

**fcfm**

Ingeniería Eléctrica  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

## EL57C - Taller de diseño I

---

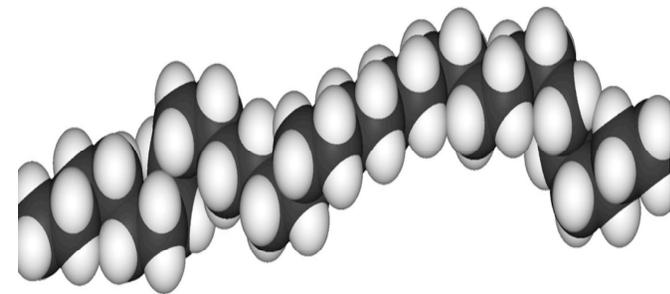
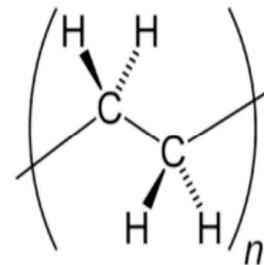
# Polietileno

**Marco Peirano**  
**Eduardo Pereira**

# Polietileno

---

- Es químicamente un polímero:  
Polimerización del etileno o eteno  
 $\text{CH}_2=\text{CH}_2$
- Alta producción a nivel mundial:  
60 M de Toneladas en 2005



# Origen del Polietileno

---

- Década de los 30: Experimentación sobre los efectos de las altas presiones en reacciones químicas.
- 1400 atm y 170°C:  
Se produjo un sólido blanco depositado en las paredes del recipiente de prueba





# Origen del Polietileno

---

- Se encontraron propiedades interesantes: gran flexibilidad, y una extraordinaria resistencia eléctrica.
- Decada de los 50: se introduce el uso de catalizadores Ziegler-Natta, logrando la polimerización a presión atmosférica

# Propiedades del polietileno

---

- Propiedades diferentes:  
Estructura ramificada  
(menor densidad) y lineal  
(mayor densidad)

Polímero lineal



Polímero ramificado



Existen diferentes tipos de polietileno

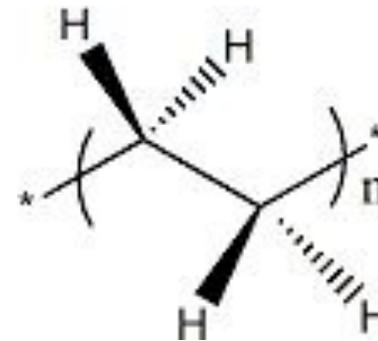
- De baja densidad LDPE
- Lineal de baja densidad LLDPE
- De alta densidad HDPE

# Propiedades del polietileno

---

Densidad, peso molecular promedio y su distribución determinan las propiedades mecánicas, que a su vez dependen de la estructura molecular

Las propiedades eléctricas **no cambian**, ya que la composición química es la misma





# Propiedades del polietileno

---

## **Aumento de la densidad**

- + punto de ablandamiento, impermeabilidad a gases y líquidos, claridad y brillo
- flexibilidad y tenacidad

## **Aumento promedio peso molecular**

- + tenacidad, viscosidad



# Propiedades del polietileno

---

## **LDPE: Low Density Polyethylene**

- Flexible
- Liviano
- Transparente
- Inerte (al contenido)
- Impermeable
- Bajo costo

## **HDPE: High Density Polyethylene**

- Resistente a las bajas temperaturas
- Alta resistencia a la tensión compresión tracción
- Baja densidad en comparación con metales u otros materiales



# Proceso de Obtención

---

Para obtener polietileno, se necesita el etileno puro, por ejemplo por refinación del gas natural

