

# Pre jornadas SLTC

## Adhesión en Calzado

### Bogotá, 11/2025

# QUÉ ES UN ADHESIVO?

Un adhesivo, es una sustancia que se aplica sobre uno o dos sustratos, para, por medio de ella, lograr la unión física de ambos sustratos.

O sea, lograr la ADHESIÓN.

# Y CÓMO ES LA ADHESIÓN?

## Simple o sencilla:

Cuando la fuerza adhesiva o cohesiva es tal que al intentar separar ambos sustratos, se produce ya sea el **despeque** sobre uno de ellos o la **rotura de la capa de adhesivo**, pero nunca de los sustratos.

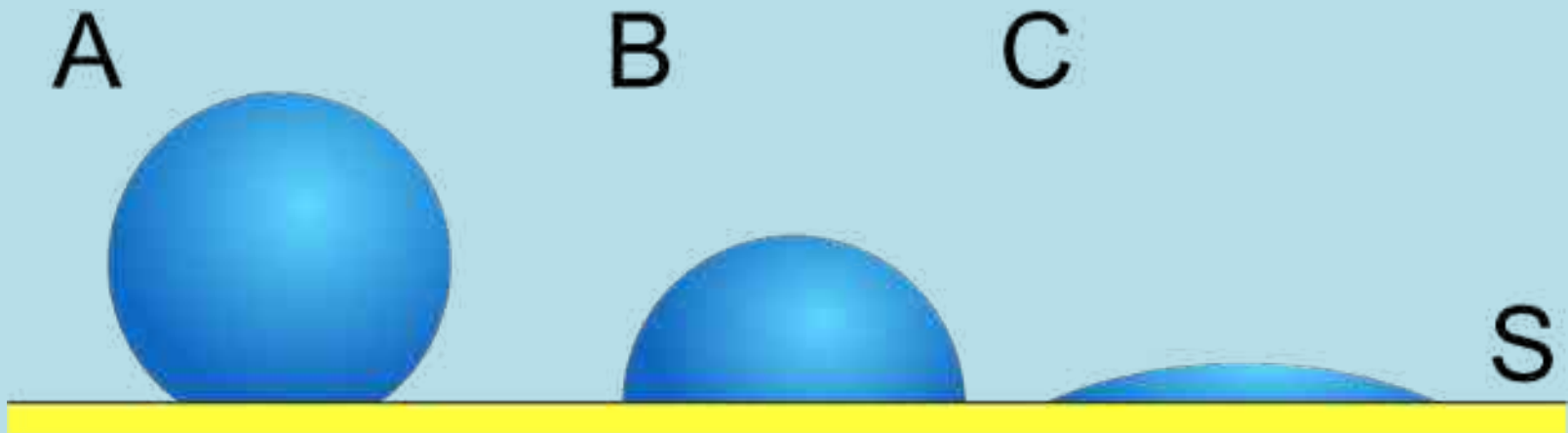
# Estructural:

Cuando la fuerza adhesiva es tal que al intentar separar ambos sustratos se produce la **rotura** de al menos uno de ellos.

Al igual que la soldadura, un adhesivo, debe estar en estado líquido al momento de ser aplicado (sea disuelto, emulsionado, disperso o fundido).

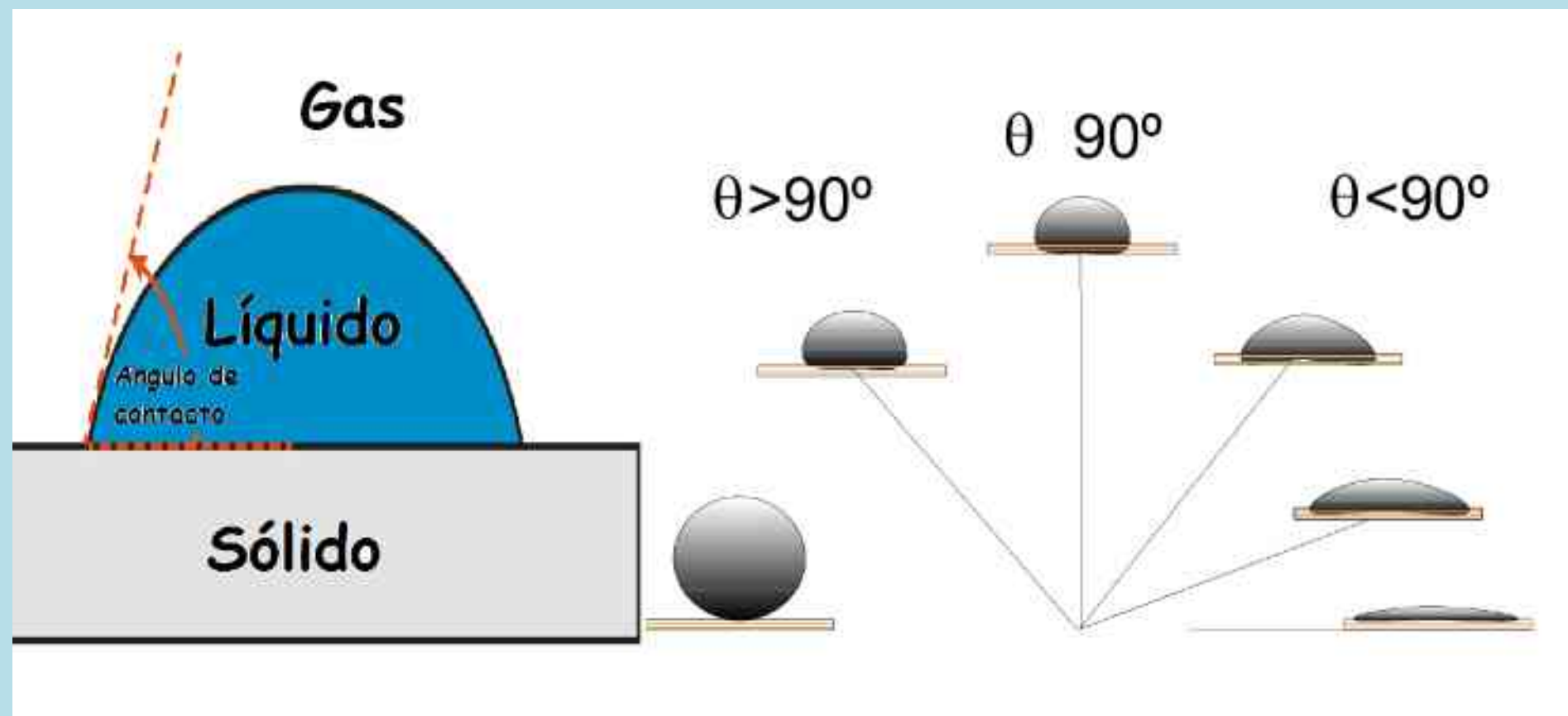
Y, fundamentalmente, debe "mojar" la superficie del sustrato.

El líquido *A*, no moja al sólido *S*,  
en tanto que el *C* si lo hace.



el ángulo de contacto para el caso *A*, sería unos  $135^\circ$  aproximadamente,  
en tanto que en el caso *C* es inferior a  $30^\circ$





# En el fenómeno de mojado intervienen:

- la energía libre superficial del sólido

(dina.cm):  $\gamma$

- la tensión superficial del líquido (dina/cm<sup>2</sup>):  $\sigma$

Debe remarcarse que en la práctica, estos dos valores son confundidos, ya que para un líquido, ambos asumen valores iguales.

- **energía libre superficial**, se puede ver como el trabajo necesario para "crear" una superficie " sacándola" del interior de la masa, sea por estiramiento (en el caso de los sólidos) o por deslizamiento de los planos moleculares (en el caso de los líquidos).
- **tensión superficial**, es la resistencia que ofrece la superficie de un líquido a ser modificada.

Y...

para que exista mojado,

y debe ser siempre mayor que  $\sigma$

Superficies Metálicas (alta energía superficial)		Plásticos de alta energía superficial (PSE)		Plásticos de baja energía superficial (LSE)	
					
mJ/m <sup>2</sup>	Superficies	mJ/m <sup>2</sup>	Superficies	mJ/m <sup>2</sup>	Superficies
1103	Cobre	47	Fenólico	37	PVA
840	Aluminio	46	Nylon	36	Poliestireno
753	Zinc	45	Esmalte Alquídico	36	Acetal
526	Lata	43	Poliéster	33	EVA
458	Plomo	43	Pintura Epoxica	31	Polietileno
700-1100	Acero Inoxidable	43	Pintura de Poliuretano	29	Polipropileno
250-500	Porcelana de Vidrio	42	ABS	18	PTFE
		42	Polycarbonato	-	Pinturas a Polvo
		39	PVC Rígido		
		38	Resina		
		38	Acrílico		

Existen diversas formas o métodos para aumentar la energía libre superficial.

