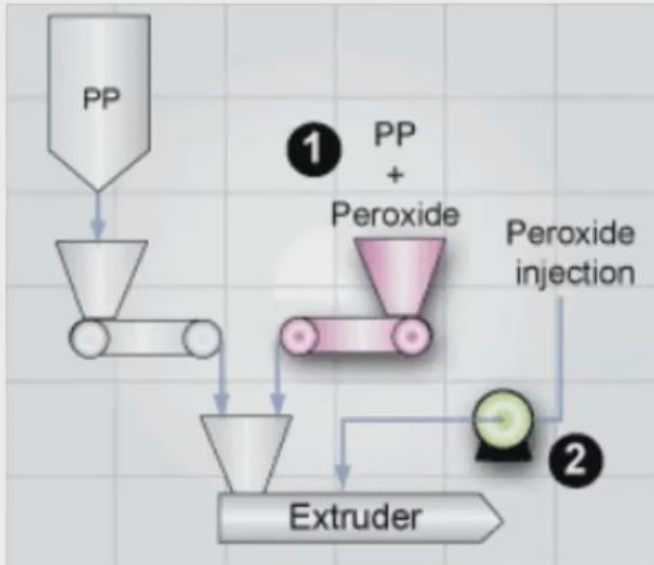
Reología controlada o “visbreaking”

Reacción con un peróxido orgánico.

Distribución de pesos moleculares más estrecha y menor peso molecular.

Baja la viscosidad

Aumenta la fluidez





ICIPC®

Polipropileno

PP-H: Comparación con el HDPE y LDPE

- Tiene una menor densidad
- Más transparente
- Más frágil a baja temperatura
- Un punto de fusión significativamente más alto
- Un mayor módulo de flexión.
- Mayor dureza y facilidad de orientación
- Es más vulnerable a la degradación oxidativa
- Su viscosidad varía más con la cizalladura. Existen tipos de reología controlada (CR)





Polipropileno

ICIPC®

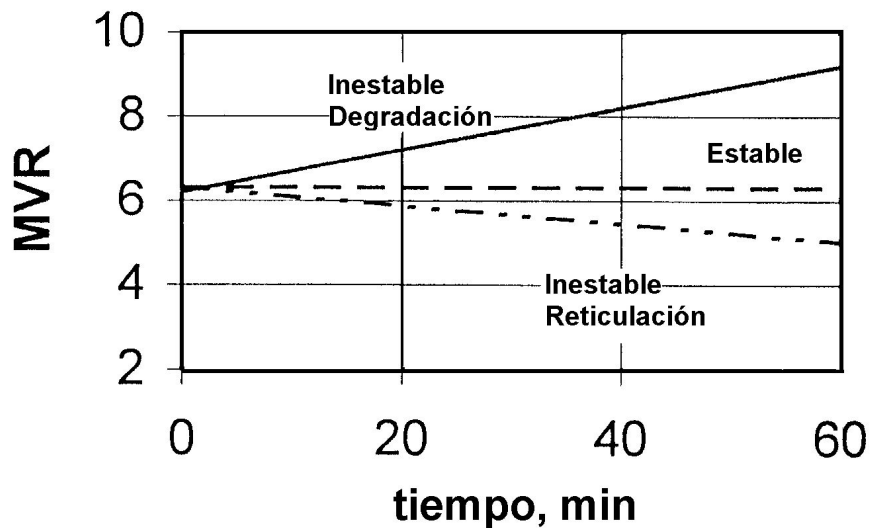
Tendencia al envejecimiento

- Síntomas:
 - Decoloración (amarillenta),
 - Pérdida de brillo o transparencia,
 - Fisuras en su superficie,
 - Pérdidas de propiedades mecánicas
- Remedios:
 - Utilización de antioxidantes
 - Estabilización física (orientación axial o biaxial)
 - Modificación estructural del polímero, (copolimerización)
- Los aditivos deben presentar
 - Baja volatilidad
 - Una mínima tendencia hacia la decoloración
 - Buena compatibilidad y resistencia a la extracción.



MFI como indicador de degradación

DEGRADACION TIPICA



JDS12.PCX

El incremento del MFI puede indicar procesos de ruptura de cadenas

La reducción del MFI puede indicar fenómenos de reticulación



Aplicaciones del Polipropileno



Polipropileno

Aplicaciones del PP





Polipropileno

Aplicaciones del PP

En Inyección:

- Componentes de electrodomésticos
- Bombas de agua caliente
- Cajas de aparatos
- Empaques y recipientes con bisagras integrales
- Ventiladores
- Tapas de recipientes
- Tableros de instrumentos en vehículos
- Manijas para puertas
- Muebles
- Jeringas desechables
- Maletas y portaequipajes
- Juguetes





Polipropileno

Aplicaciones del PP

Soplado:

- Botellas para cosméticos y medicamentos
- Conductos de aire en automóviles
- Recipientes para agua caliente

Extrusión:

- Perfiles
- Láminas
- Tubería
- Película (especialmente la PPBO)
- Espumas
- Sacos de empaque
- Rafia, cuerdas y filamentos
- Geotextiles





Polipropileno

Aplicaciones y Grados

GLASS FIBER REINFORCED GRADES

PUMP COMPONENTS

Pump casing, motor housing, and impeller are some applications where manufacturers can benefit from the stiffness, chemical resistance and dimensional stability benefits of Glass Reinforced SABIC® PP Compound products.



POWER TOOLS

Glass Reinforced SABIC® PP Compound products offer long term chemical resistance, stiffness and good visual appearance for hand tool housings.



WASHING MACHINE DRUM

Heavy loads in the high RPM washing machine drums require the strength and the stiffness of Glass fiber reinforced PP grades when mineral filled PP can not meet the required specifications. Glass reinforced SABIC PP compound resins are available from production locations in EU, US, MEA and PAC.



MULTI LAYER PP PIPE

Based on random Polypropylene, SABIC® PP Compound G1620B is designed to solve the low temperature impact issue of the domestic hot and cold PP pipes. This special formula product not only increases low temperature impact resistance but also offers cost savings by faster installation, as a result of a lower thermal expansion coefficient (CLTE) than unfilled PP.





Polipropileno

Aplicaciones y Grados

MINERAL FILLED GRADES

AIR-CONDITIONER FAN BLADE

The talc-filled SABIC® PP Compound product family is a cost efficient solution versus alternative materials with high stiffness providing long term dimensional stability.



PROTECTIVE TRAVEL CASES

This heavy duty protective case has high impact resistance and stackability due to its formulation based on high performance SABIC Copolymer PP base resins.



COFFEE CAPSULES

SABIC® PP Compound 1961 grade can be an excellent candidate for single use coffee capsules. It increases shelf life with its enhanced oxygen barrier property. Compared to multilayer solutions, single layer coffee capsules are cheaper to produce and could be recycled after use.



CHAIRS

Talc filled SABIC® PP Compound grades offer high strength, good visual appearance and ease of processing for plastic chairs. Depending on your application design and requirements, homopolymer and copolymer based SABIC® PP grades are available.





Polipropileno

Productos Fabricados por Biorientación (flexibles)

- Empaque de para Snacks
- Envoltura de cigarrillos
- Cintas
- Etiquetas envolventes
- Etiquetas Autoadhesivas





