

PROYECTO DEMOSTRATIVO PARA EL USO DE HFO EN LA FABRICACIÓN DE PANELES DISCONTINUOS DE ESPUMA DE POLIURETANO

Espumlátex®

Esteban García Araque.

esteban.garcia@espumlatex.com

Cel.: 314 2959609

Espumlátex®

58 AÑOS



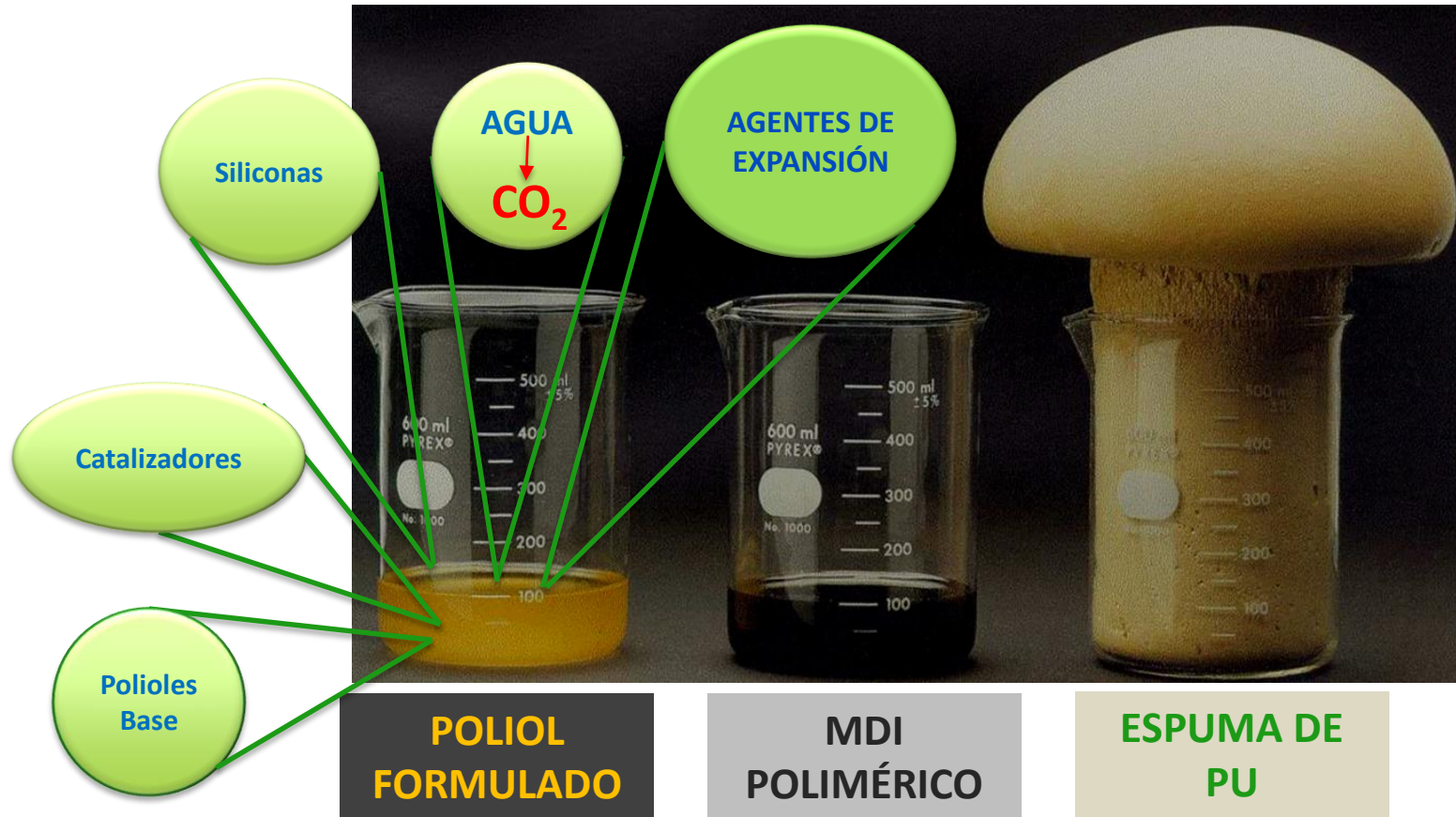
MARCO DEL PROYECTO

- Financiado por el Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal
- Proyecto de colaboración entre el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), la Unidad Técnica de Ozono del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Espumlátex S.A.