- Flameado con llama oxidante.
- Ataque químico con oxidantes fuertes:
  - Solución sulfocrómica.
  - Solución halogenante (ácido tricloro isocianúrico, disuelto en algún solvente orgánico).  
Existen soluciones en fase acuosa... que no recomiendo!
- Ataque físico con:
  - Plasma.
  - Efecto corona.
  - Bombardeo con electrones.
  - Tratamiento láser.
  - Radiación UV.

Y se puede medir la energía libre  
superficial?

Por supuesto!!

Mediante la medición del ángulo de contacto

Método preciso pero requiere instrumental caro.



O,  
mediante el uso de soluciones coloreadas  
de tensión superficial conocida.

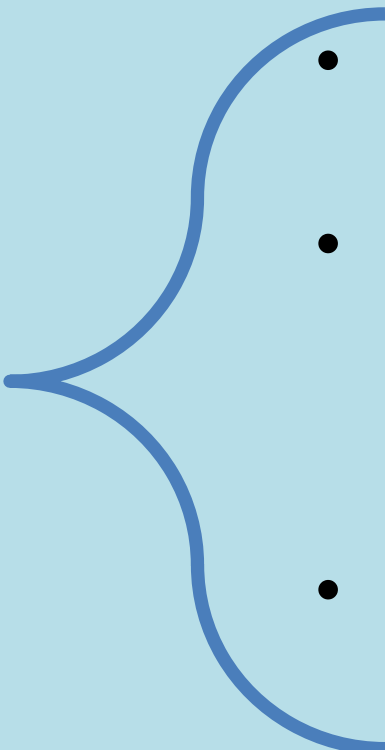
El método no es muy preciso ni exacto, pero es sumamente barato y fácil de aplicar.

A diferencia de una soldadura, un adhesivo no requiere tener la misma (o similar) composición química de los sustratos a unir.

El pasaje al estado sólido (posterior a la aplicación), que brinda fuerza a la unión, puede ocurrir por eliminación de solvente, coagulación, absorción, solidificación, reacción química, etc.

# Adhesión en piezas Calzado

Donde?

- 
- Calzado de Seguridad
    - Plantillas e interiores
  - Calzado deportivo
    - Suelas
    - Entresuelas
    - Plantillas
  - Calzado casual
    - Suelas
    - Plantillas

# Adhesión en piezas Calzado

Y, por supuesto, en las capelladas!!!

Cuál es el valor de  
adhesión correcto?

No sé!!!

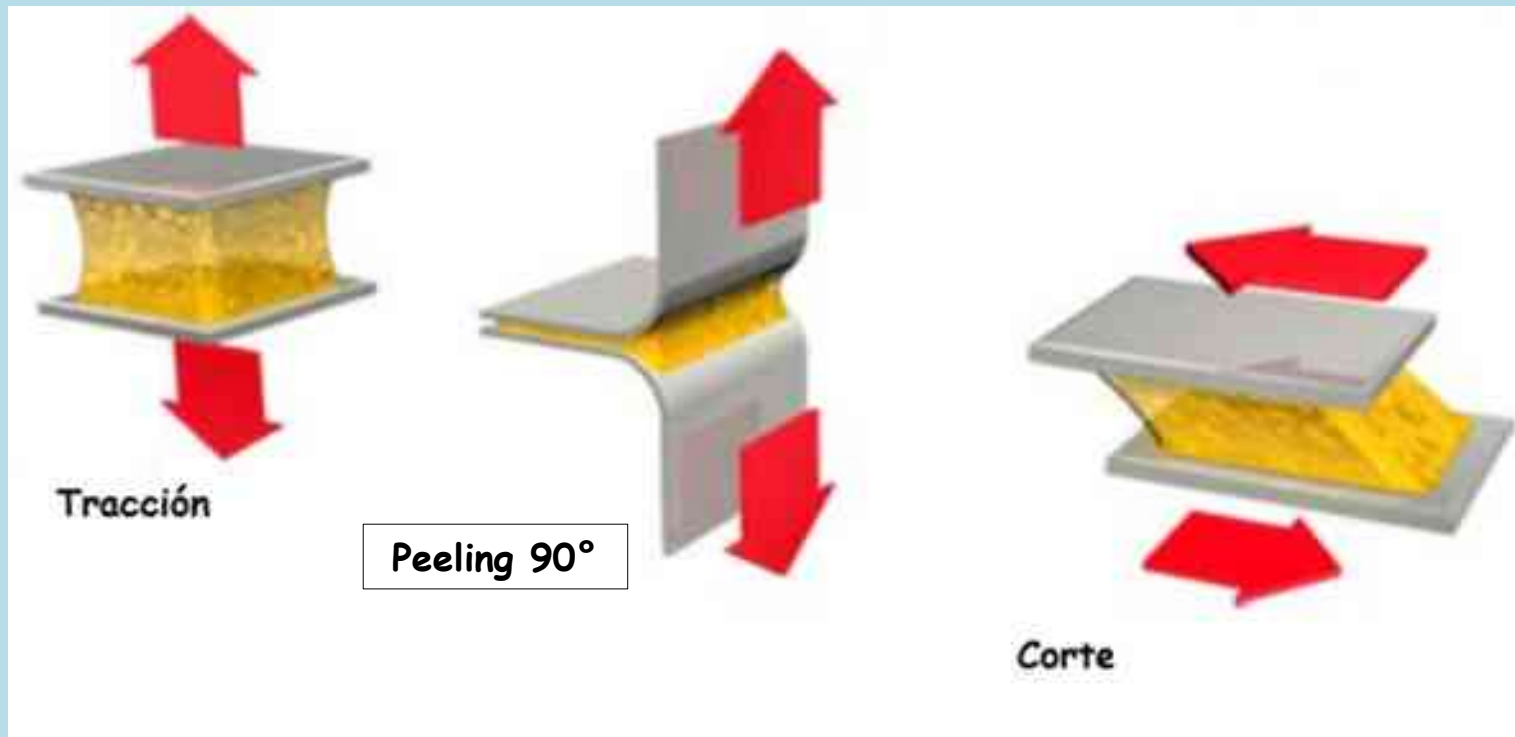
Y no me importa!!!

Siempre debe  
haber rotura de  
sustrato!!



Dicho de otra manera, la adhesión, en calzado, debe ser siempre estructural.

# Ensayos de adhesión

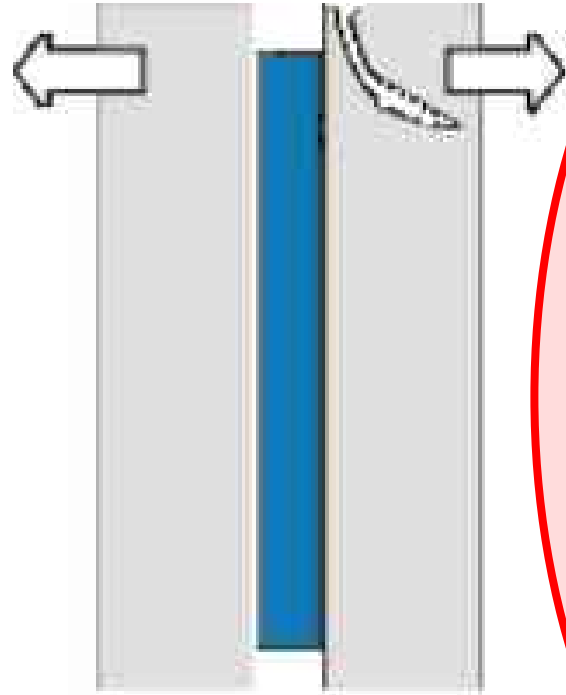


La adhesión simple, se parece a un cierre del tipo abrojo (Velcro®), su resistencia es:

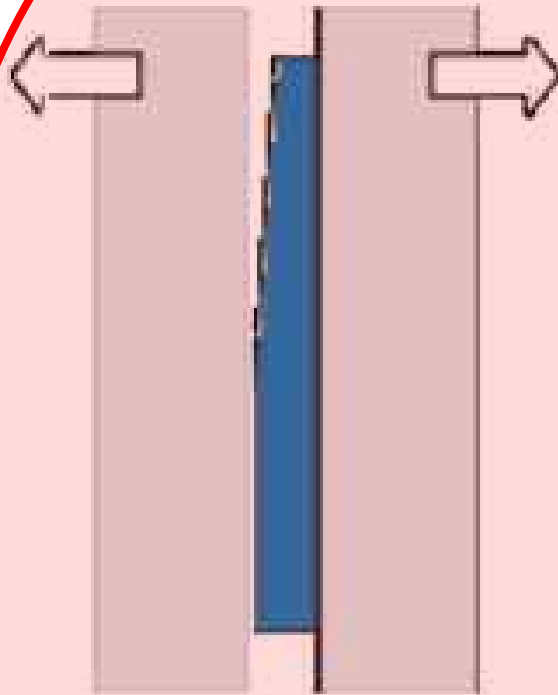
- Mala en "*peeling*" (a  $90^\circ$  o  $180^\circ$ ).
- Regular adhesión en tracción.
  - Muy buena en corte.