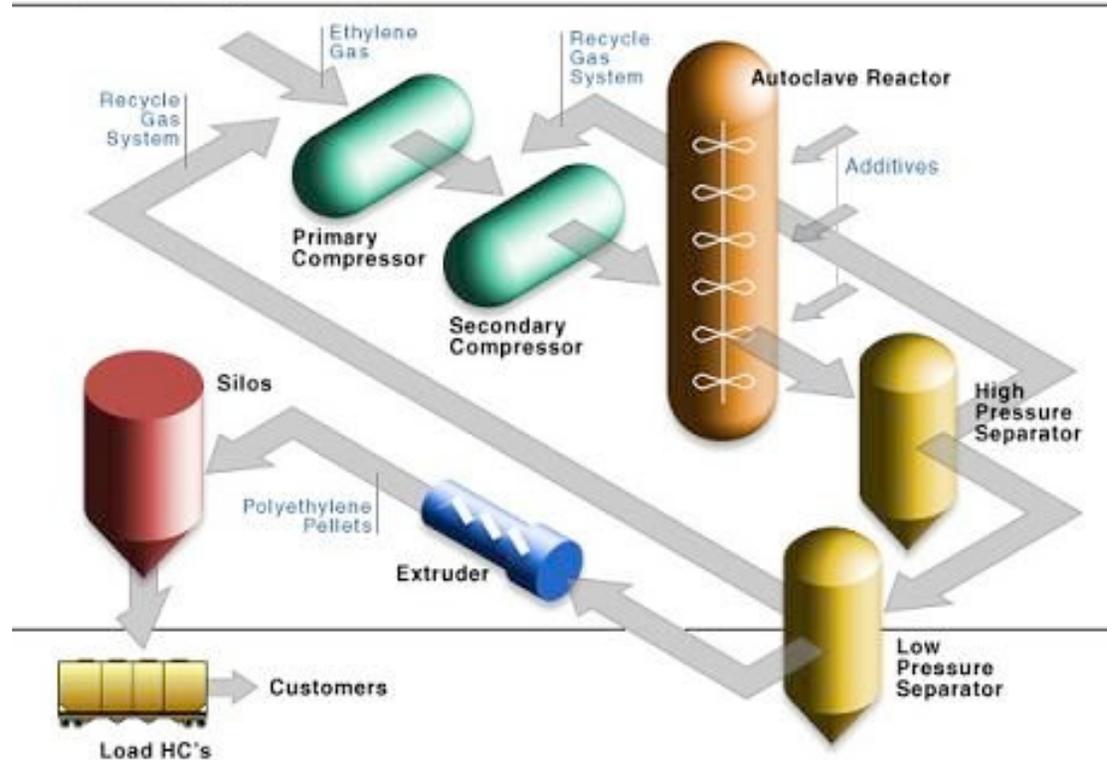
Despues, se produce la polimerización del etileno