Polipropileno

Aplicaciones flexibles





Polipropileno

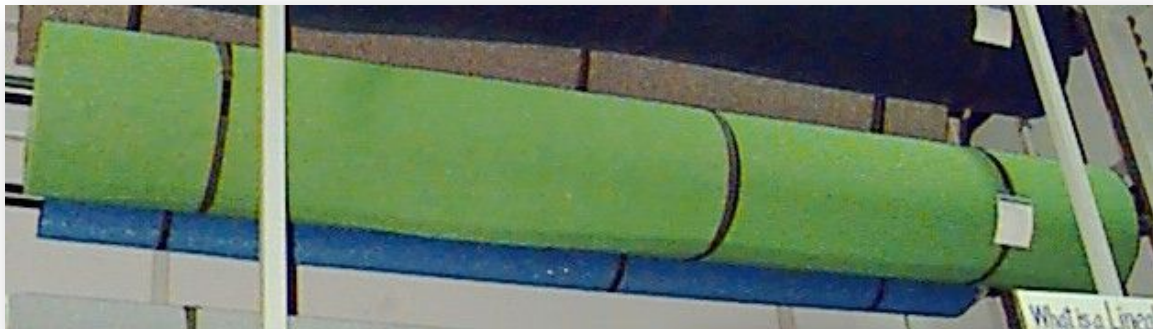
Aplicaciones del PP





Polipropileno

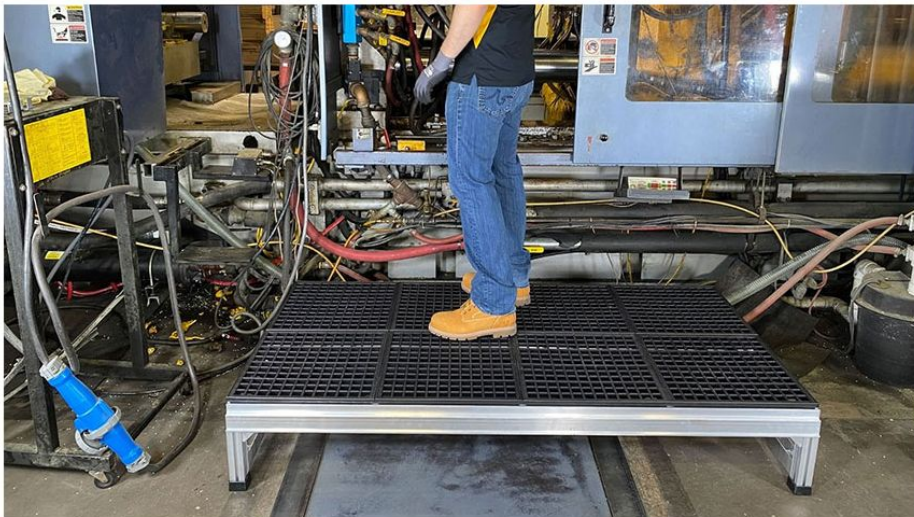
Aplicaciones del PP





Polipropileno

Aplicaciones del PP



FOUNDATION Modular Platforms from Wearwell Now Available



Foundation modular platform system. The line incorporates 100 percent postconsumer recycled (PCR) polypropylene (PP).

<https://www.recyclingtoday.com/article/wearwell-foundation-pcr-polypropylene-modular-platforms/>



Aditivos habituales para Poliolefinas y su función

Materiales plásticos - Familias y aplicaciones

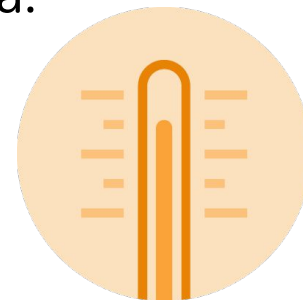


Antioxidantes y estabilizantes

Son compuestos empleados en muy baja concentración, por lo que no afectan la reciclabilidad, ayudan a evitar la degradación del material que puede ser causada por cualquiera de los siguientes mecanismos:

Termodegradación

- Ruptura de los enlaces por acción de la temperatura.
- Generación de estados excitados, reacciones de radicales intramoleculares.





Antioxidantes y estabilizantes

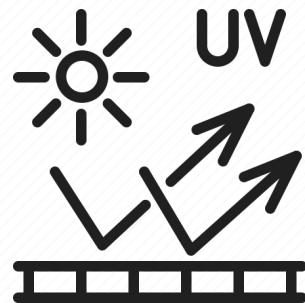
Oxidación

- Reacción de radicales inestables con oxígeno
- Fotólisis de hidroperóxidos y especies de carbonilos resultantes
- Cambios en apariencia y propiedades físicas



Fotodegradación

- Absorción de energía UV por cromóforos
- Generación de estados excitados, reacciones de radicales intramoleculares.



Antioxidantes y estabilizantes

Estabilización del fundido en el procesamiento

- Fenoles impedidos
- Fosfitos y fosfonitos
- Tioéteres y Tioésteres
- Lactonas
- Hidroxilaminas
- **α**-tocoferol (vitamina E)



Estabilidad térmica a largo plazo

- Sinergismo entre fenoles impedidos y producto tio
- Estabilizadores a la luz tipo aminas impedidas estéricamente HALS

Cuáles son los aditivos UV?

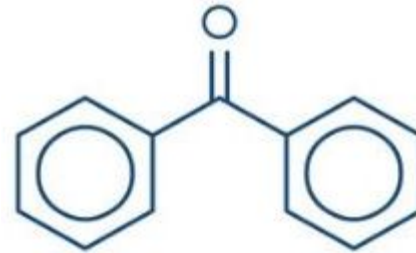
Estabilización del plástico a la radiación UV

Absorbedores UV (funcionan bien en espesores mayores de 100 micrones):

- Benzofenonas
- Benzotriazoles
- Benzoxazinonas
- Benzoatos impedidos
- Triazinas
- Oxalanilidas

Trampas de radicales libres

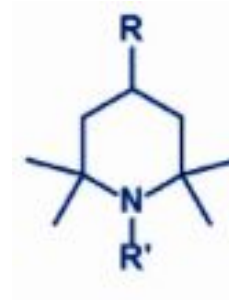
- HALS



Benzophenone



Benzotriazole



HALS



Aditivos para flexibles y rígidos

Pigmentos y colorantes

- Obtención de una amplia gama de colores mediante mezclas.
- Los colores como el negro afectan los sistemas de clasificación industrial basados en IR





Aditivos para flexibles y rígidos

Cargas y reforzantes

Las cargas son utilizadas para reforzar ciertas propiedades en los polímeros como la dureza y dar ciertos acabados superficiales. Sin embargo, reducen la aprovechabilidad de los materiales, al modificar su densidad.

- Talco
- Carbonato de Calcio (CaCO_3)
- Fibra de vidrio





Problemáticas comunes para el reciclaje de Poliolefinas

Materialés plásticos - Familias y aplicaciones



Segmentos que requieren rediseño e innovación

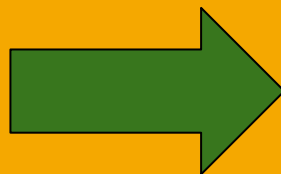
EXAMPLES	SHARE OF PLASTIC PACKAGING MARKET % BY WEIGHT	PRIORITY SOLUTIONS
SMALL-FORMAT Lids, tear-offs, caps, sachets and generally all items smaller than 40 - 70mm	 ~10%	REDESIGN packaging formats and/or delivery models (and after-use systems)
MULTI-MATERIAL Packaging with inseparable layers of different materials	 ~13%	INNOVATE In materials and reprocessing technologies
UNCOMMON MATERIALS Uncommon plastic packaging materials like PVC, EPS, PS	 ~10%	Actively explore to REPLACE as a priority PVC, EPS, PS by known alternatives
NUTRIENT-CONTAMINATED Coffee capsules, organic waste bags, takeaway food packaging	 NOT QUANTIFIED	SCALE UP compostable plastics for targeted applications to help recover nutrients of packaging contents

Empaques menores a 7cm tienen mayores posibilidades de hacer parte de las pérdidas de material



Problemáticas comunes para su reciclaje

Cambios en el estilo de vida



Problemáticas comunes para su reciclaje

- Lavado y remoción de suciedad
- Demasiada variedad en tamaños y colores.
- Los colores como el negro dificultan los procesos de separación por IR



Problemáticas comunes para su reciclaje

- La presencia de cargas disminuye la capacidad de ser aprovechados, por su cambio de densidad.
- La inclusión de etiquetas muy adheridas y la impresión sobre el polímero influyen negativamente.





Alto contenido de cargas

Carbonato de calcio, Talco



Mezclas de Polímeros con CaCO_3 que ofrece
“Reemplazar más de la mitad del plástico derivado de petroquímicos”