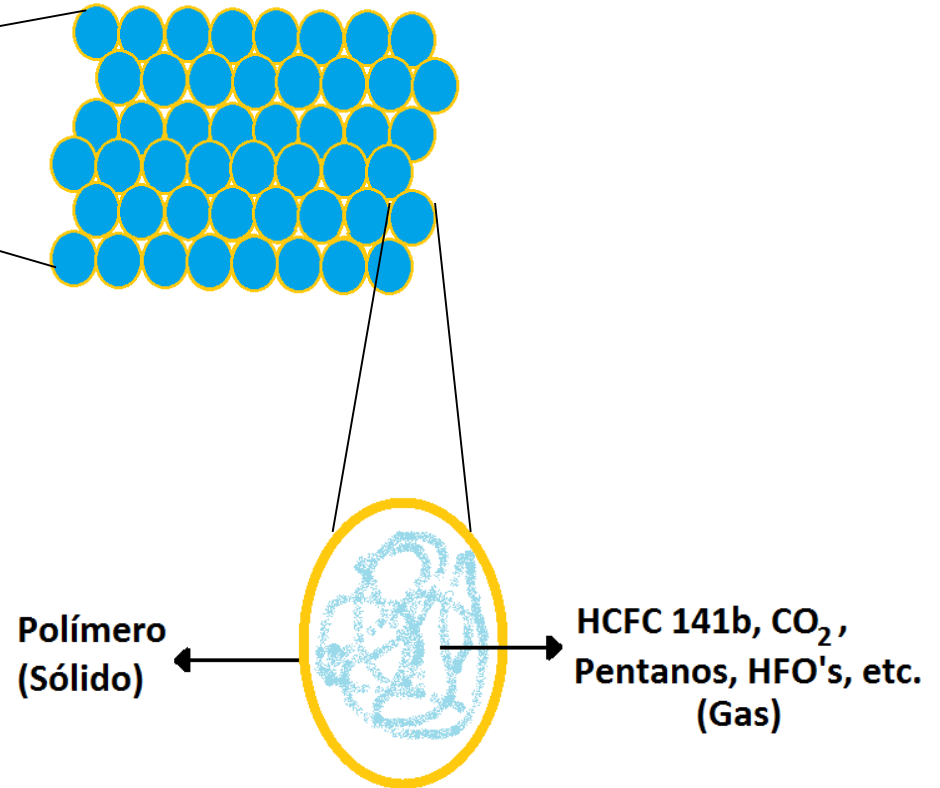
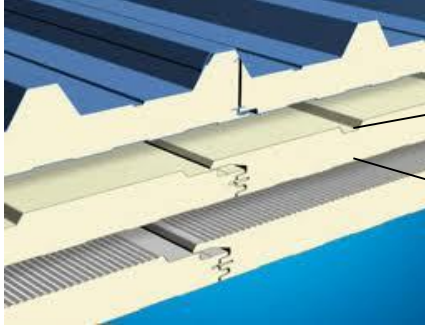
OBJETIVO

- ✓ Evaluar la viabilidad técnico-económica del desarrollo de formulaciones para la fabricación de paneles discontinuos de poliuretano usando HFO como agentes de expansión.

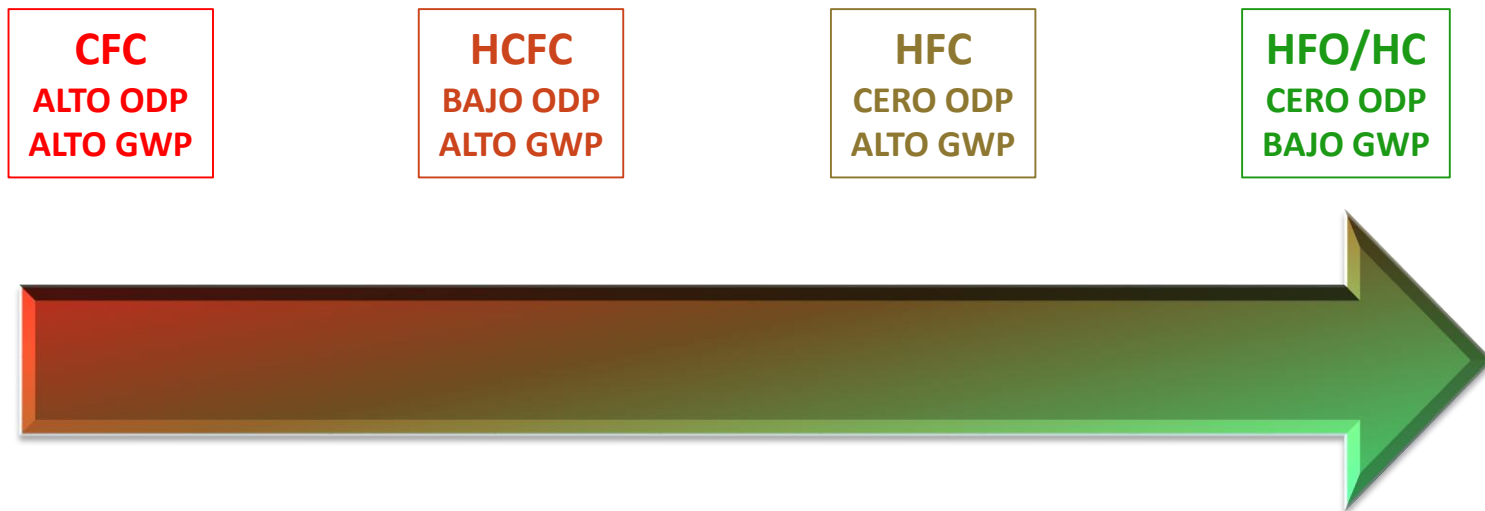
FORMULACIÓN DE POLIURETANO



ESPUMA RÍGIDA DE POLIURETANO



EVOLUCIÓN DE LOS AGENTES DE EXPANSIÓN

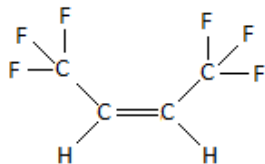


COMPARACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS

	HCFC-141b	HFC-365mfc/ HFC-227ea (93/7)	Ciclopentano	Solstice [®] LBA/ Forane [®] FBA 1233zd	Opteon [™] 1100
Punto de Ebullición (°C)	32	30	49	19	33
Cond. Term. Gas (mW/m.K) a 25°C	9,5	10,7	13,0	10,0	10,7
ODP	0,11	0	0	0	0
GWP	782	964	<25	1	2