- Alta presión para LDPE
- Baja presión para LLDPE y HDPE

# Proceso de Obtención

Alta presión para LDPE; autoclave y tubo

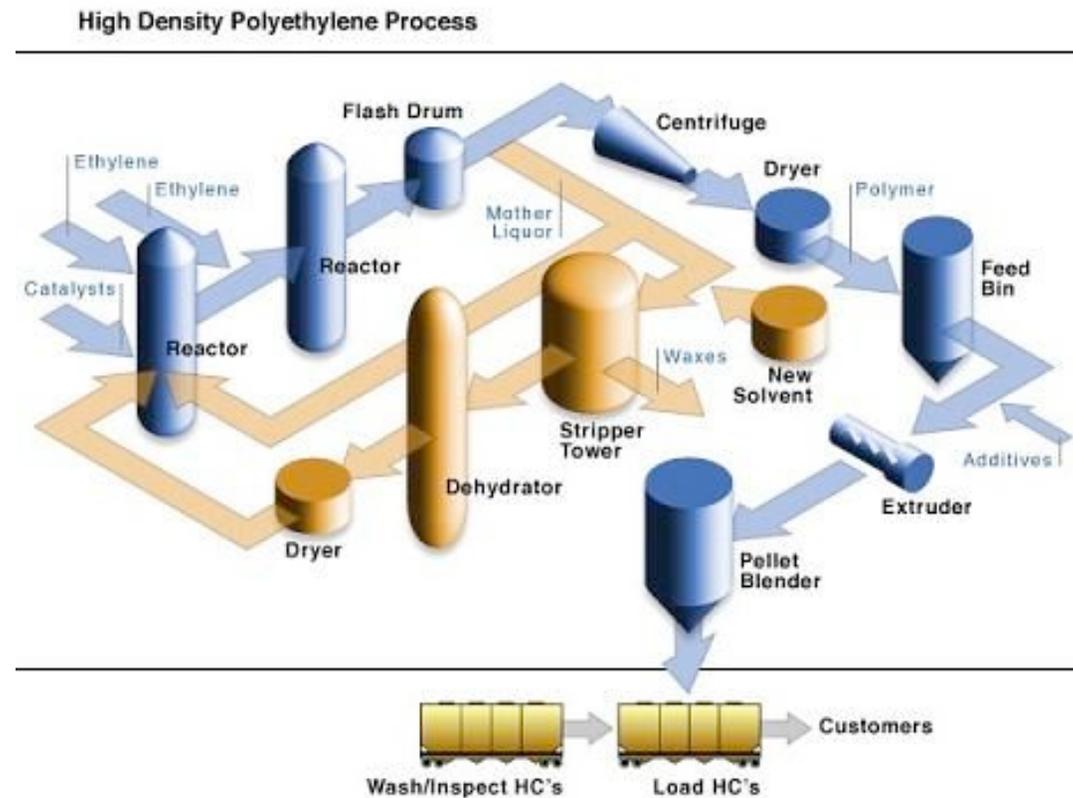
Low Density Polyethylene Production Process  
(Antwerp Polymers Plant)



# Proceso de Obtención

Baja presión para LLDPE y HDPE; catalizadores Zeigler-Natta en 4 procesos distintos

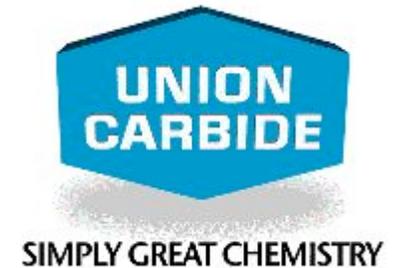
Gas  
Disolución  
Suspension  
Masa



# Proveedores de Polietileno

---

- Principales Fabricantes del material:
  - Dow Chemical Co (EEUU).
  - Du Pont (Canada).
  - Union Carbide Co (EEUU).





# Tipos de Polietileno Comercializados

---

- Resinas de Grado Fibra ASPUNATTANE.
- Resinas de Polietileno de Ultra Baja Densidad (ULDPE).
- Resinas de Polietileno.
- Resinas de Polietileno Mejorado (EPE).
- Resinas de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).
- Resinas de Polietileno de Baja Densidad (LDPE).
- Resinas de Polietileno de Baja Densidad Lineal (LLDPE).
- Resinas de Polietileno de Media Densidad (MDPE).
- Polietileno Reticulado (PEX).

# Catálogos



## HDPE XB 81830.05

Polietileno de Alta Densidad

HDPE XB 81830.05 es un Polietileno de Alta Densidad, copolímero de peso molecular medio, producido mediante el Proceso Gas Phase. Esta resina presenta un excelente balance de propiedades y características de procesamiento. Por su estructura molecular, este material combina una elevada resistencia mecánica y al resquebrajamiento bajo tensiones en medio agresivo (ESCR), con una buena procesabilidad.

### Principales Características

- Extrusión de ductos de comunicación monotubo, multitubo (tritubo, etc)
- Extrusión de planchas para termoformado
- Extrusión de caños corrugados de bajo diámetro
- Cumple con la regulación FDA 21 177.1520(c)3.2ª.

### Propiedades<sup>(1)</sup>

Físicas de la resina

Índice de Fluidez (190°C / 2,16kg), g/10 min

Densidad, g/cm<sup>3</sup>

Punto de Ablandamiento Vicat, °C

Propiedades de la Placa

Tracción en el Punto de Fluencia, MPa (psi)

Elongación en el Punto de Ruptura, %

Resistencia al Impacto Izod, J/m<sup>2</sup>

Dureza Shore D

Módulo Secante al 2%, MPa (psi)

Tiempo de Inducción a la Oxidación a 200°C, min

ESCR<sup>(2)</sup>, h

Metodos

ASTM D 1238

ASTM D 792

ASTM D 1525

ASTM D 638

ASTM D 638

ASTM D 256

ASTM D 2240

ASTM D 790

ASTM D 3895

ASTM D 1693  
Cond B

Inglés

0,34

0,945

122

21 (3042)

>600

28

70

812 (117642)

>10

>1100

S.I.