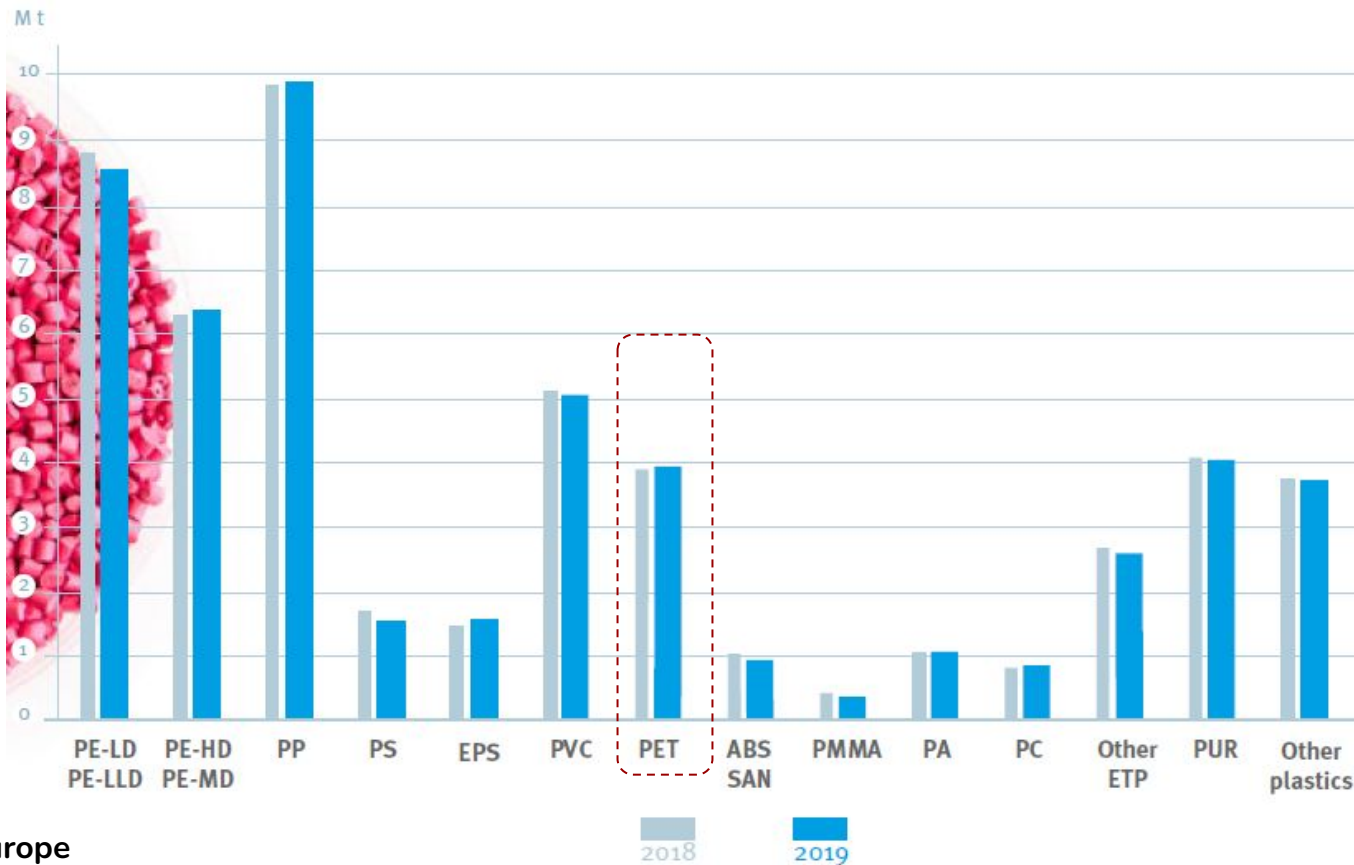


Poliéster - PET

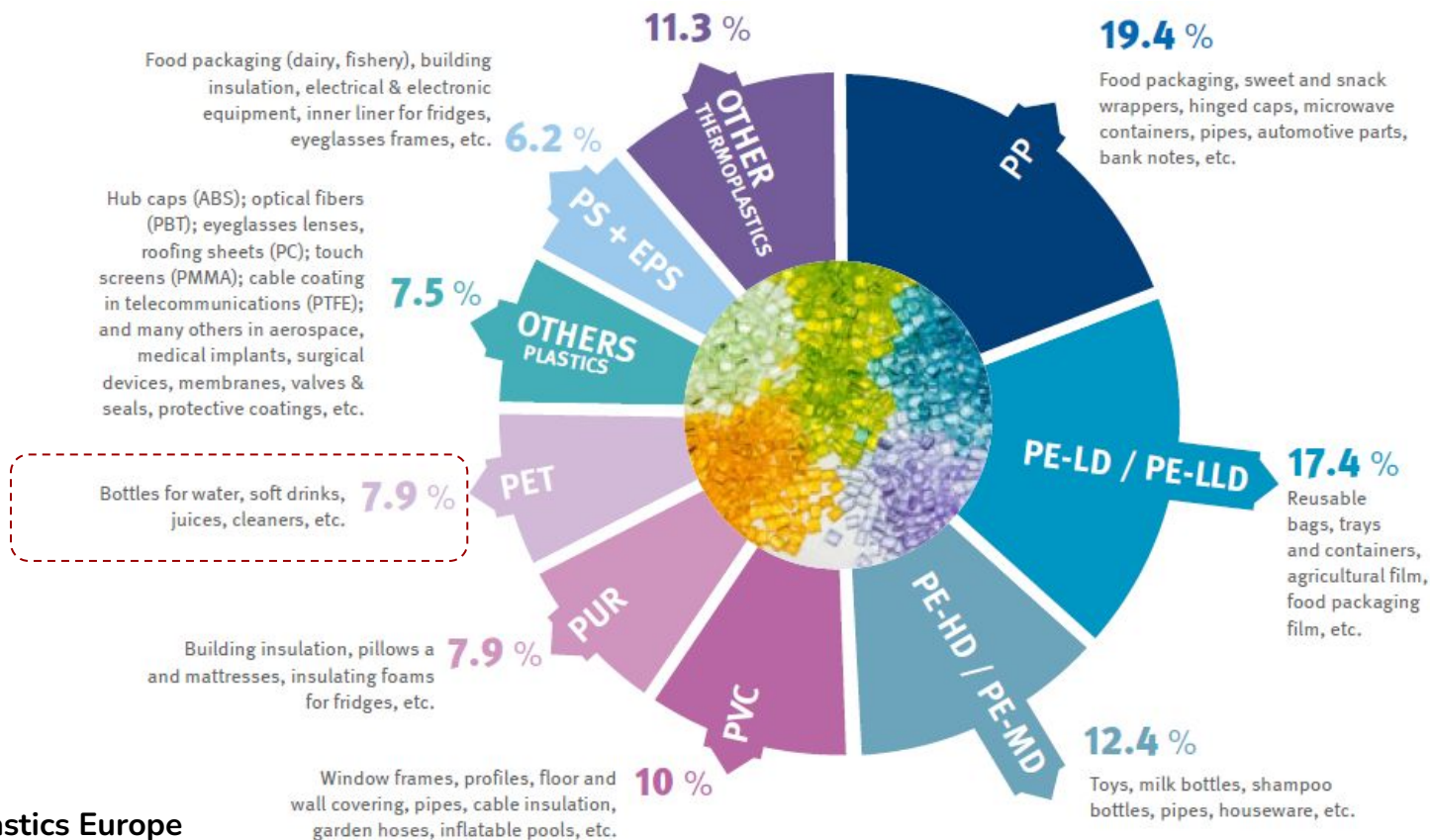
características y aplicaciones



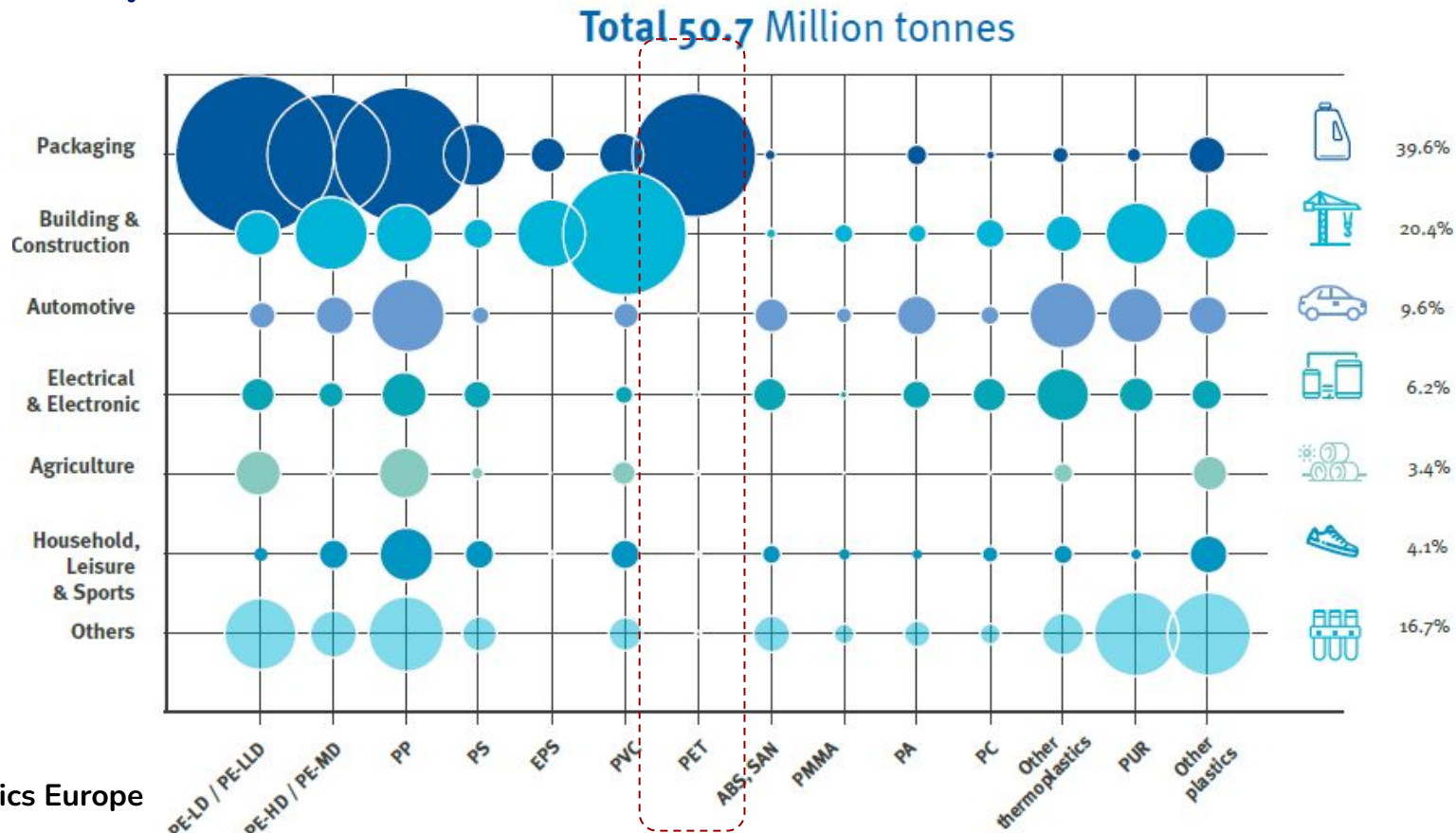
Demanda Europea de plásticos por tipo de resina 2019