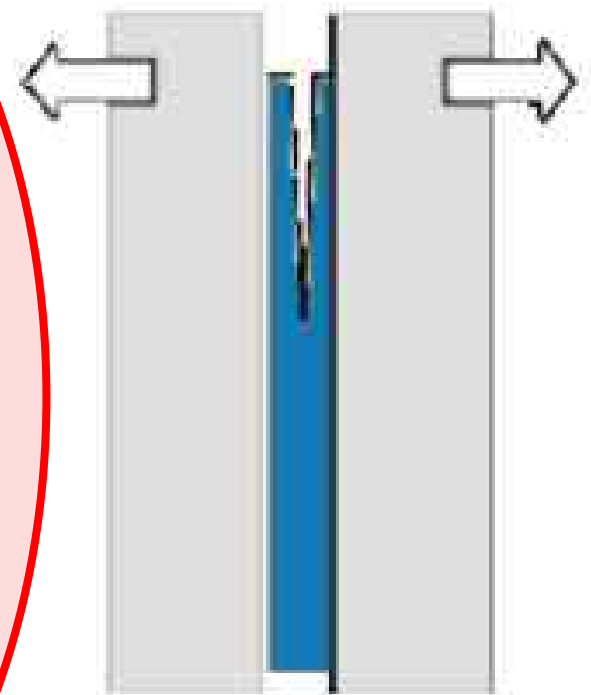
- Máquina universal de ensayos.
- Celda de carga.
- Mordazas.
- Velocidad de separación.
- Probeta.
- Temperatura.



**Falla estructural**



**Falla Adhesiva**



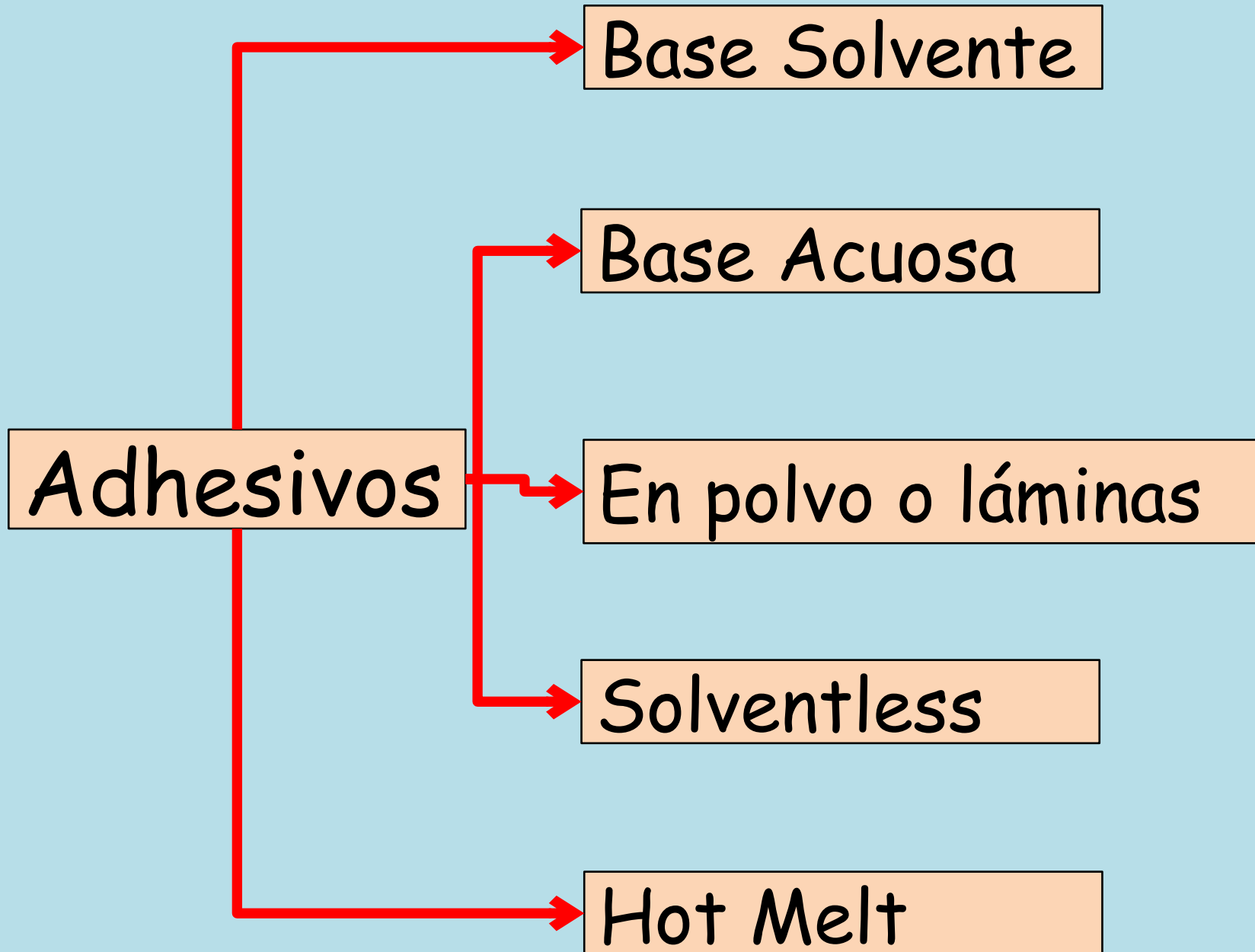
**Falla Cohesiva**

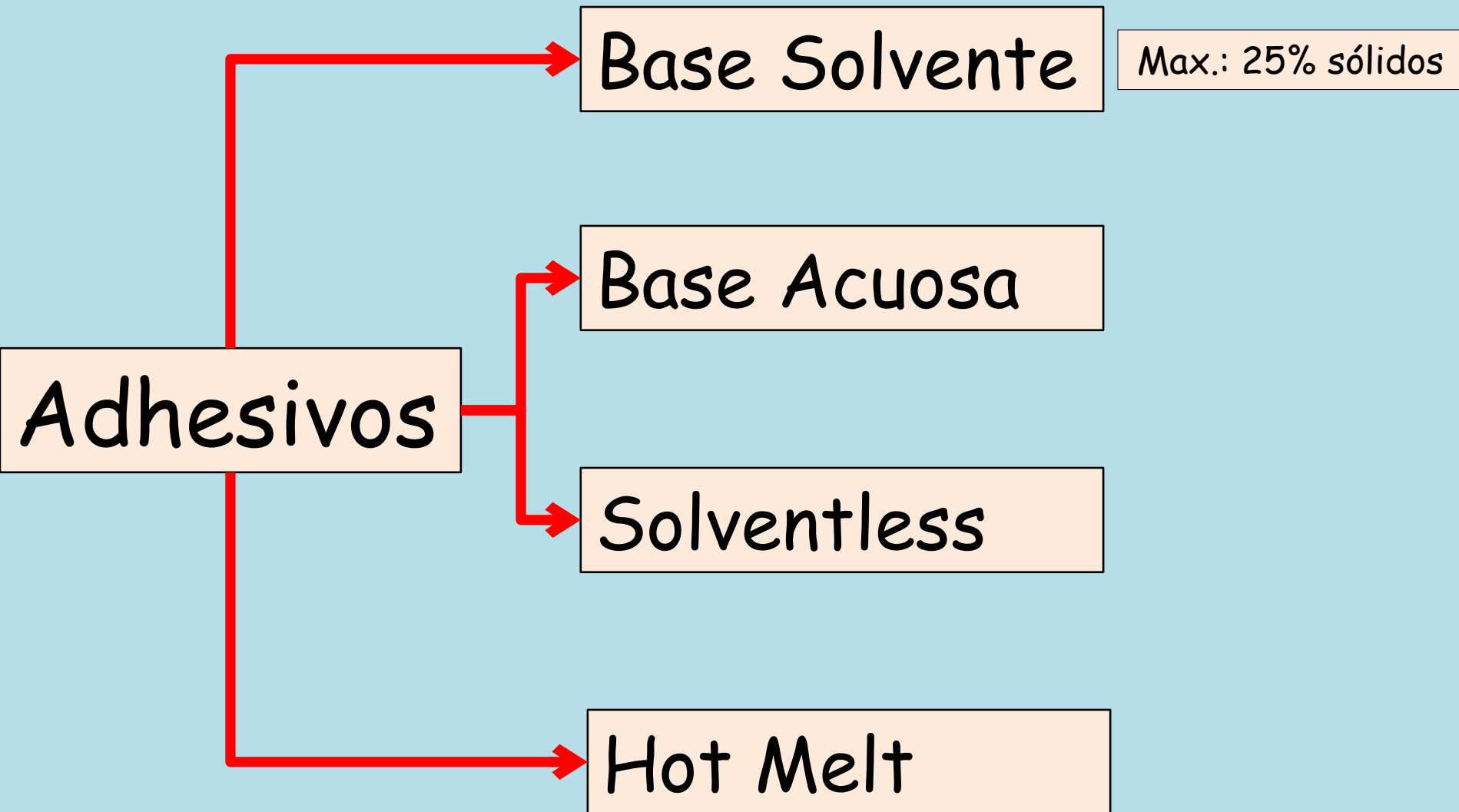
# Que es un Adhesivo?