AGENTES DE EXPANSIÓN EVALUADOS

HFO-1336mzz-Z

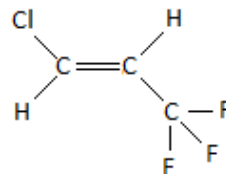


cis-1,1,1,4,4,4-hexafluoro-2-buteno

Opteon™ 1100



HFO-1233zd



(E) 1-cloro-3,3,3-trifluoropropeno

Solstice® LBA



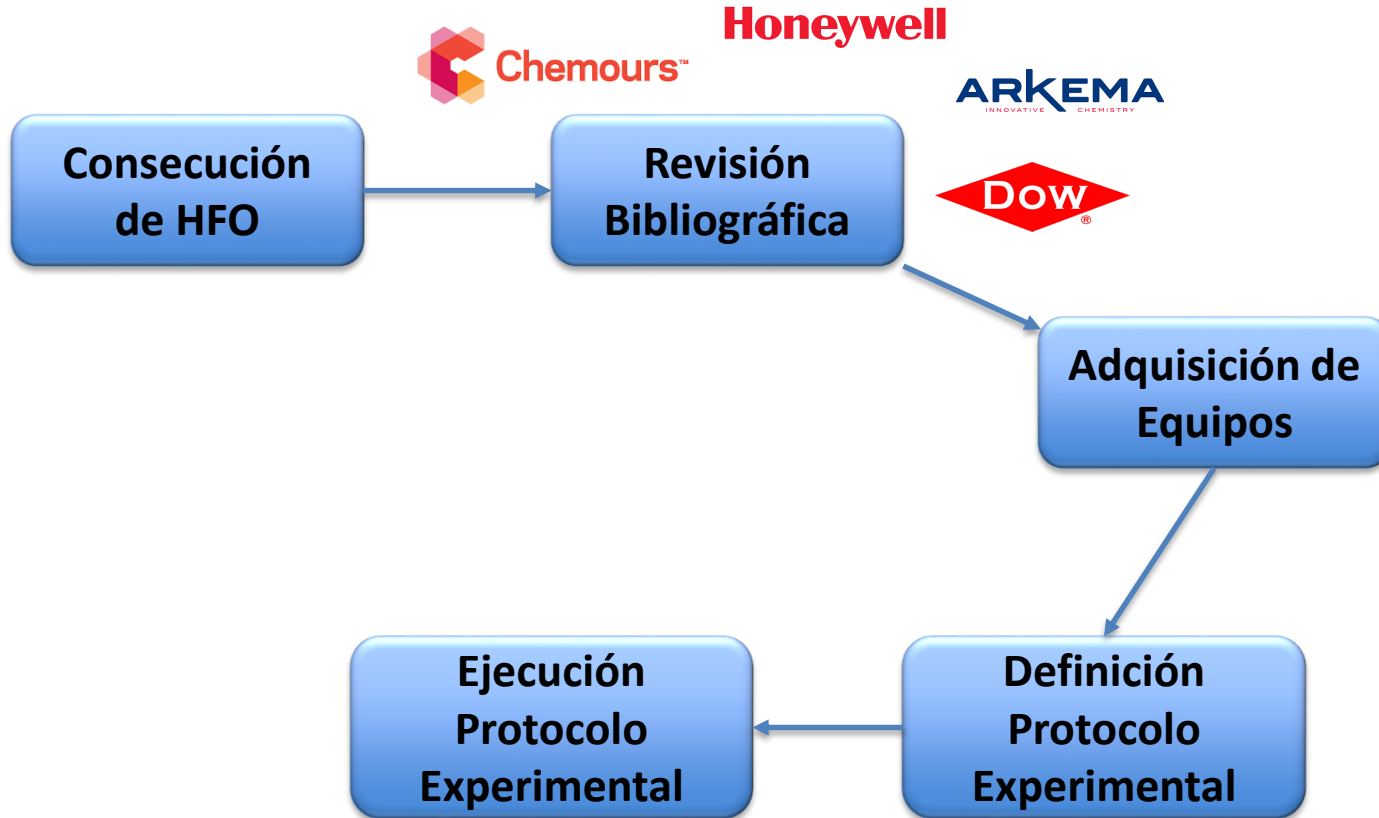
Honeywell

**Forane® FBA
1233zd**



ARKEMA
INNOVATIVE CHEMISTRY

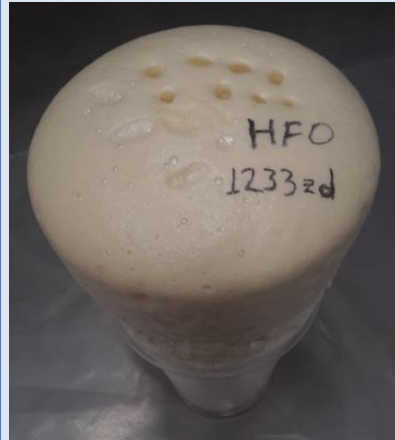
ETAPAS DEL PROYECTO



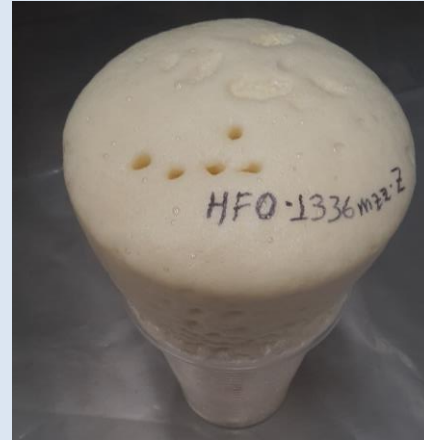
PRUEBAS ESTABILIDAD

- Evaluar la estabilidad de catalizadores y siliconas.
- Se probaron catalizadores y siliconas convencionales.
- La estabilidad depende del HFO.
- Para este tipo de proceso (paneles discontinuos) el tiempo de crema se acorta y el de tacto libre se alarga.