0,34

0,945

122

21 (3042)

>600

28

70

812 (117642)

>10

>1100

Ensayos realizados sobre placa moldeada por compresión.

### Condiciones de Procesamiento Recomendadas

- Temperatura del Cilindro: 165 - 180- 200 - 230°C
- Temperatura de Cabezal: 240 - 260°C

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

(2) Condiciones: 100% Igepal, con ranura, 50°C.

# Catálogos



## LLDPE NG 1645.11B

Polietileno de Baja Densidad Lineal, copolímero de hexeno

LLDPE NG 1645.11B es un Polietileno de Baja Densidad Lineal, copolímero de hexeno, producido mediante el Proceso de Solución. Esta resina presenta excelentes propiedades para películas de espesores delgados y alta velocidad de procesamiento. Se caracteriza por sus excelentes propiedades ópticas.

### Principales Características

- Película para envasado automático
- Película para uso general
- Cumple con regulación FDA 21 CFR 177.1520(c)3.2a
- Cumple con regulación Europe EU-Directive 2002/72/EC (See NOTES)
- Apto para contacto con alimentos según informe N° 534 / 00 emitido por el INAL de conformidad con legislación MERCOSUR.

Aditivo Deslizante  
Aditivo Antibloqueo

Propiedades <sup>(1)</sup>		Inglés	S.I.
<b>Físicas de la resina</b>	<b>Métodos</b>		
Índice de Fluidez, (t) a 190°C/2.16 kg, g/10 min	ASTM D 1238	1.3	1.3
Densidad, g/cm <sup>3</sup>	ASTM D 792	0.9230	0.9230
<b>Película, 37,5 µm</b>			
Resistencia al Punzonado, ft-lbf/in <sup>2</sup> (J/cm <sup>2</sup> ) Energía, in-lbf (J) Fuerza, lbf (N)	Método Dow	85	7
Resistencia al Impacto, g Método A	ASTM D 1709	145	145
Resistencia al Rasgado Elmendorf, g	DM ASTM D 1922 DT	130 600	130 600
Tensión en el Límite Elástico, psi (MPa)	DM ASTM D 882 DT	1594 1449	11 10
Tensión en la Ruptura, psi (MPa)	DM ASTM D 882 DT	5076 3626	35 25
Elongación en la Ruptura, %	DM ASTM D 882 DT	730 850	730 850
Módulo Secante al 2%, psi (MPa)	DM ASTM D 882 DT	24630 27817	170 190
Brillo, 45°	ASTM D 2457	55	55
Opacidad, %	ASTM D 1003	13	13

### Condiciones de Procesamiento para

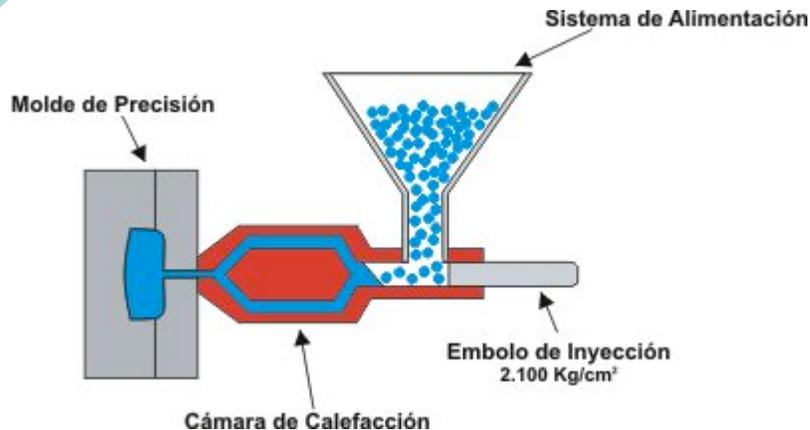
#### Película Soplada:

- Diámetro de Tornillo: 60 mm; 32:1 L/D
- Tipo de Tornillo: Simple con Mezclador
- Luz de Labio: 1,8 mm
- Temperatura de Masa: 210°C
- Productividad: 46,5 Kg/h
- Diámetro de Matriz: 150 mm
- Relación de Soplado: 2,5:1
- Velocidad de Tornillo: 60 rpm
- Altura de la Línea de Enfriamiento: 50 cm
- Temperatura del Aire de Enfriamiento: 20°C

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

# Fabricación de artículos de Polietileno

- El polietileno se suministra generalmente en forma de gránulos.
- La mayor parte de los artículos terminados hechos con polietileno se fabrican por extrusión.



- Los gránulos se introducen en frío.

- La temperatura de extrusión varía según la naturaleza del artículo terminado.

- Para la fabricación de artículos huecos se usa un procedimiento parecido al de soplado del vidrio (Botellas).

# Productos de Polietileno

---

## **Productos de LDPE:**

- Película termocontraíble.
- Envasamiento automático.
- Bolsas industriales film para agro.
- Bolsas de uso general.
- Cables eléctricos.
- Tuberías para riego.
- Tubos y pomos.



## **Productos de HDPE:**

- Envases soplados.
- Botellas.
- Bidones.
- Contenedores industriales.
- Cajones.
- Bolsas de supermercado.
- Bolsas tejidas.
- Macetas

# Cables de Polietileno

---



•COND. COBRE BL. POLIET. 16MM<sup>2</sup>; 7H; 600V MT.  
ESPEC. CHILQUINTA ED-136-002-0 (EX # 16 R).

•COND. COBRE BL. XLPE-PVC #10 AWG; 7H;  
600V MT.  
NCH 4/2003, IEC 502.

•COND. COBRE BLANDO XLPE-PVC 300 MCM;  
600V MT.  
NCH 4/2003 IEC 502

Últimamente el polietileno se encuentra en cables no sólo como aislante eléctrico, sino como envoltura exterior (Sustituto del plomo).



# Cables de Polietileno

## CONDUCTOR COBRE BLANDO XLPE - PVC MT [Media Tensión]

Código TecnoRed	Denominación	Unidad	Sección mm <sup>2</sup>	Nº Hebras	Peso (kg/km)	Radio de Curvatura mm	Corriente de Cortocircuito
2207310	XT 1X35MM <sup>2</sup> ; 15KV AISL 133%	MT	35	7	600	220	15
2207315	XT 1X50MM <sup>2</sup> ; 15KV AISL 133%	MT	50	19	800	230	19
2207330	XT 1X70MM <sup>2</sup> ; 25KV AISL 100%	MT	70	19	1.100	270	30
2207120	TR-XLPE 1X120MM <sup>2</sup> ; 15KV	MT	120	37	1.500	300	48
2207240	TR-XLPE 1X240MM <sup>2</sup> ; 15KV	MT	240	37	3.100	400	114

## CONDUCTOR COBRE BLANDO XLPE - PVC BT [Baja Tensión]

Código TecnoRed	Denominación	Unidad	Sección	Nº Hebras	Peso (kg/km)	Radio de Curvatura mm	Intensidad al Aire 30°C (A)
AWG							
2202023	XLPE-PVC #14 AWG; 600V	MT	14	7	36	17	35
2202098	XLPE-PVC #12 AWG; 7H; 600V	MT	12	7	49	18	40
2202099	XLPE-PVC #10 AWG; 7H; 600V	MT	10	7	70	21	55
2202100	XLPE-PVC #8 AWG; 600V	MT	8	7	106	27	80
2202101	XLPE-PVC #6 AWG; 600V	MT	6	7	172	33	105
2202102	XLPE-PVC #4 AWG; 600V	MT	4	7	253	39	140
2202103	XLPE-PVC #3 AWG; 600V	MT	3	7	305	42	165
2202104	XLPE-PVC #2 AWG; 600V	MT	2	7	379	45	190
2202109	XLPE-PVC #1 AWG; 600V	MT	1	19	502	54	220
2202107	XLPE-PVC #2/0 AWG; 600V	MT	2/0	19	758	62	300
2202108	XLPE-PVC #3/0 AWG; 600V	MT	3/0	19	934	68	350
2202114	XLPE-PVC #4/0AWG;19H;600V	MT	4/0	19	1.151	74	405