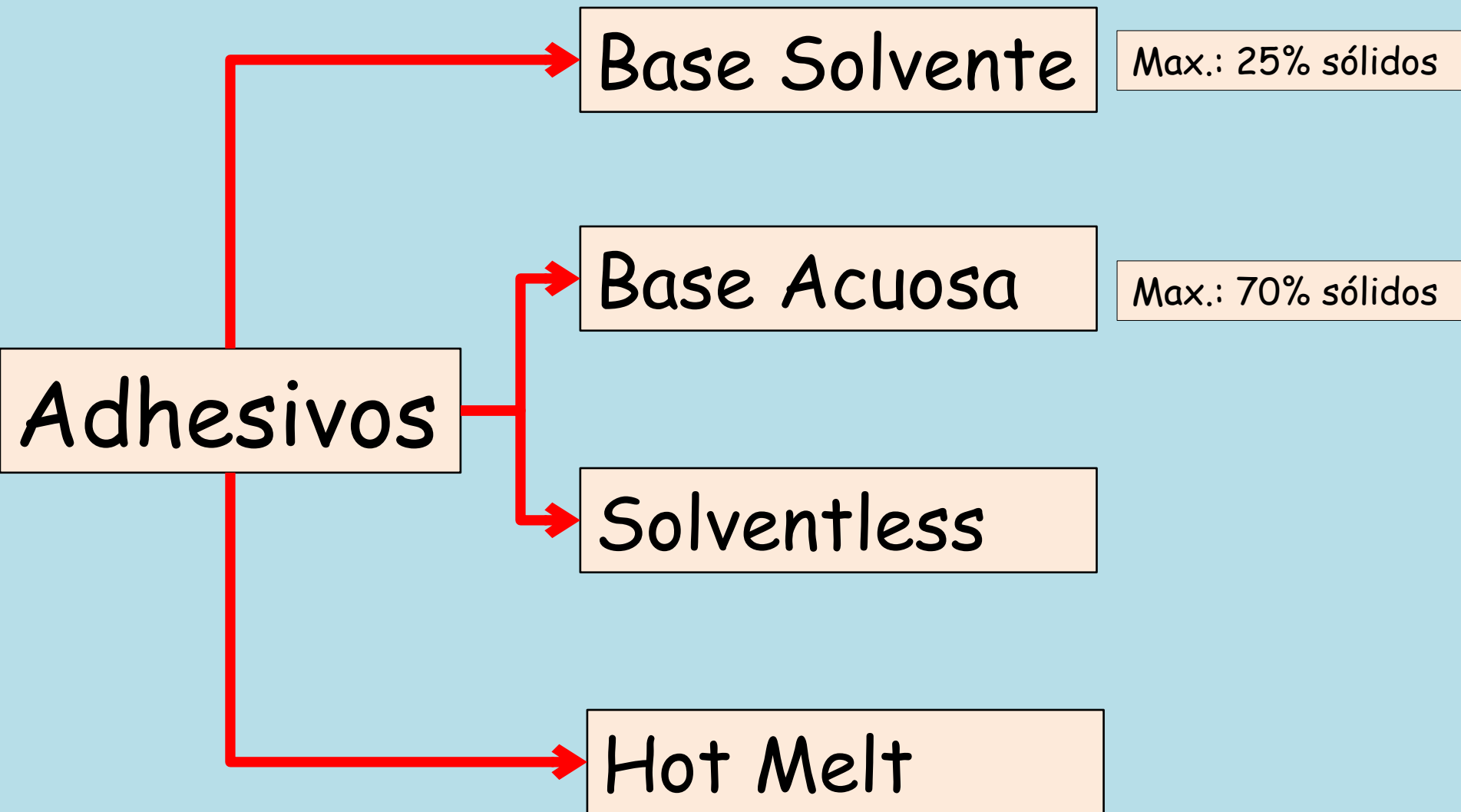
Un sólido que puede ser  
aplicado en forma líquida  
sobre dos superficies.

Transformando así el contacto ocasional  
entre ellas en un verdadero contacto  
íntimo.