- Se ajustaron los catalizadores para tener tiempos de gel similares.
- Se obtuvieron fórmulas estables por 1 mes con catalizadores y siliconas convencionales.

PRUEBAS ESTABILIDAD



- HFO-1233zd (6 meses)



- HFO-1336mzz-Z (6 meses)

AJUSTE DE FORMULACIONES

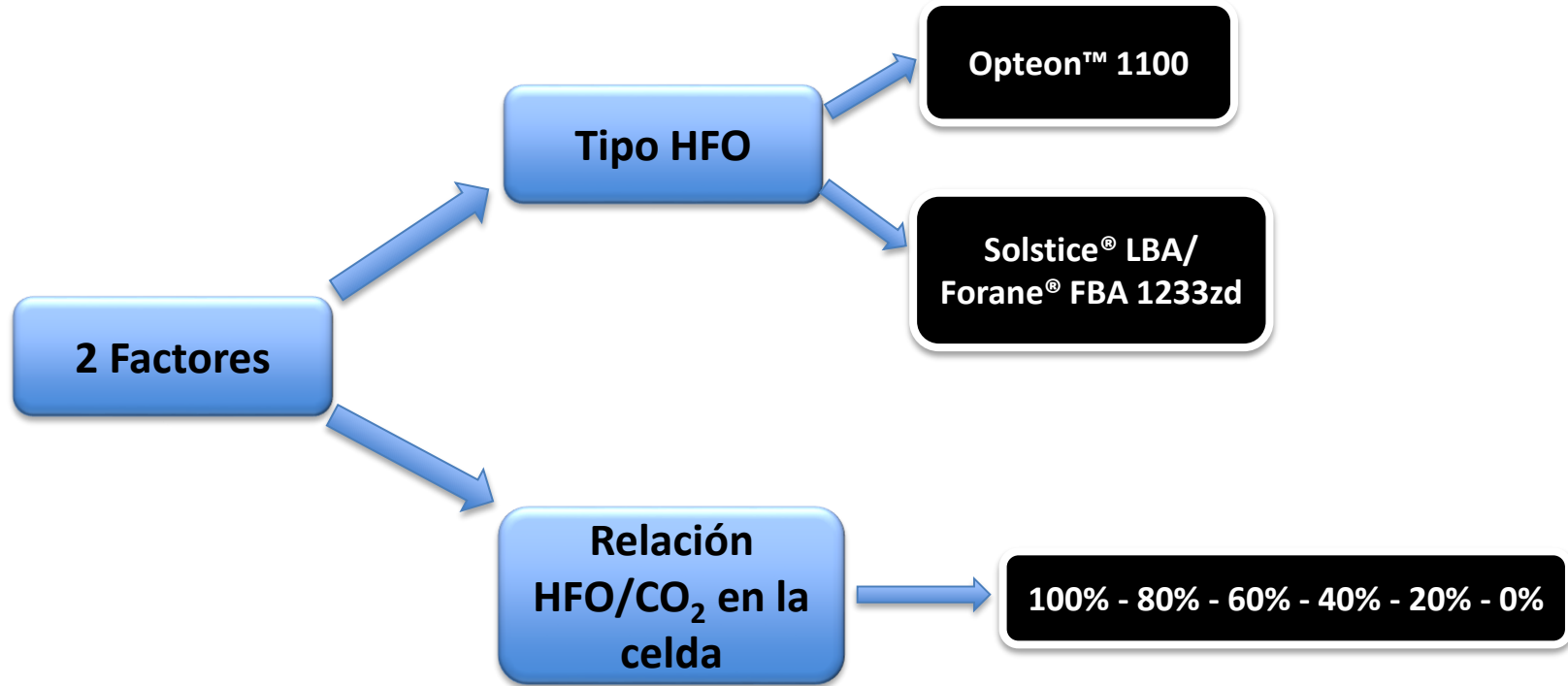
- Inicialmente se hizo la sustitución molar.

$$w_{HFO} = \left(\frac{w_{HCFC-141b}}{PM_{HCFC-141b}} \right) \times PM_{HFO}$$

- Densidad libre menor que la obtenida con HCFC-141b.
- Reducción de HFO hasta alcanzar una densidad libre similar a la de la fórmula patrón (manteniendo la relación agua/HFO).
- Se logra un ahorro en la cantidad de HFO entre un **12% y un 15%**.