Distribución de la demanda Europea de plásticos por tipo de resina 2019



Demanda Europea de plásticos por sector y tipo de polímero 2019





Demanda del PET

By Product Types	Bottles and Jars Bags and Pouches Trays Lids/Caps and Closures Other Product Types
By Packaging	Rigid Flexible
By End-user Industry	Food & Beverage Pharmaceuticals Personal care and cosmetic industry Industrial goods Household Products Other End-user industries



Actores en PET

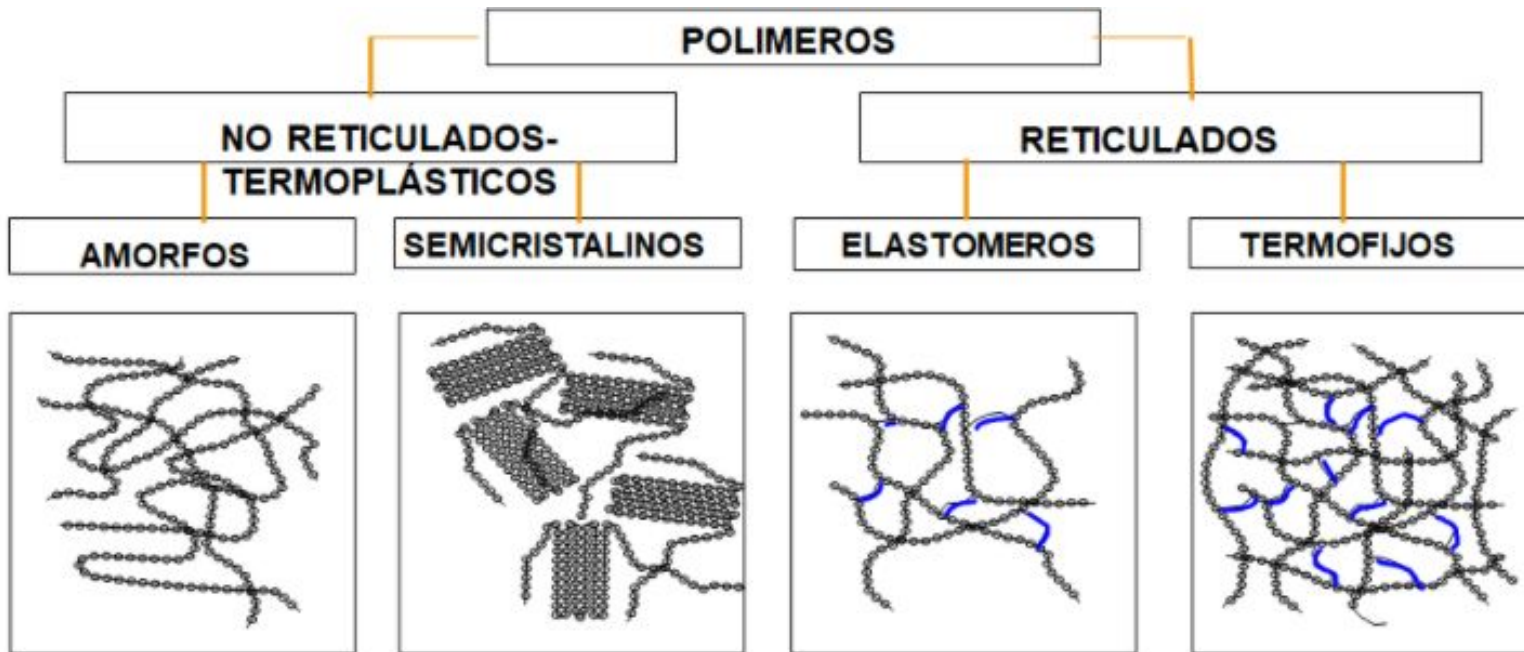
Amtcor Ltd.

Resilux NV

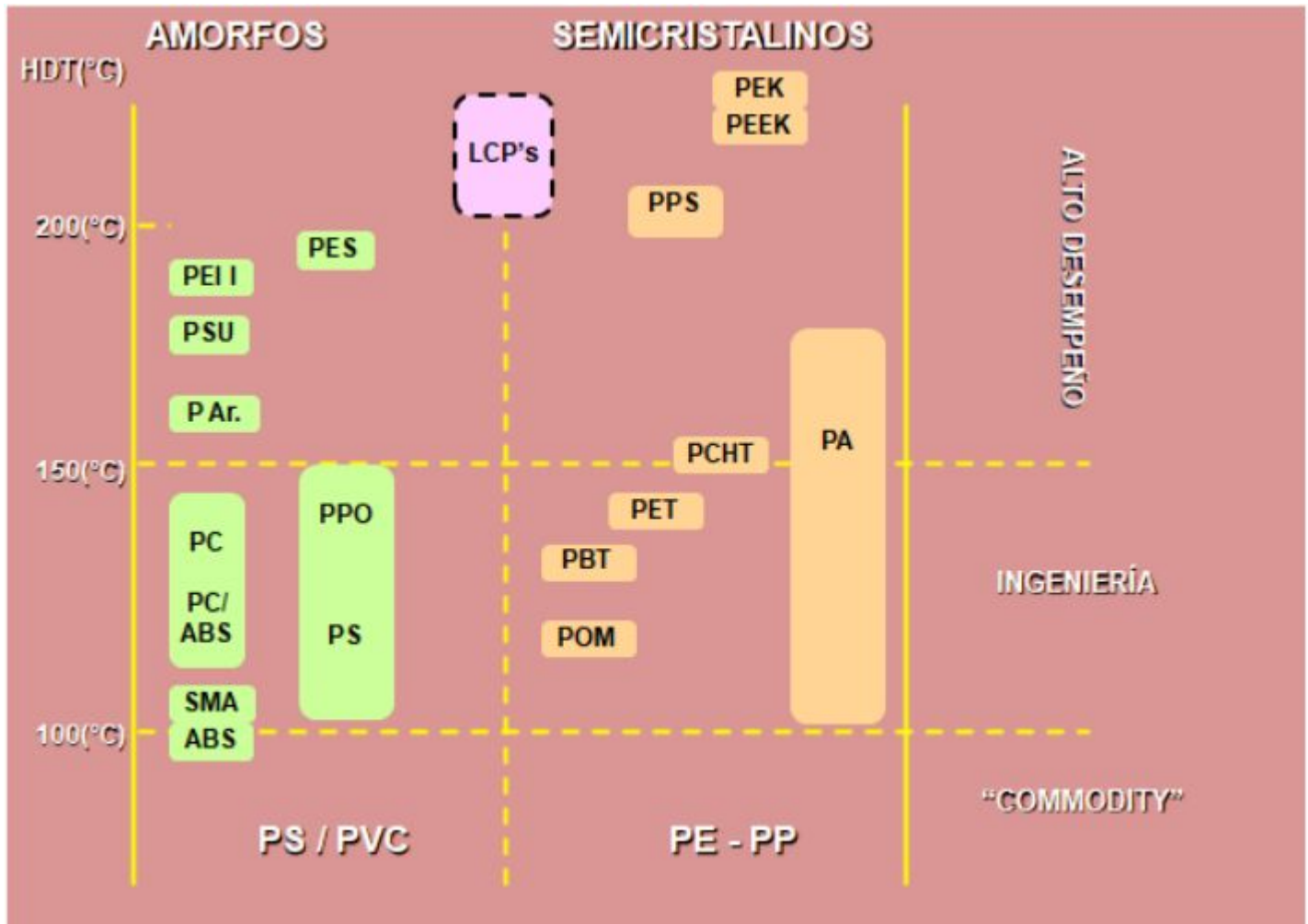
Gerresheimer AG

Berry Global Group Inc.