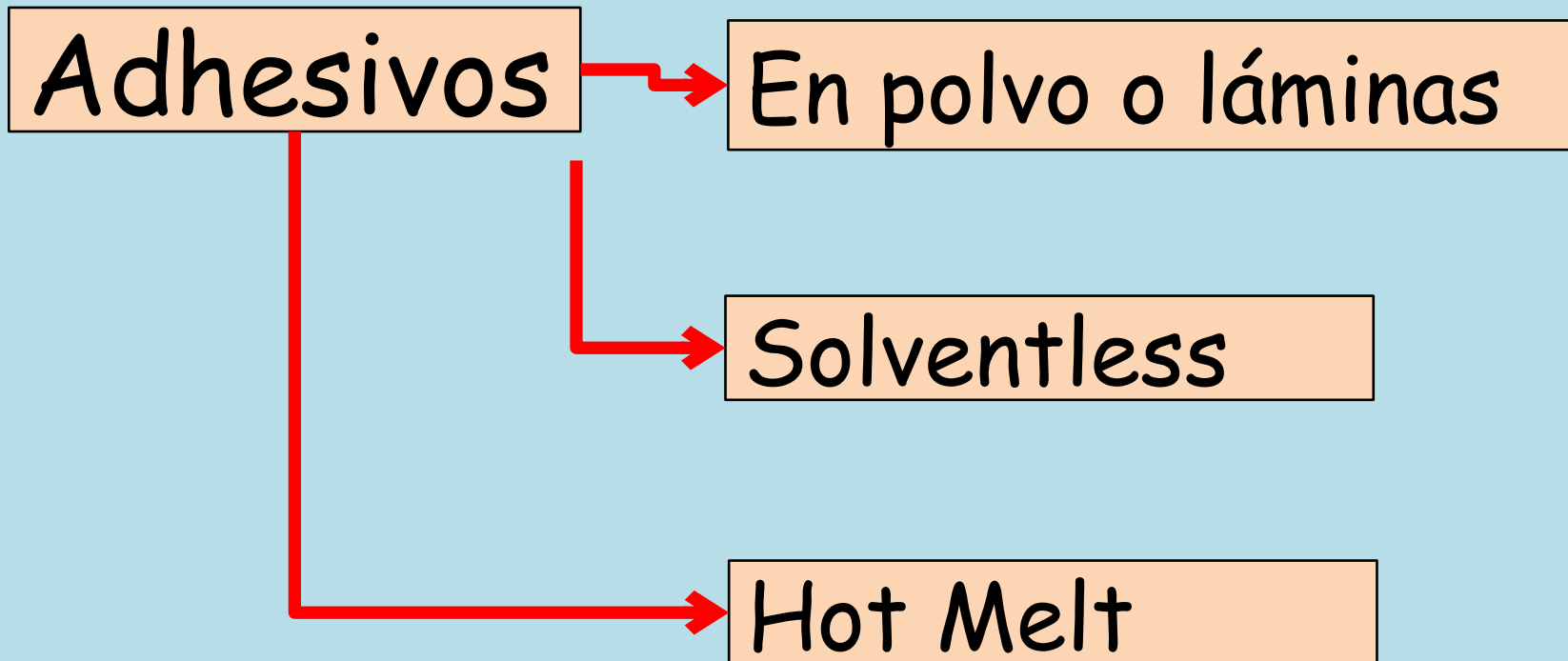






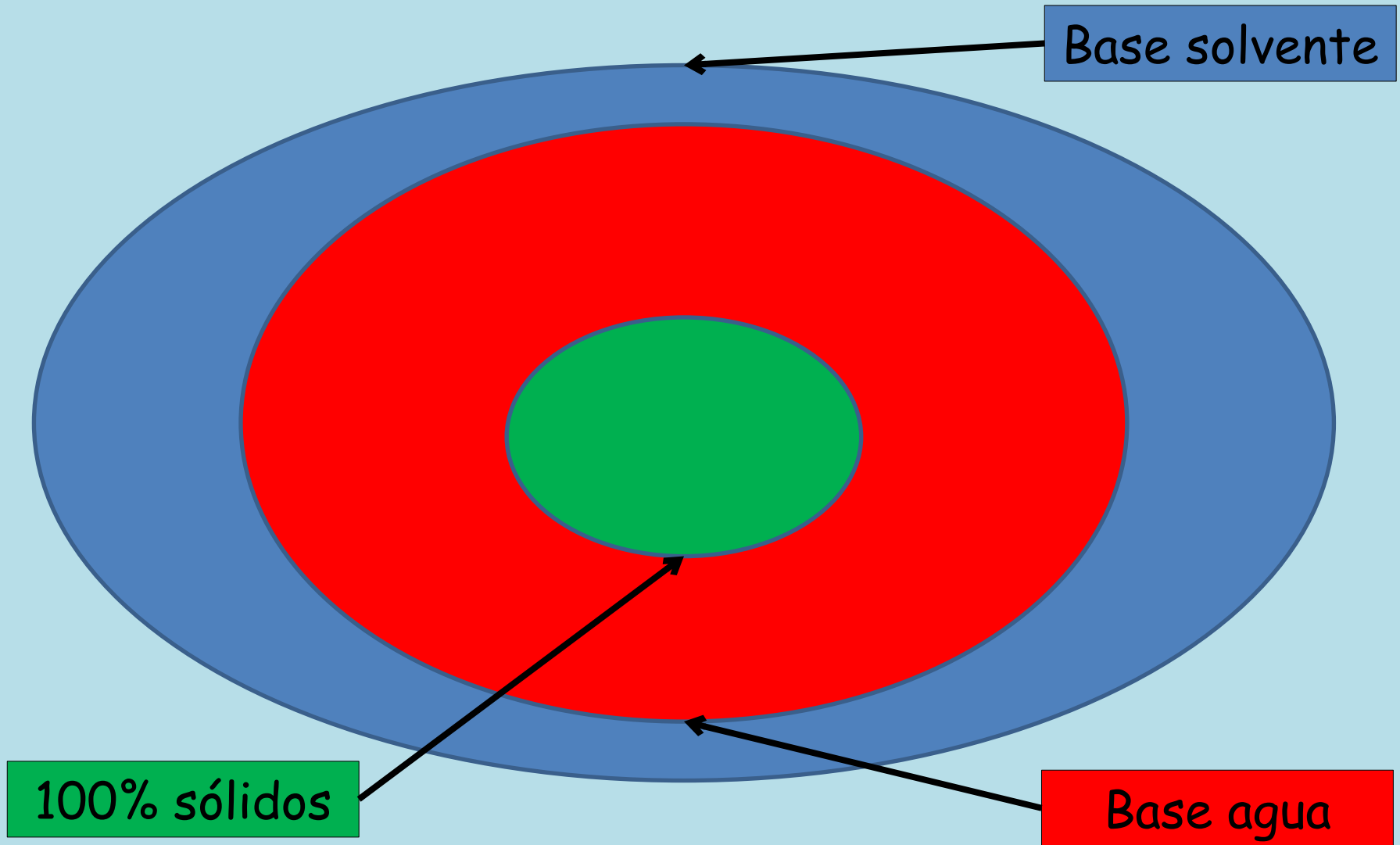


En cambio, éstos, son 100% sólidos

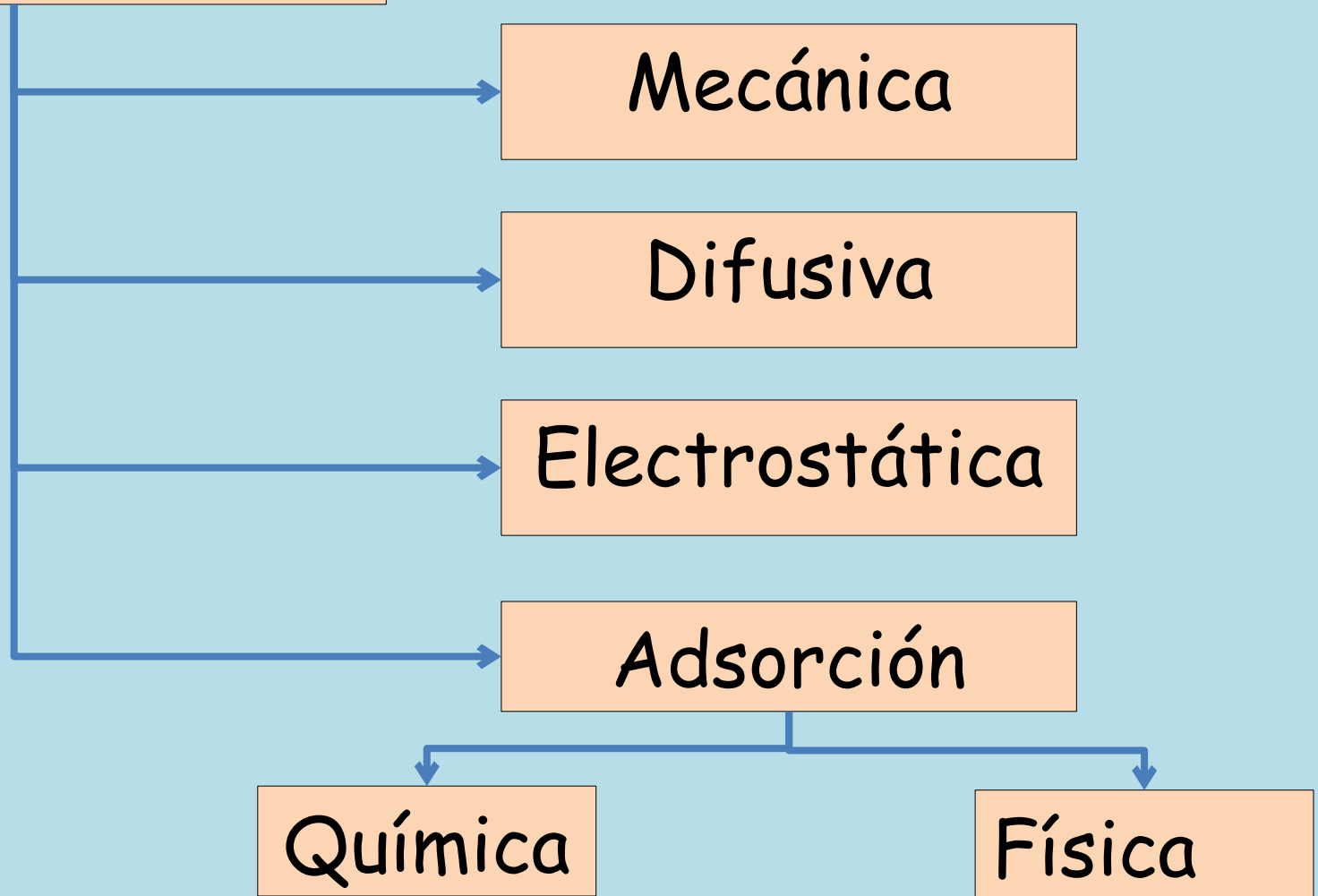


# Ventana de procesamiento

# Ventana de procesamiento



# Teorías de Adhesión



# Teorías de Adhesión

```
graph LR; A[Teorías de Adhesión] --> B[Mecánica]; A --> C[Difusiva];
```

Mecánica

Difusiva



# Y aquí aparecen las

# Imprimaciones (Primers)

# Substratos

**LIBRES DE SILICONAS !!!!!**

# Imprimaciones (Primers)



Facilitan el "mojado"

# Imprimaciones (Primers)

```
graph TD; A[Imprimaciones (Primers)] --> B[Facilitan el "mojado"]; B --> C[Aumentan la energía superficial];
```

Facilitan el "mojado"

Aumentan la  
energía superficial

# Imprimaciones (Primers)

Facilitan el "mojado"

Aumentan la  
energía superficial

Aumentan los  
sitios reactivos

# Imprimaciones (Primers)

Limpian...