PROTOCOLO EXPERIMENTAL

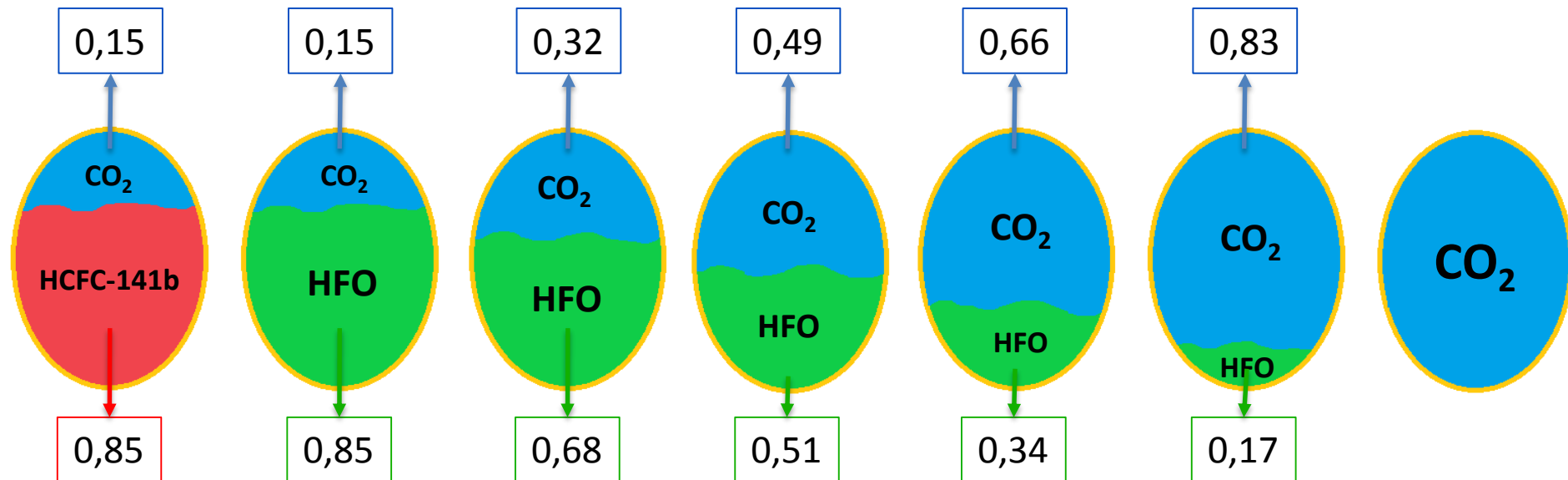
- Diseño experimental estadístico completamente factorial



PROTOCOLO EXPERIMENTAL

Relación HFO/CO₂
en la celda

100% - 80% - 60% - 40% - 20% - 0%



PROTOCOLO EXPERIMENTAL

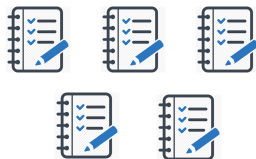
FORMULACIONES EN TOTAL: **12**



HCFC-141b



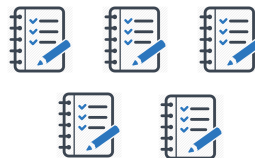
TRIPLICADO



HFO-1336mzz-Z



DUPLICADO



HFO-1233zd



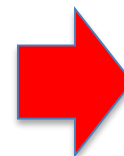
DUPLICADO



Agua 100%



DUPLICADO



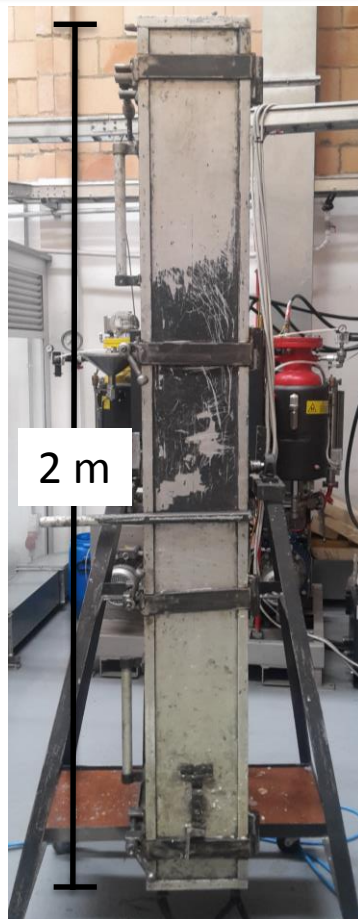
**25
ENSAYOS**

PROTOCOLO EXPERIMENTAL

Equipo de trabajo:



**Máquina Cannon
de Alta Presión**



**Molde
Brett**



**Termómetro
de contacto**



**Medidor de
Expansión**

PROTOCOLO EXPERIMENTAL

CONDICIONES DE OPERACIÓN

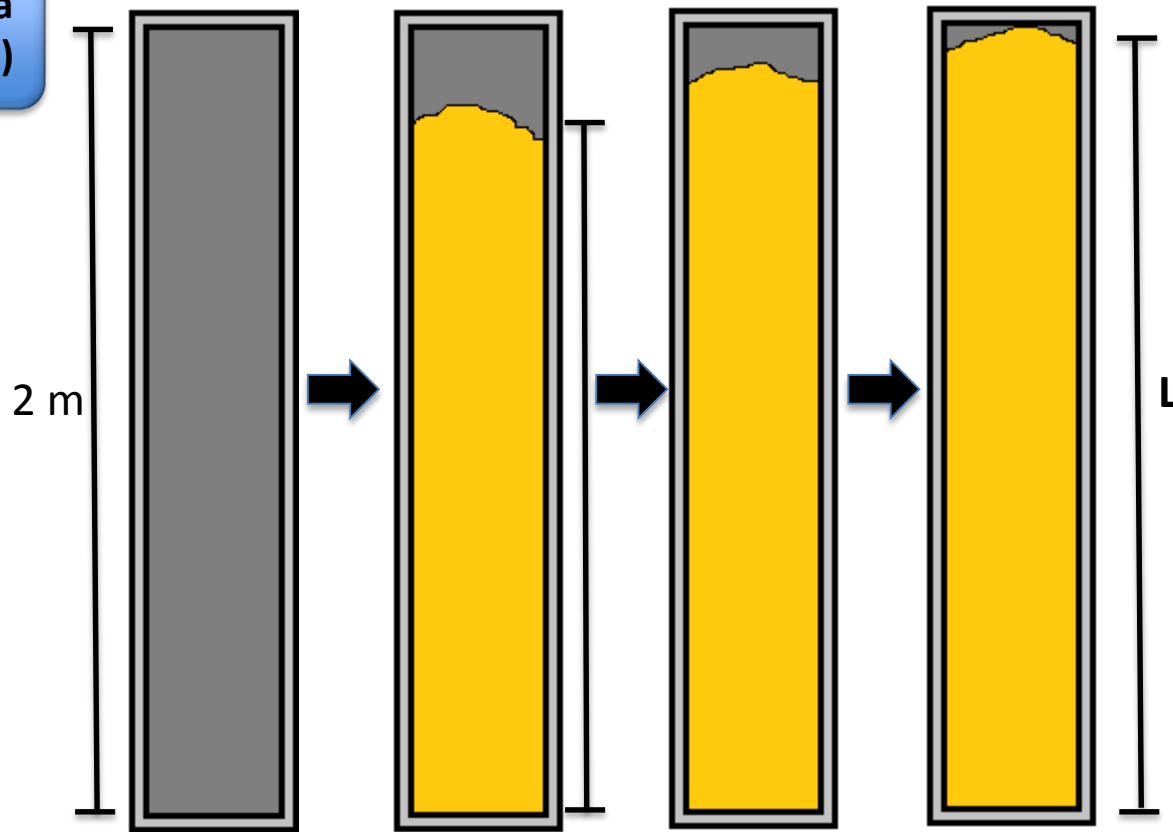
CARACTERÍSTICA	VALOR
Presión Poliols	150 bar
Presión Isocianato	150 bar
Temperatura Poliols	20 °C
Temperatura Isocianato	21 °C
Temperatura Molde	45 °C
Caudal	250 g/s
Índice (isocianato/poliols)	120

En qué consiste
1 ensayo:



PROTOCOLO EXPERIMENTAL

Densidad Mínima
de Llenado (MFD)



$$MFD = \frac{w_{\text{panel}}}{V_{\text{panel}}}$$

PROTOCOLO EXPERIMENTAL

Sobre-Empaque

Es el porcentaje de poliuretano que se inyecta en exceso, tomando como base la Densidad Mínima de Llenado.

Por ejemplo:

MFD = 32,0 kg/m³



Sobre-Empaque del 12%:

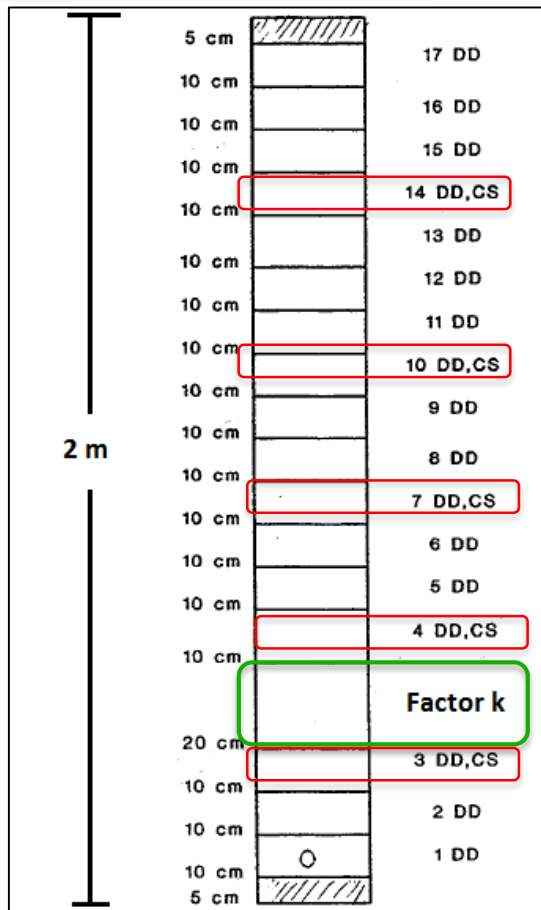
$32,0 \times 1,12 = 35,8 \text{ kg/m}^3$