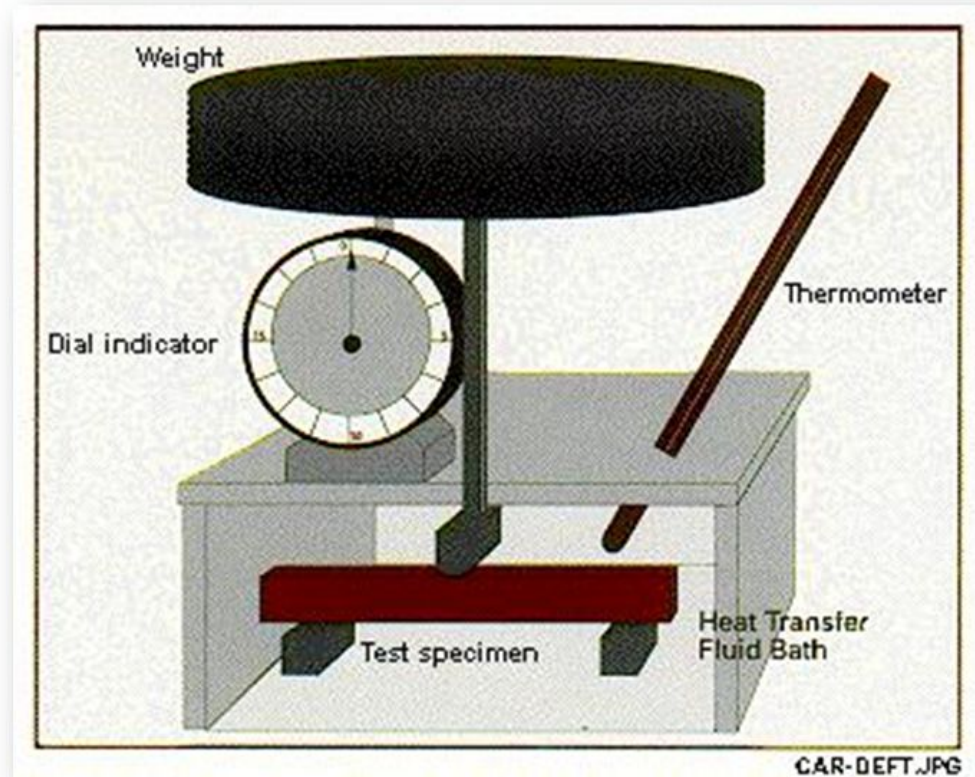
Silgan Holdings Inc.



PET



Temperatura de deflexión bajo carga



Temperatura de deflexión bajo carga

HDT:

ASTM D 648

Velocidad de calentamiento: 120 °C/h

Esfuerzos: 0.455 MPa y 1.82 MPa

Deflexión de 0.25 mm

Temperatura de ablandamiento Vicat:

ASTM D 1525

Velocidad de calentamiento: 50 y 120 °C/h

Carga: 10 y 50 N

Penetración de 1 mm



Poliéster-PET-Tipos de resinas

PET resina para botellas: Aguas y Bebidas

APET: Amorfo usado en forma de láminas para termoformado (traslucido no orientado)

RPET: Reciclado postconsumo

CPET: Cristalino, resistente a la temperatura, usado para llenado en caliente (Hot Fill) (opaco)

PETG: Modificado con Glicol usado en Etiquetas Termoencogibles, Blisters y Clamshells



Sealable directly on aPET peelable base



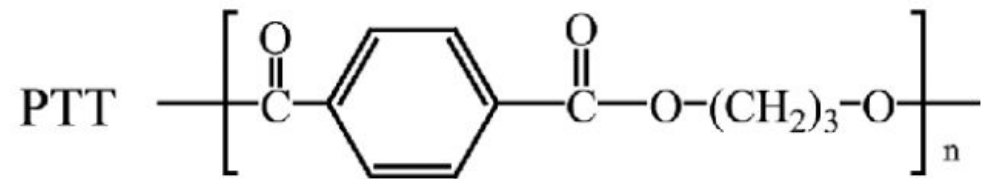
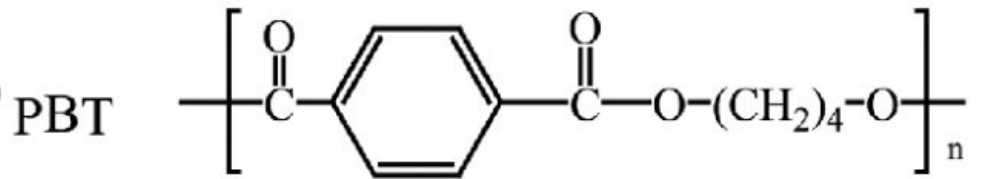
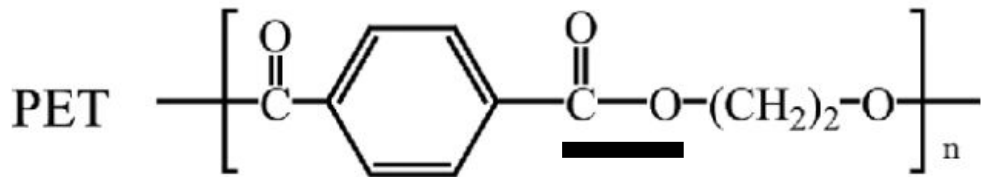
PET -Características



- Densidad alta (1,30 g/cm³)
- Excelente imprimibilidad
- Se considera como no sellable aunque el PETG (modificado con glicol) tiene una temp. Vicat 78°C
- Utilizado para empaques retortables (Temp fusión 260°C)
- Baja interacción (no confiere sabor/olor)
- Pobre resistencia al fundido



Poliester-Tipos de resinas

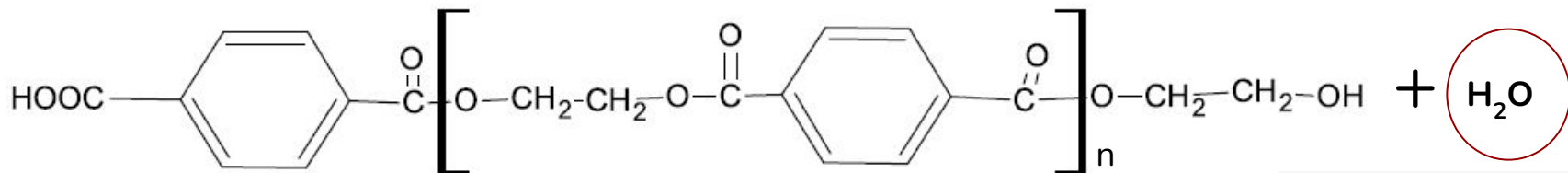
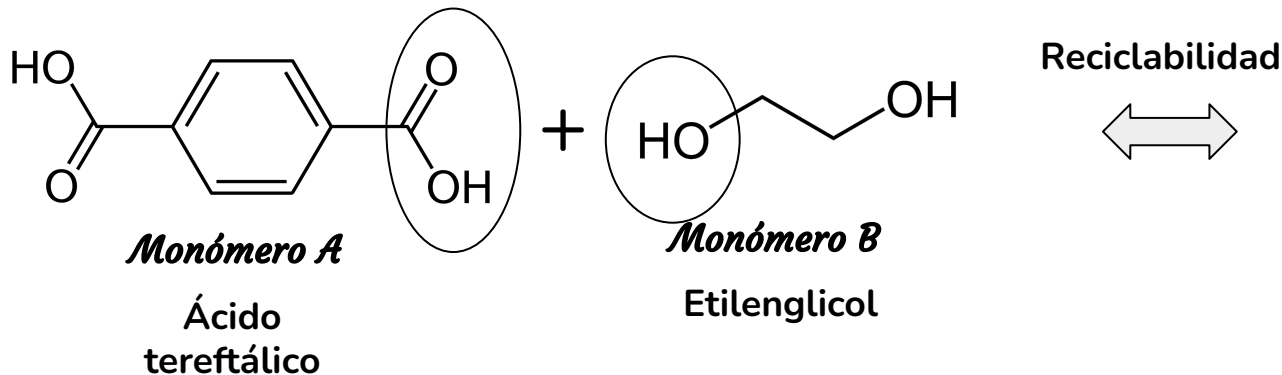