Facilitan el "mojado"

Aumentan la  
energía superficial

Aumentan los  
sitios reactivos

# Imprimaciones (Primers)

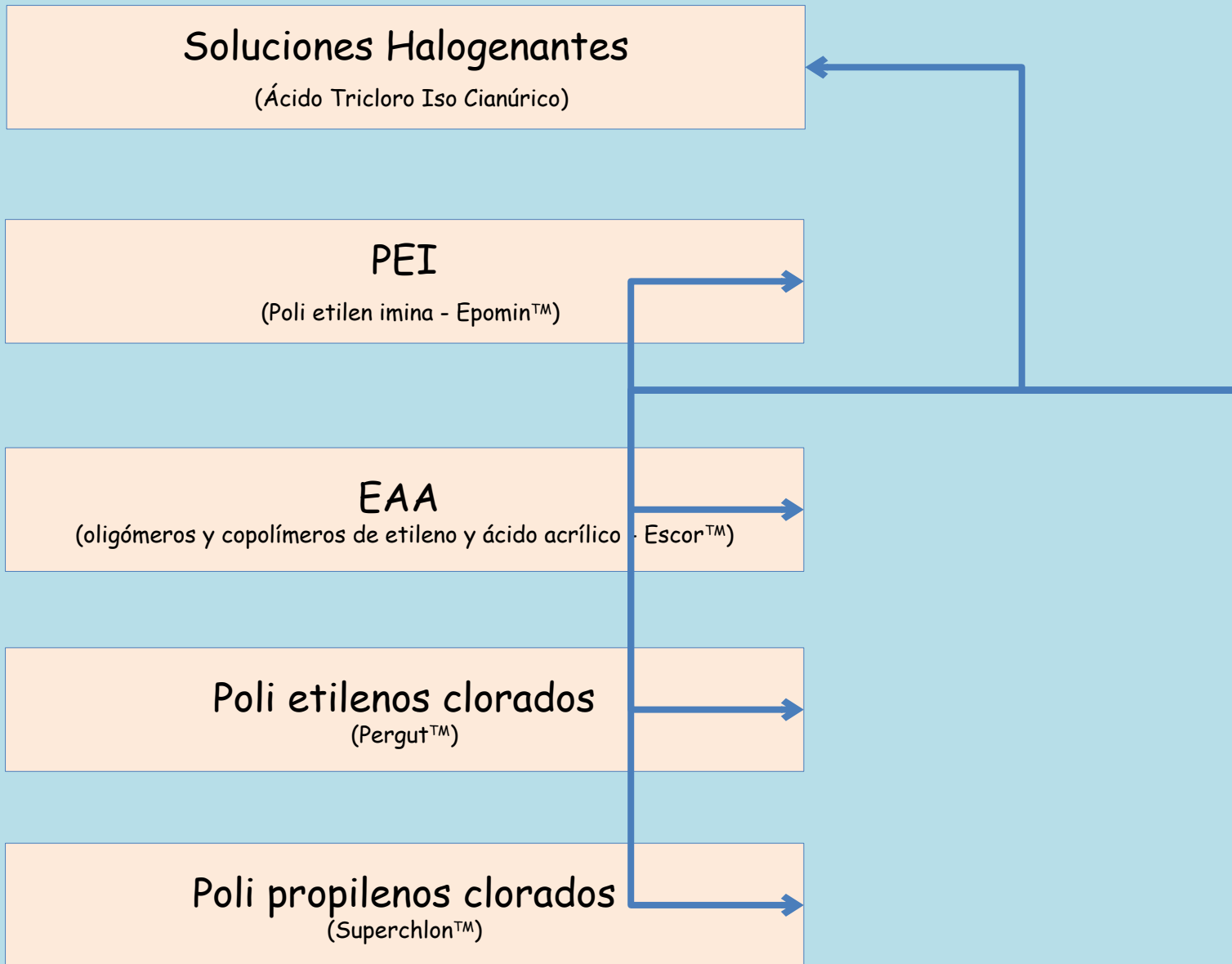
Limpian...  
**Pero muy poco!!!**

Facilitan el "mojado"

Aumentan la  
energía superficial

Aumentan los  
sitios reactivos





Tratamientos  
superficiales

Desmoldantes libres  
de siliconas!!!!

Lavado

Manual

Ultrasonido

Aplicación de Primer

Manual

Aspersión

Curado UV

Secado



# Consideraciones

- Manos sucias / Manos limpias
- Marcado
- FIFO:
  - Orden.
  - Higiene.
- Respetar consumos.
- Temperaturas  $< 70 - 80^{\circ}\text{C}$ .
- Secado.
- Potencia/tiempo: equiv. 50 - 60 dinas/cm
- Bloqueo.

Y si hay siliconas presentes

O si el lavado no funciona, no queda  
otra que...

Raspar!!!

Raspar!!!

Y, si había siliconas,  
volver a lavar!!!

# Adhesivos

## Poliuretano

Base agua

B. solvente

No Amarillean

Reactivación c/calor

1 y 2 Componentes

Posible aplic. 1 cara

Poco recomendable

## Neopreno

Base agua

B. solvente

Amarillean

No siempre con  
Reactivación

1 y 2 Componentes

Aplicación 2 caras



# Adhesivos

## Poliuretano

Base agua

B. solvente

No Amarillean

Reactivación c/calor

1 y 2 Componentes

Posible aplic. 1 cara

Poco recomendable

## Neopreno

Base agua

B. solvente

Amarillean

Sin Reactivación

1 y 2 Componentes

Aplicación 2 caras

Y tampoco vamos a hablar de los adhesivos 100% sólidos, por ahora...

# Adhesivos

## Consideraciones

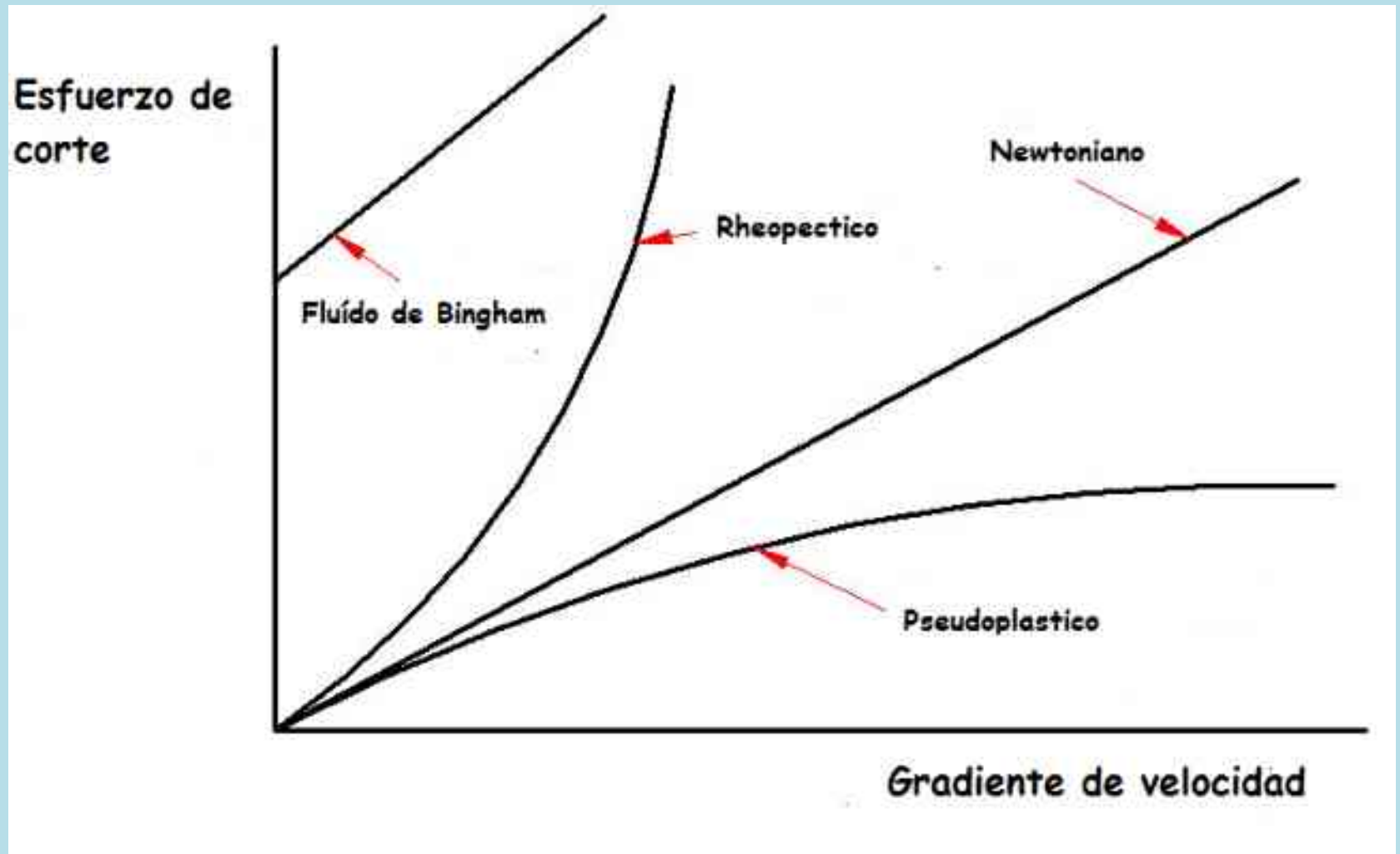
- Pot life... que no es lo mismo que ventana de procesamiento!!!
- Aplicación:
  - Manual
  - Aspersión
- Temperatura y humedad ambientes
- Respetar consumos
- Secado a  $45 < T < 70^{\circ}\text{C}$  en superficie!!
- Reactivado Flash