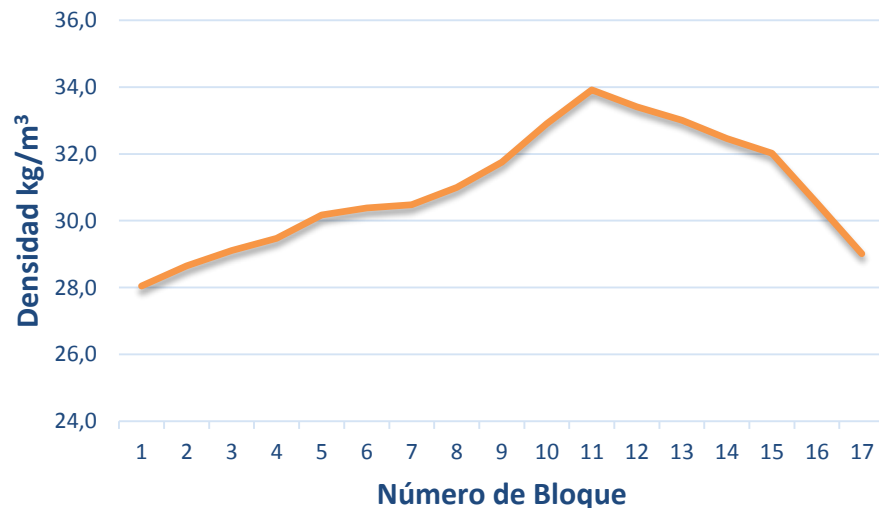
Sobre-empaque (%)	6	8	10	12	14	16
Tiempo de desmolde (minutos)	6	8	6	8	6	8

PROTOCOLO EXPERIMENTAL

Esquema Muestras Brett



Distribución de Densidad



PROTOCOLO EXPERIMENTAL

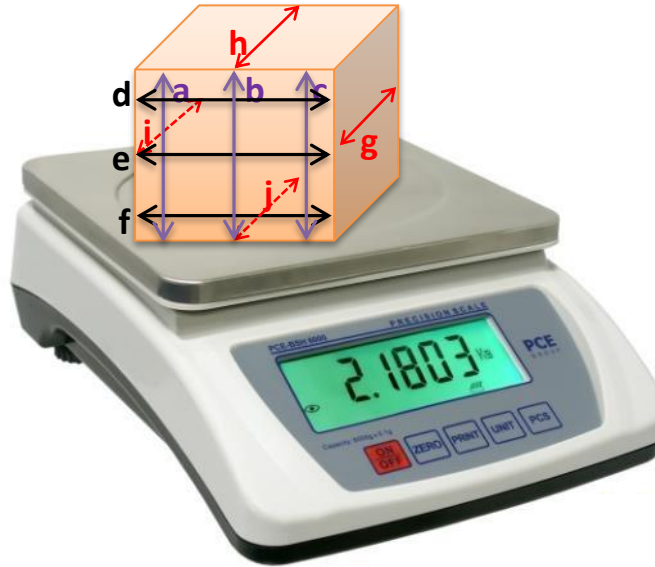
CONDICIONES FIJAS:

- Reactividad (tiempo de gel).
- Densidad libre.
- Índice (Isocianato/poliol).

PROPIEDAD	NORMA
Distribución de Densidad	ASTM D-1622
Índice de Flujo (MFD/FRD)	N.A
Factor k	ASTM C-518
Resistencia a la Compresión	ASTM D-1621
Resistencia a la Adhesión	ASTM D-1623
Estabilidad Dimensional a -30°C a +70°C	ASTM D-2126
Inflamabilidad	ASTM E-84
Envejecimiento Factor K (inicial, 2 semanas, 1 mes, 6 meses, 1 año y 2 años). Resistencia a la Compresión (inicial, 1 mes y 2 meses)	ASTM D-2126