PET poly-ethylene terephthalate

PBT Polybutylen terephthalate

PTT Polytrimethylene terephthalate

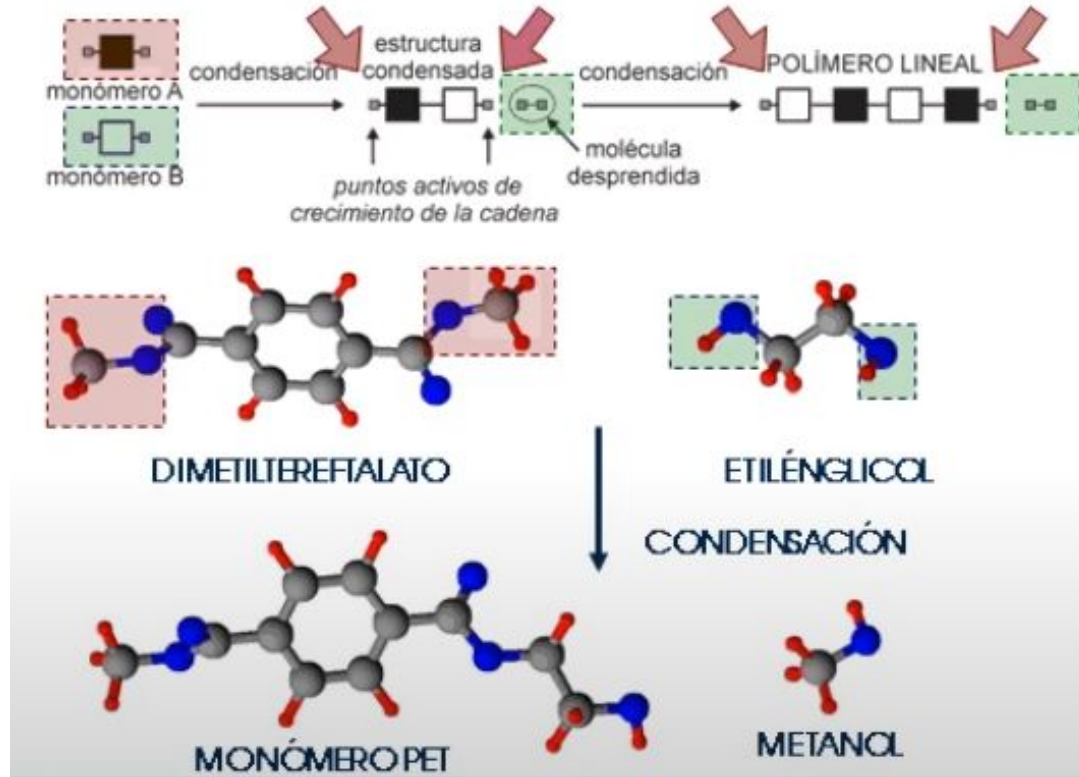
Obtención de PET a partir del PTA-Condensación



Unidad estructural que se repite n veces
 Polietilentereftalato (PET)

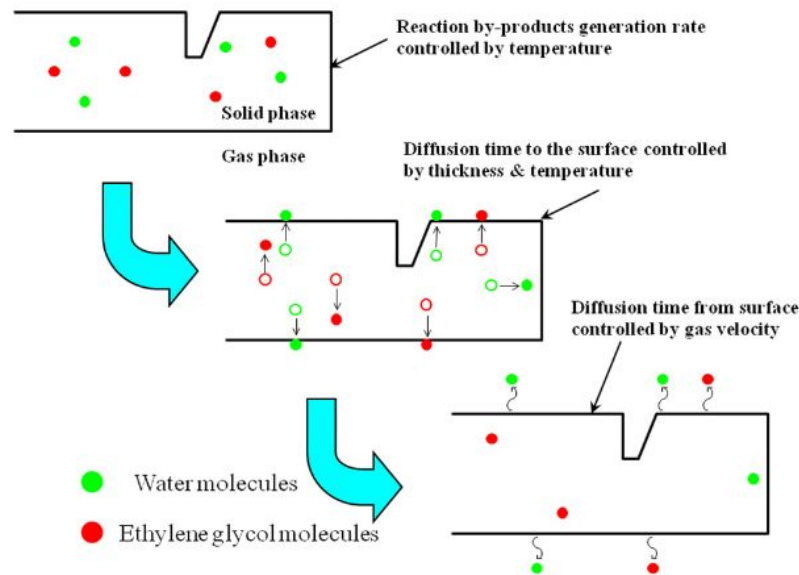


Obtención de PET a partir del DMT



Postcondensación - Aumento PM

Mediante calentamiento del polímero en estado sólido, por encima de la T_g y por debajo de T_m , se promueven reacciones de esterificación y transesterificación, el subproducto de la reacción se remueve mediante vacío con gas inerte.





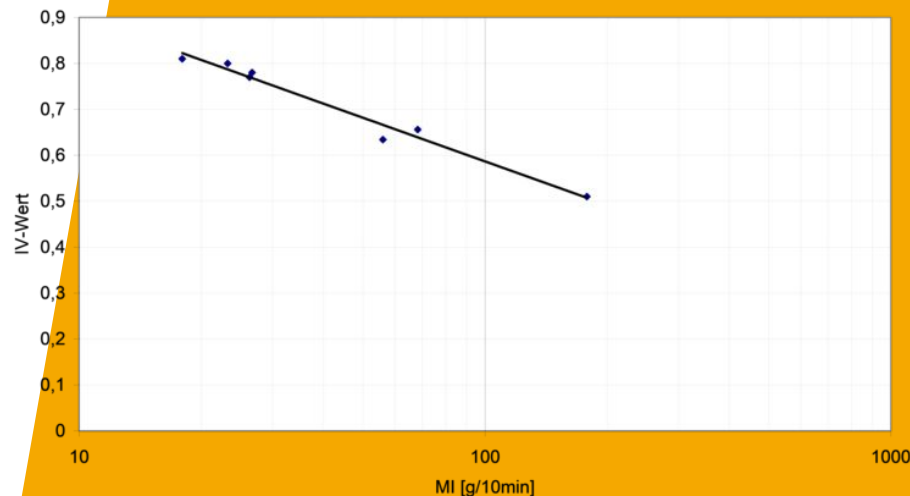
Poliester-PET-Peso Molecular

No se mide el MFI, el parámetro que se reporta y controla es la Viscosidad Intrínseca (Iv)

- Medida indirecta del peso molecular promedio.
- El procesamiento y el presecado debe ser tal que la caída en viscosidad no sea mayor a 0.03 dl/g (Pérdida de propiedades mecánicas).

Si bien es posible conseguir una buena correlación con el MFI el procedimiento requiere cuidados extremos

Korrelation zwischen Schmelzindex- und IV-Wert für PET



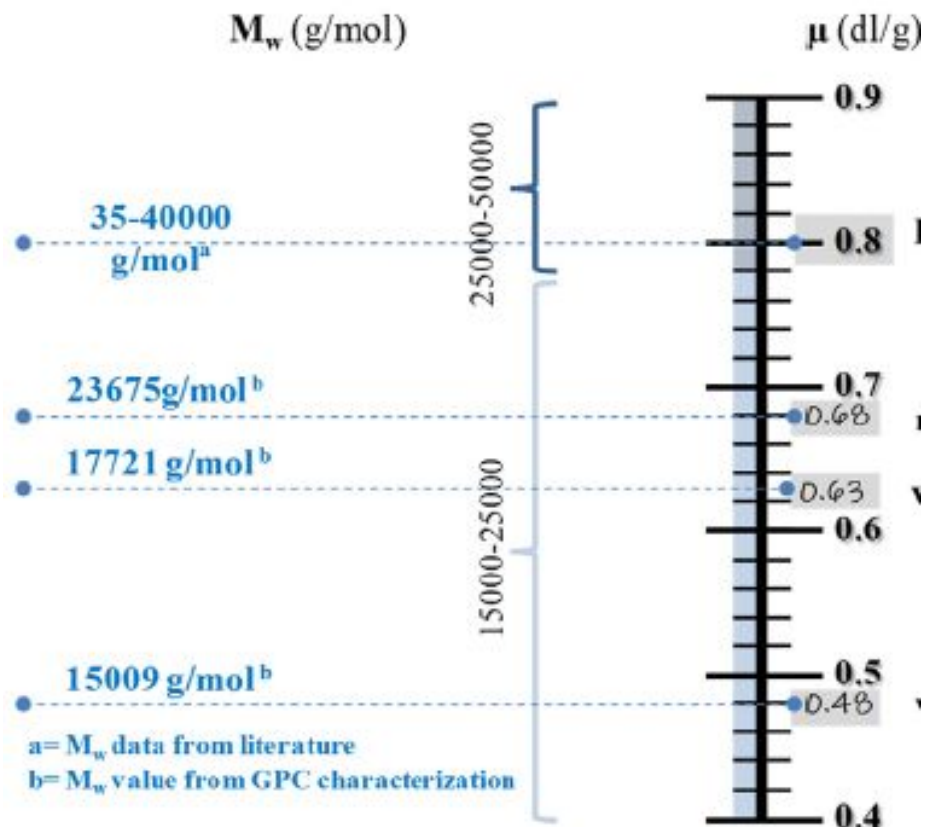
uente:

<https://www.goettfert.com/application-knowledge/rheo-info/for-melt-flow-indexer/the-detection-of-the-intrinsic-viscosity-iv>

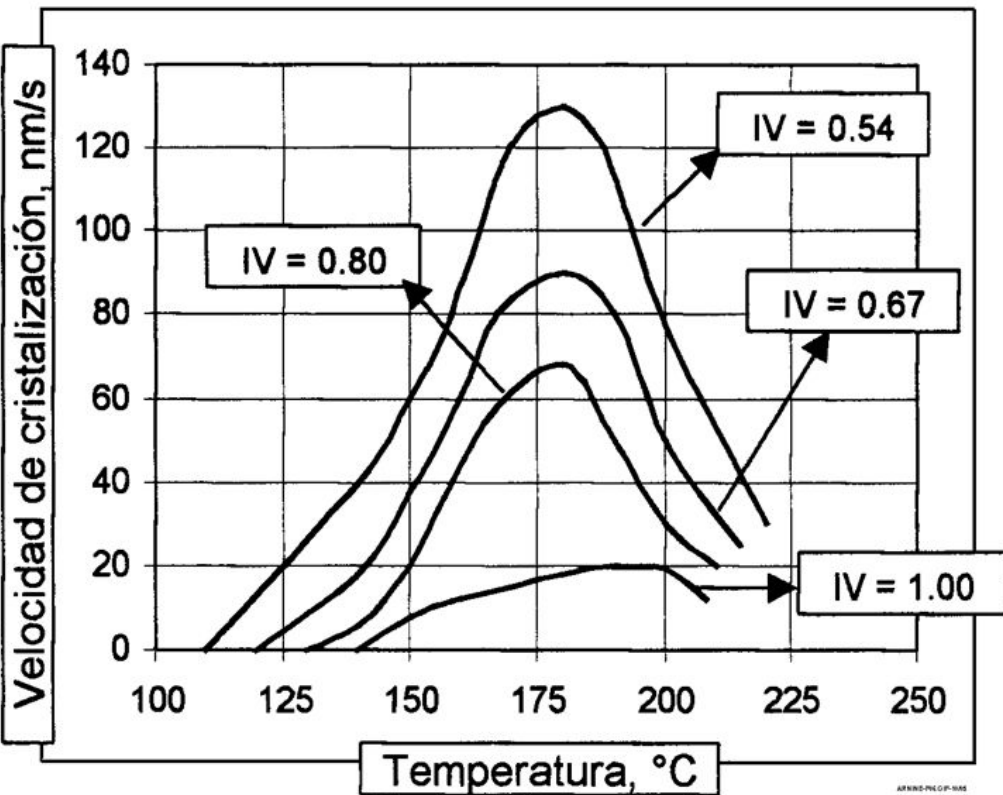
Aplicaciones del PET según su η_v

Aplicación	Viscosidad intrínseca η_v [dl/g]
Cintas de grabación	0,60
Fibras	0,65
Botellas de refresco	0,73 – 0,80
Tejidos para llantas	0,85
Micro y nano espumados para paneles multicapa	0,70 – 1,1
Áreas donde se requieran propiedades mecánicas excepcionales	>1

Peso Molecular del PET según su IV

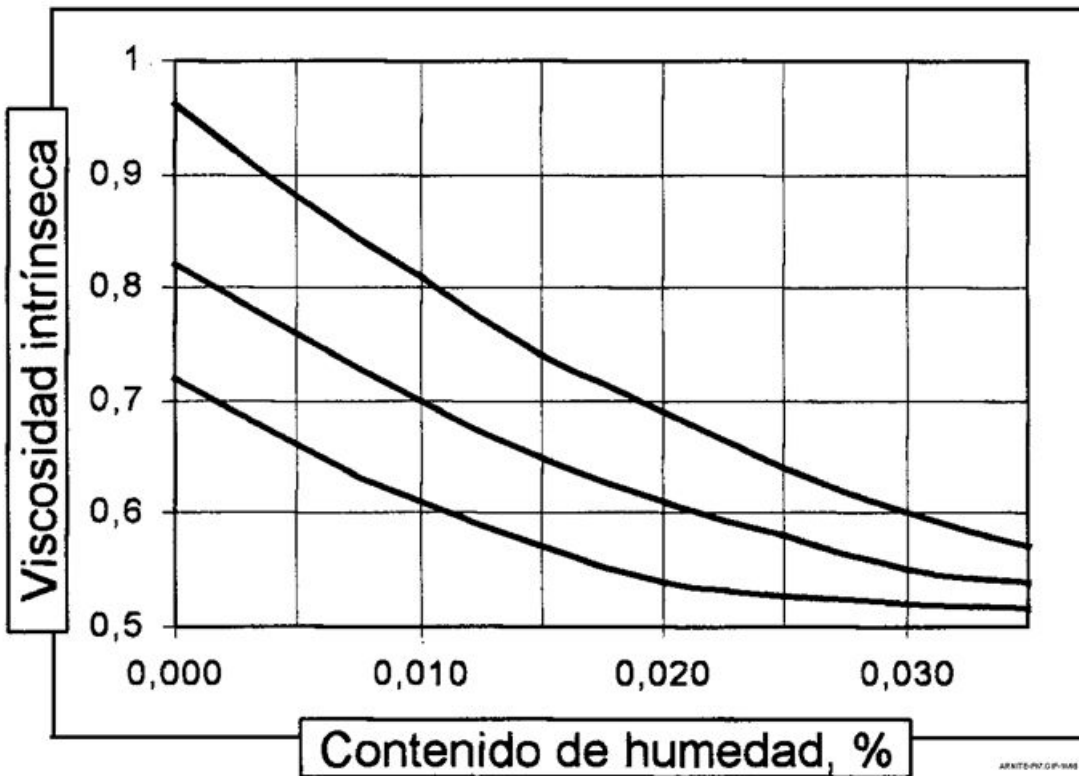


Efecto de la variación del IV



Variaciones en la Viscosidad Intrínseca tienen un efecto dramático en el desempeño del PET