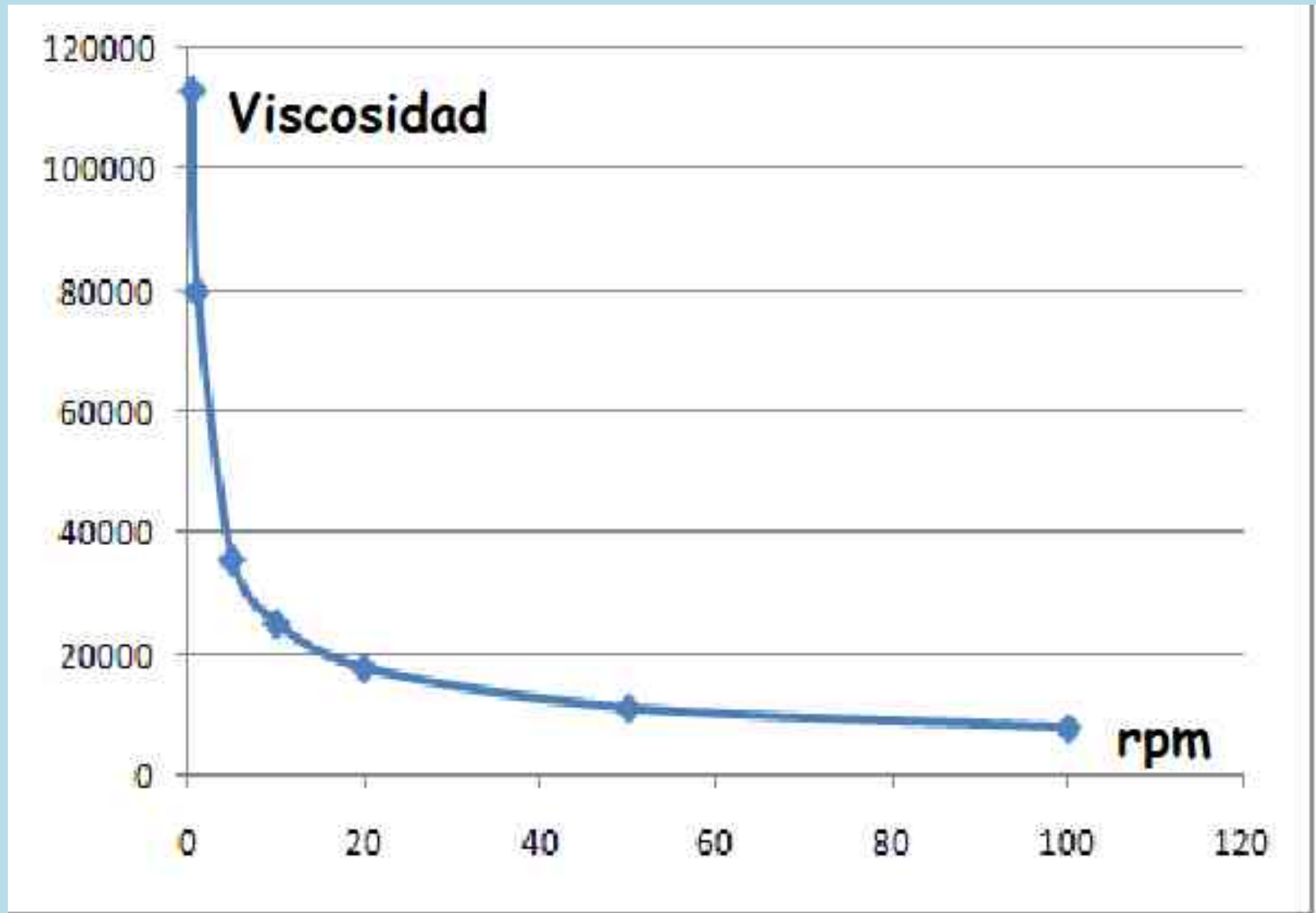
# Adhesivos

## Consideraciones

- Pot life... que no es lo mismo que tiempo de procesamiento!!!
- Aplicación
  - Manual
  - Aspersión
- Temperatura y humedad ambientes
- Respetar consumos
- Secado a  $45 < T < 70^{\circ}\text{C}$  en superficie!!
- Reactivado Flash

Viscosidad





# Consideraciones

- EVA y Goma en túneles diferentes
- Ensayo de Tack
- Prensado inmediato!
- Regla 6&6









# Adhesivos 100% Sólidos

# Adhesivos 100% Sólidos



3D

# Adhesivos 100% Sólidos

```
graph TD; A[Adhesivos 100% Sólidos] --> B[3D]; A --> C[2D];
```

The diagram illustrates the relationship between 3D and 2D solid adhesives. A central title box at the top, labeled 'Adhesivos 100% Sólidos', has two curved arrows pointing downwards to two separate boxes. The left box contains the text '3D', and the right box contains the text '2D' with a blue underline.

3D

2D

# Adhesivos 100% Sólidos

```
graph TD; A[Adhesivos 100% Sólidos] --> B[3D]; A --> C[2D]; B --> D[Hot Melt PUR]; C --> D;
```

3D

2D

Hot Melt PUR

# Adhesivos 100% Sólidos

3D

2D

Hot Melt PUR

TPU en Polvo









[Videos Hot Melt PUR\envase hotmelt.wmv](#)



[Videos Hot Melt PUR\robot hotmelt.MP4](#)



[Videos Hot Melt PUR\calzado y primer.MP4](#)





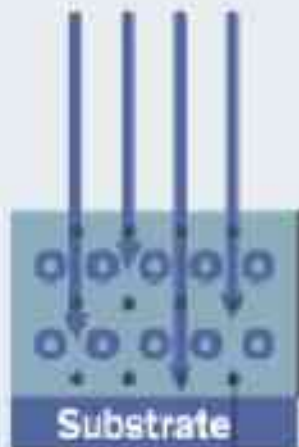
Videos Hot Melt PUR\reactivado y prensa.MP  
4



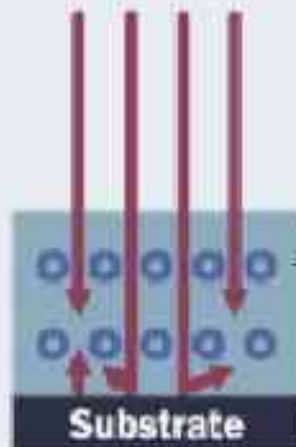




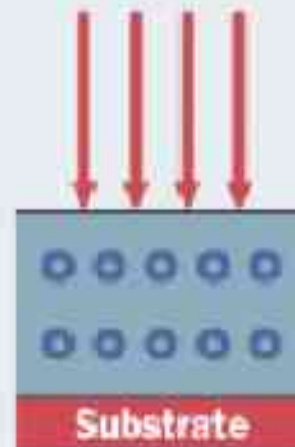
Curado con  
Radiación UV



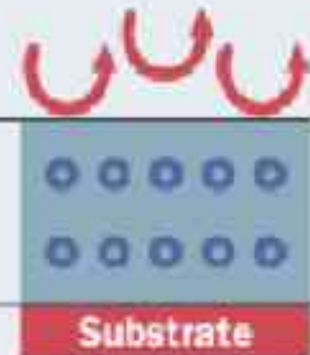
Secado y/o  
Curado con  
Radiación NIR



Secado con IR  
convencional  
( $>1500\text{ nm}$ )



Secado  
convencional  
c/aire caliente



Reacción Química

Fotoiniciadores

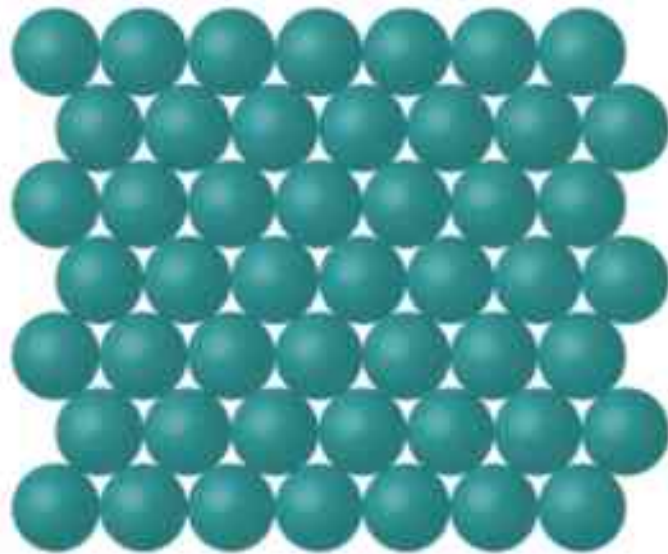
Calentamiento rápido y homogéneo  
por penetración de energía y  
reflexión en sustrato