# Cables AT y MT.

---

Se utiliza el polietileno como el aislante de cables de alta tensión (hasta 500kV) y media tensión.

Su utiliza bastante en cables submarinos debido a su escasa permitividad y su resistencia al agua.

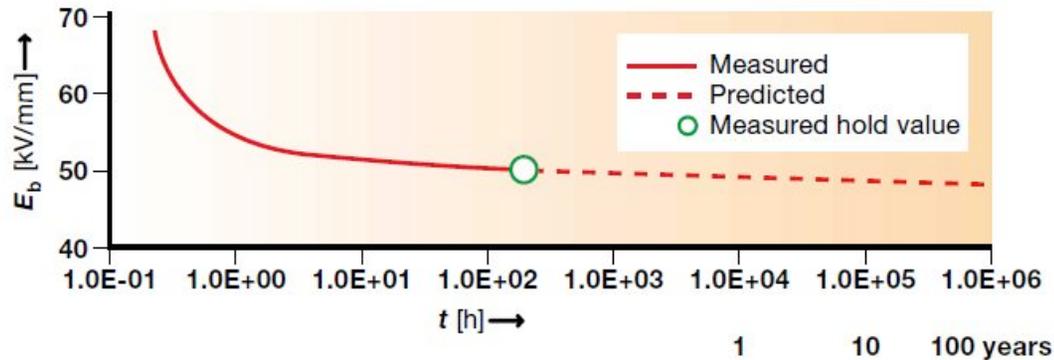


Se utiliza polietileno reticulado como aislante y polietileno de alta densidad como recubrimiento exterior.

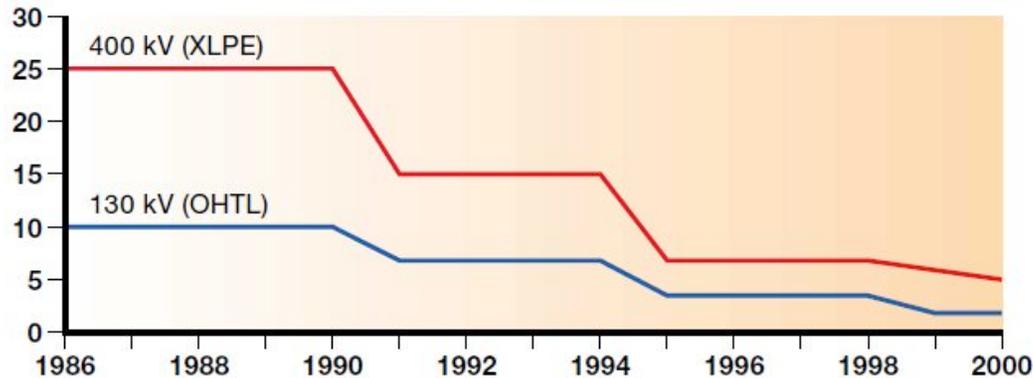
La principal ventaja de estos cables es su mayor seguridad debido a que pueden operar a mayores temperaturas debido a la gran estabilidad térmica del polietileno.

(90°C en RP, 130°C en emergencias y 250°C en cortocircuito).

# Cables AT y MT.



Evolución de la Rigidez dieléctrica del polietileno reticulado en función de su vida útil.



Comparación de costos entre cables de XLPE y líneas aéreas eléctricas

## Proveedores:

- ABB
- Decker Indelqui S.A
- TAC Communications (Corea)
- Tecnored (Chile).



# Otros usos como aislantes

---

- Cables aéreos (aislante).
- Espaciadores.