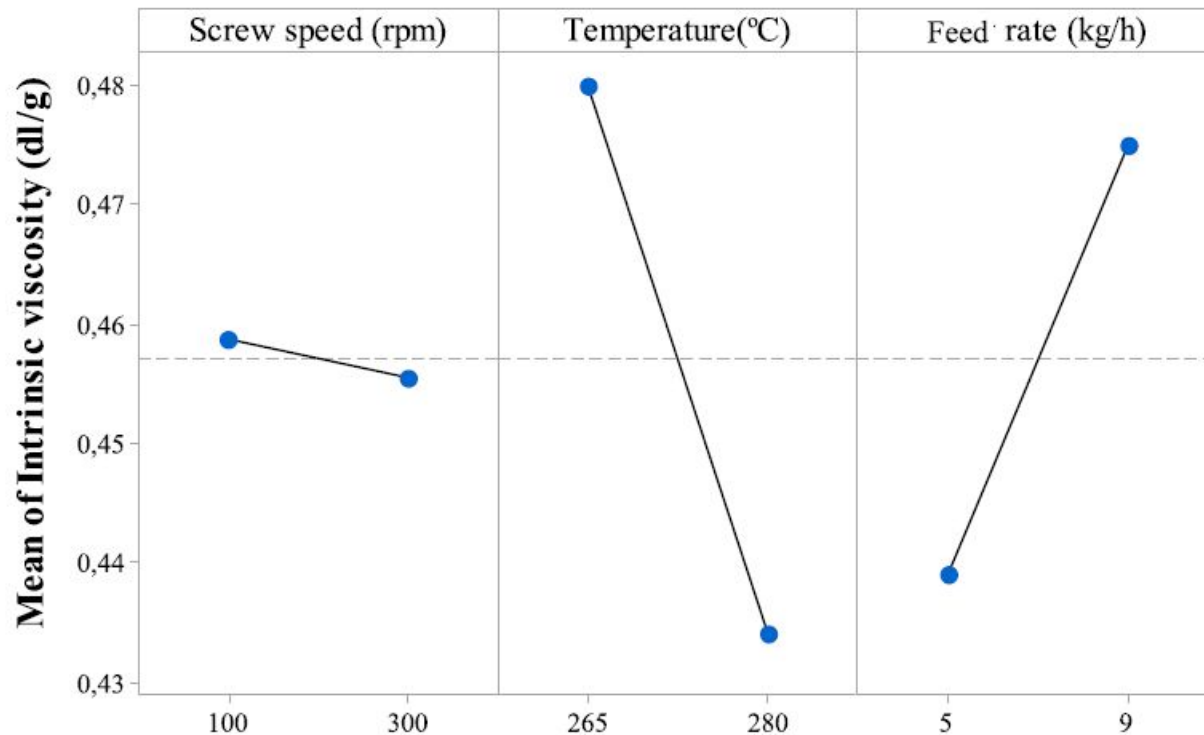
PET Acondicionamiento



El contenido de Humedad tienen un efecto directo en la Viscosidad Intrínseca

Efecto de los parámetros de proceso en IV

Main Effects Plot for Intrinsic viscosity (dl/g)



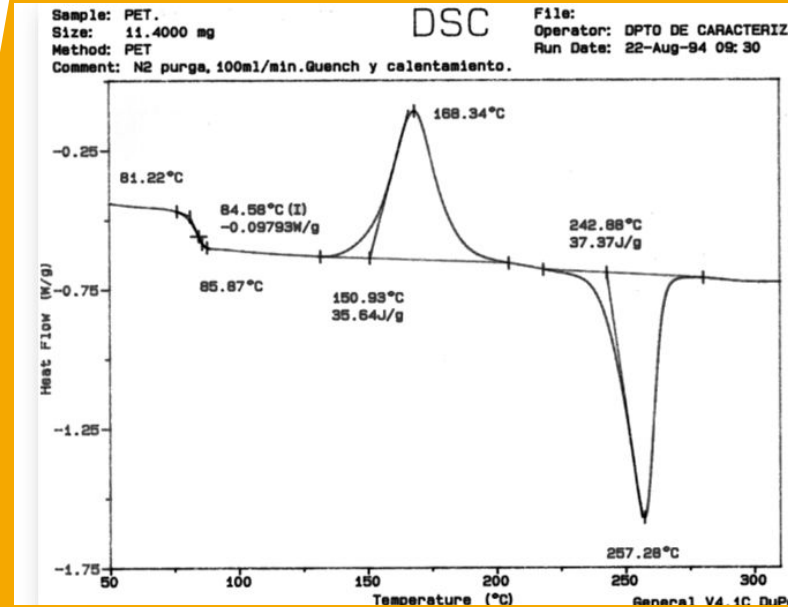
Velocidad de cristalización y porcentaje máximo de cristalinidad



POLIMERO	VELOCIDAD DE CRISTALIZACIÓN [micrones/min]	CRISTALINIDAD MÁXIMA [%]
POLIETILENO	>1000	80
POLIAMIDA 6/6	1000	70
POLIAMIDA 6	200	35
POLIPROPILENO ISOTÁCTICO	20	63
PET	7	50
PS ISOTÁCTICO	0.3	32
PC	0.01	25

PET - Características

- Material "cristalizable", puede ser Amorfo ó semicristalino, dependiendo de las condiciones de proceso utilizadas.
- Velocidad de cristalización relativamente baja en comparación con otros semicristalinos (vgr. POM, PE rígido)
- La máxima velocidad de cristalización se alcanza a los 175°C.
- Temperaturas de molde entre 140 a 175 °C cuando el producto lo requiere.





PET - Características

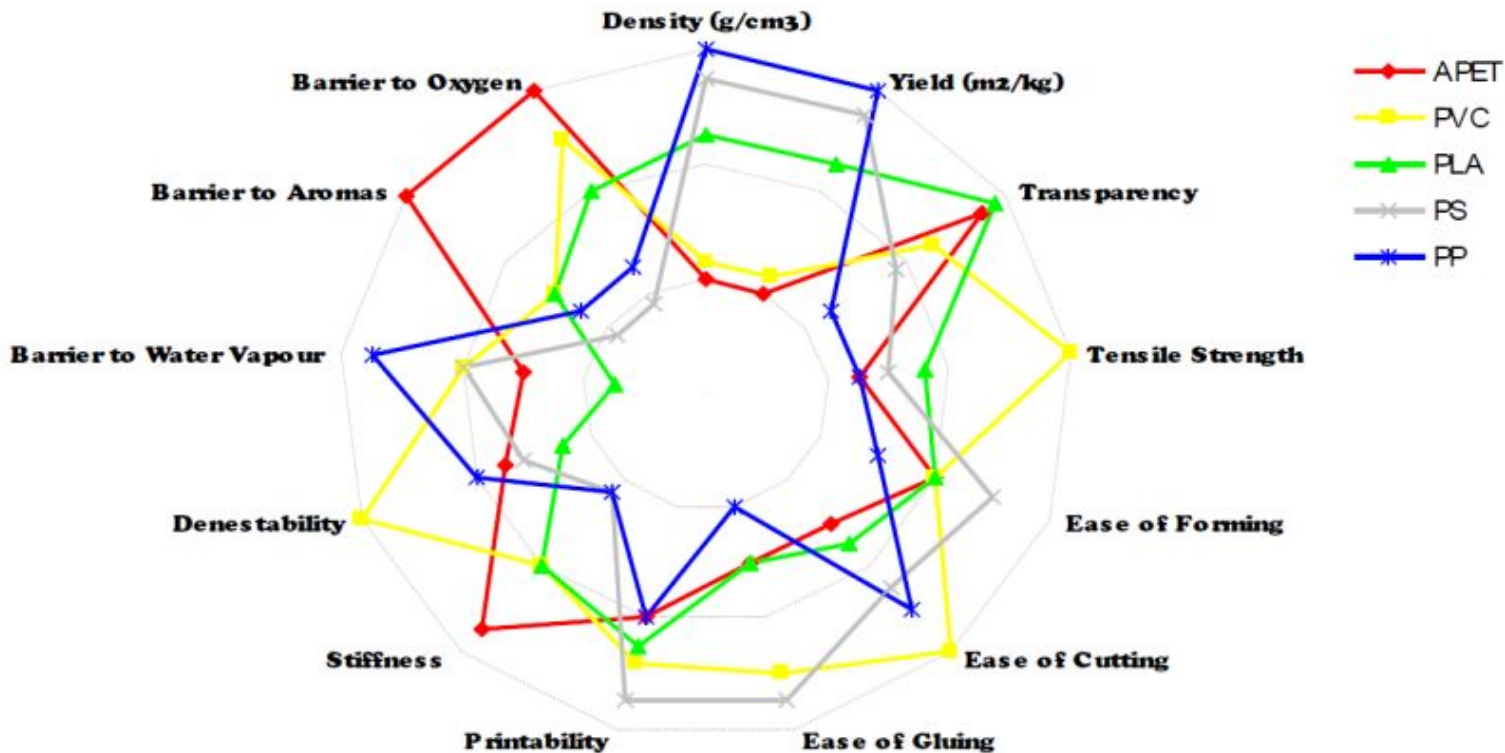
- Polímero Rígido, y de buena estabilidad dimensional
- Posee buenas barreras al Oxígeno
- Baja Absorción de agua
- Buena resistencia química excepto a los álcalis que lo hidrolizan
- Altamente transparente (Amorfo)



<https://www.interempresas.net/Envase/Articulos/54032-El-diseño-de-envases-PET-reune-forma-y-funcionalidad.html>

PET

Comparación con otros materiales



PET -Comparación con PP



Característica	PET	PP
Transparencia	+++	+
Resistencia Calor	+ (71°C)	++ (80°C)
Resistencia al Impacto	+++	++
Barerras al Oxígeno	++	+
Barrera al Vapor de Agua	+	++
Reciclabilidad	+++	+



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 - <https://icipc.org>



@ICIPCmedellin



@ICIPC



@ICIPC_Medellin



@ICIPC



Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho



Cra. 49 # 5 Sur – 190, Bloque 37 – Zona Postal 050022

Tel. +574 311 6478 Fax +574 311 6381

E-mail: icipc@icipc.org - www.icipc.org

Medellín - Colombia