Calentamiento superficial por  
energía de la interfase  
sustrato/recubrimiento

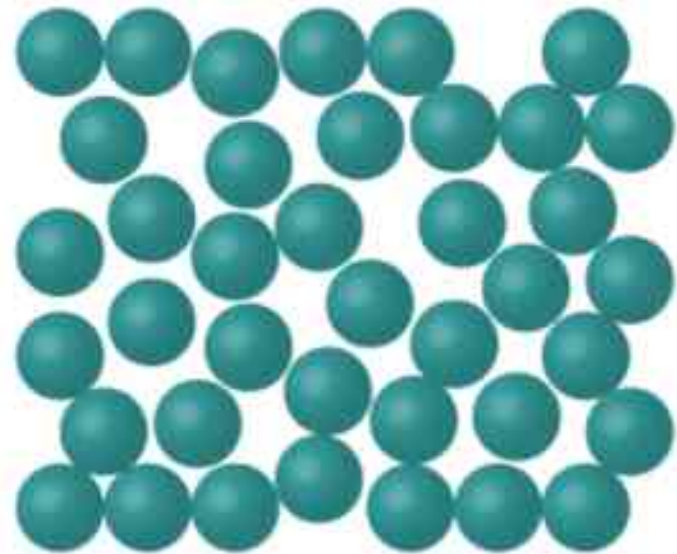


# Adhesivos de Poliuretano Base solvente

# Estructura molecular



Crystalline



Amorphous

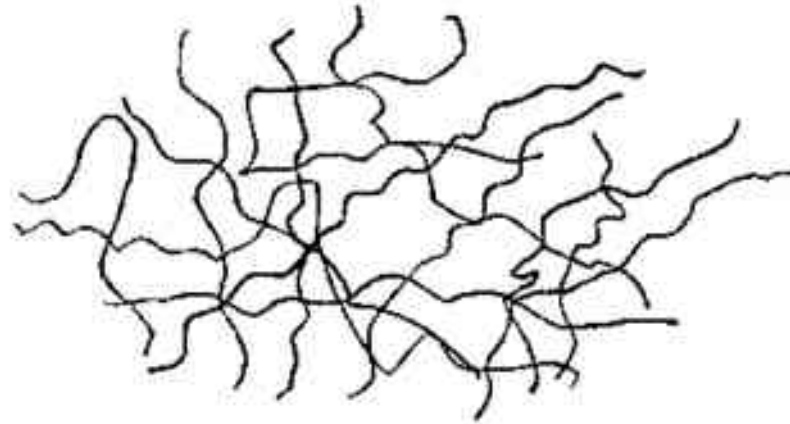
Los átomos, iones o moléculas de un material cristalino, están ordenados en el espacio, formando redes de 2 o 3 dimensiones



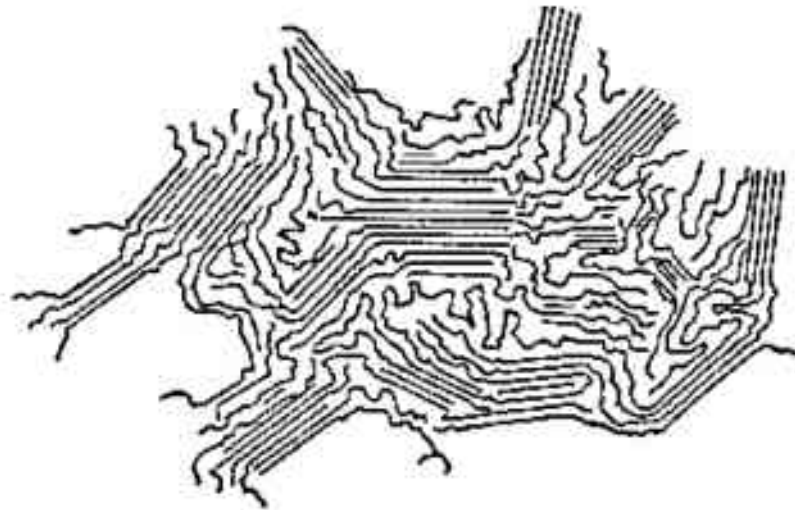
Los átomos, iones o moléculas de un material amorfo, NO están ordenados

Esto trae aparejadas grandes diferencias en sus propiedades, físicas y químicas

Fundidos, o en solución,  
los polímeros están en  
estado amorfo



Polímero de estructura amorfa



Polímero de estructura cristalina

La velocidad de cristalización es la rapidez con la que se forman los cristales.

**Lenta:**

**Cristales más grandes** y de mayor calidad, ya que los iones tienen más tiempo para organizarse en una estructura ordenada.

**Rápida:**

**Cristales más pequeños** debido a la rápida deposición de iones, que no se integran completamente en la estructura antes de que se unan nuevos.

Velocidad de  
cristalización



Tiempo abierto

El grado de cristalinidad varía mucho,  
desde materiales amorfos hasta muy  
cristalinos



Influye en propiedades mecánicas:

- Dureza
- Flexibilidad.

**Formulación:**

Los monómeros y los reactivos utilizados en la síntesis del poliuretano determinan la capacidad del polímero para formar regiones cristalinas.

**Proceso de polimerización:**

La manera en que se sintetiza el poliuretano puede afectar el grado de orden estructural en sus cadenas moleculares.

**Proceso de transformación:**

Las condiciones durante la fabricación, como la temperatura y el tiempo de permanencia en la fase de fusión o procesamiento, influyen en el reordenamiento de las cadenas poliméricas y, por lo tanto, en el grado de cristalinidad final de la pieza.

- **Dureza:**

Un mayor grado de cristalinidad generalmente se traduce en un material más duro.

- **Flexibilidad y tacto:**

Materiales con baja cristalinidad pueden ser más blandos y tener un tacto más suave, como es el caso de algunos TPU con durezas Shore entre 55 A y 80 A.

- **Aspecto físico:**

El grado de cristalinidad puede afectar la transparencia o el aspecto de la pieza final.

La densidad es un indicador indirecto de la cristalinidad, ya que un polímero más cristalino tiene una mayor densidad.

Grado de  
cristalización



Tiempo y  
temperatura de  
reactivación

Article	Type (POLYOL)	Yellowing resistance	Crystallization rate	Activation temp °C	Tack Time (min) PVC vs. PVC, 25°C	Initial strength kg/3cm PVC vs. PVC After 5 mins	Max. Toluene % in Solvent	Viscosity range (CPS/25°C) 15% solid content in MEK
TPUA-760	Polyester	little yellowing	very fast	55 – 65	5 – 10	10 – 16	30 – 35	200 – 3500
TPUA-1560	Caprolactone	little yellowing	very fast	55 – 65	25 – 50	12 – 18	30 – 35	400 – 3500
TPUA-142A	Caprolactone	little yellowing	very slow	55 – 65	over 8 hrs	9 – 15	30 – 35	400 – 2400
TPUA-1738A	Polyester	non- yellowing	very fast	55 – 65	5 – 10	8 – 12	30 – 35	1600 – 2000
TPUA-15-AD29D (No organotin)	Polyester	non- yellowing	very fast	55 – 65	5 – 10	8 – 12	20	1600 – 2000
TPUA-15-AA3C	Polyester	little yellowing	fast	50 – 65	5	8	100	200 – 600

# Formulación típica

Polímero

Max.: 25 %

MEK  
(Metil etil cetona)

Hasta 100%

2-Propanona  
(Acetona)

Max.: 35 %

EAC  
(Acetato de etilo)

Max.: 35 %

Porcentajes en peso!!!

Se pueden agregar solventes pesados como ciclohexanona o isoforona, pero  
con cuidado!!











**Hélice ancla**  
*Flujo radial*



**Hélice marina**  
*Flujo axial*



**Hélice paletas**  
*Flujo radial*



**Hélice Turbina**  
*Flujo radial*



**Hélice  
Viscofluidjet  
SRT** *Flujo  
radial dinámico*

# Controles de fabricación

```
graph TD; A[Controles de fabricación] --> B[Peso]; A --> C[Orden de agregado de solventes]; A --> D[Reposición diferencial de solventes]; A --> E[Tiempo y velocidad de agitación];
```

Peso

Orden de agregado de solventes

Reposición diferencial de solventes

Tiempo y velocidad de agitación

# Controles de Laboratorio

```
graph TD; A[Controles de Laboratorio] --> B[Contenido de sólidos]; A --> C[Viscosidad]; A --> D[Velocidad de secado];
```

Contenido de sólidos

Viscosidad

Velocidad de secado

Muchas  
Gracias!!