PROTOCOLO EXPERIMENTAL

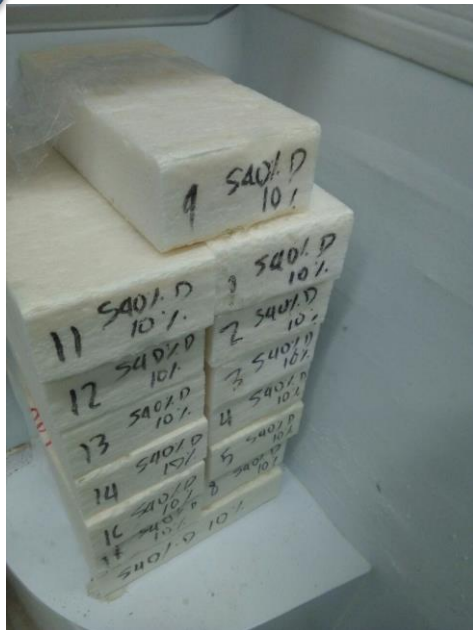
DENSIDAD



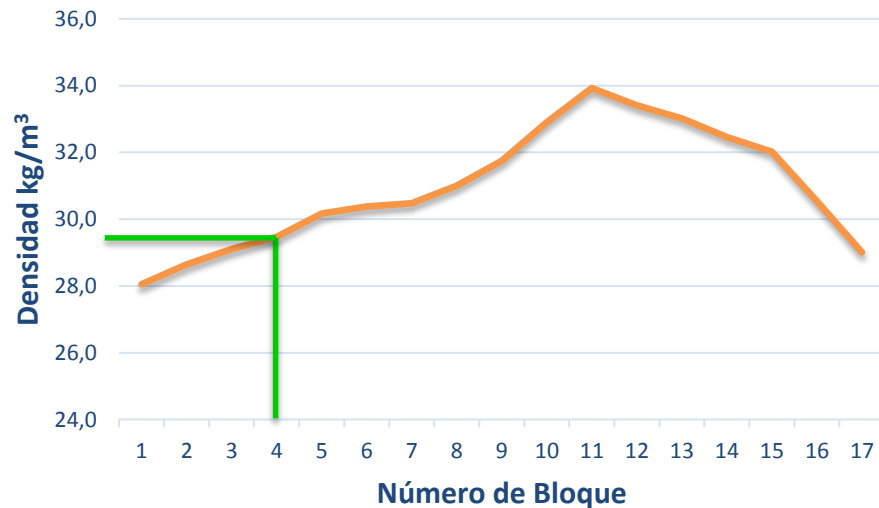
$$D = M/V$$

PROTOCOLO EXPERIMENTAL

DENSIDAD MÍNIMA
ESTABLE AL
CONGELAMIENTO

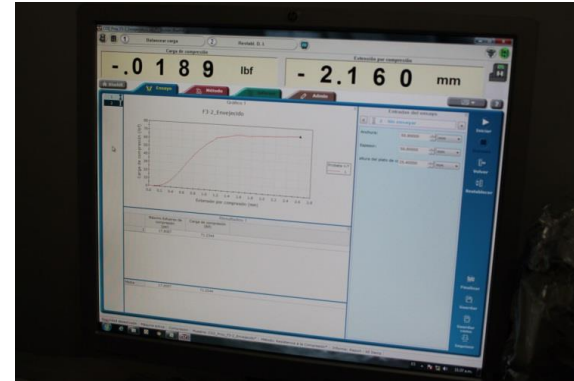
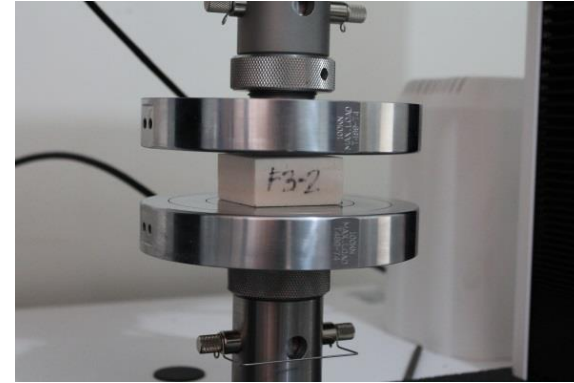


Distribución de Densidad



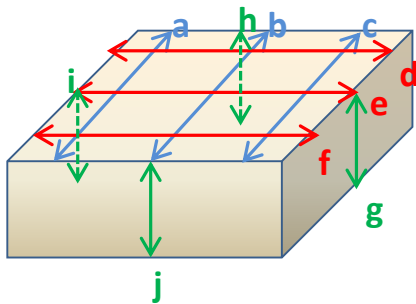
PROTOCOLO EXPERIMENTAL

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



PROTOCOLO EXPERIMENTAL

ESTABILIDAD DIMENSIONAL



- 30 °C



70 °C

Seguimiento por:
24 horas
1 semana
2 semanas

Cambio en el volumen (ΔV)

PROTOCOLO EXPERIMENTAL

Factor k



PRUEBAS NIVEL INDUSTRIAL



ROJAS
HÑOS S.A.



PRUEBAS NIVEL INDUSTRIAL

Se escogieron 5
formulaciones:

HCFC-141b (Patrón)

HFO-1336mzz-Z (Reducido al 60%)

HFO-1336mzz-Z (Reducido al 40%)

HFO-1233zd (Reducido al 60%)

HFO-1233zd (Reducido al 40%)

CONDICIONES DE OPERACIÓN

CARACTERÍSTICA	VALOR
Presión Polioliol	130 bar
Presión Isocianato	130 bar
Temperatura Polioliol	19 °C
Temperatura Isocianato	21 °C
Temperatura Molde	40 °C
Caudal	1300 g/s
Índice (isocianato/polioliol)	120

PRUEBAS NIVEL INDUSTRIAL

Densidad Mínima
de Llenado



PRUEBAS NIVEL INDUSTRIAL

Inyección Paneles



3 Paneles
3m x 1m x 2plg

2 para análisis

1 para envejecimiento

- 3 paneles por formulación (**total 18**).
- Condiciones normales del cliente:
 - Tiempo de desmolde.
 - Densidad final.

PRUEBAS NIVEL INDUSTRIAL

Inyección Paneles



**1 Panel por Agente Soplante para
prueba de Inflamabilidad
8m x 1m x 2plg.**

HALLAZGOS

- ✓ Se encontraron catalizadores convencionales con reactividad estable (3 meses) para ambos HFO.*
- ✓ La silicona convencional no se ha visto afectada por los HFO.
- ✓ La capacidad de soplado de los HFO es mayor que la del HCFC-141b (12% – 15%).
- ✓ Las pruebas hechas a nivel industrial muestran comportamiento y propiedades similares a las de la formulación soplada con HCFC-141b.

GRACIAS