

JORNADA TINTAS FUNCIONALES

Josh Morris

Director – Cyclops Synergies

josh@cyclopssynergies.com

+34 687 753 129

Mayo 2026

TINTAS - Composición del producto

Composition		Functionality
Pigments	Ag, AgCl, AGCu, Cu, Ni, Graphite, Carbon Black, Insulating Pigments, Phospors	Conductivity, Isolation, Resistors, Capacitors, Electrodes, Antennas, RF Absorption/Reflection, light emitting
Resins	Thermoplastic Thermosetting UV Curable	Adhesion, Cohesion, Flexibility, abrasion resistance, chemical resistance, environmental stability
Carrier	Organic Solvents Water	Medium for dissolving resins/dispersing pigments Viscosity Evaporation Compatibility with substrates
Additives	Many	Enhancing functionalities above

Sustratos

Nuestros materiales pueden suministrarse sobre distintos sustratos. Según la aplicación, se usan los siguientes sustratos en combinación con nuestros productos:

- ❖ Láminas plásticas – Poliéster (PET), PVC, PC, poliimida, ABS, entre otros.
- ❖ Diferentes grados de papel y sustratos de cartón
- ❖ Materiales para PCB – FR2 (fenólico), FR4 (epoxi), CEM1, entre otros.
- ❖ Vidrio
- ❖ Cerámica
- ❖ Carcasas plásticas – PC, ABS, PA, PU, poliéster, entre otros.

La selección del sustrato puede limitar el uso del producto por sensibilidad a solventes, limitaciones de temperatura y compatibilidad. Por ello deben verificarse el desempeño del producto sobre el sustrato y la compatibilidad producto/proceso con el sustrato

Propiedades del producto

❖ Vida útil

- estabilidad, sedimentación

❖ Especificación del producto húmedo

- sólidos, viscosidad

❖ Condiciones de almacenamiento

- temperatura ambiente, nevera, congelador

❖ Método de aplicación

- serigrafía, pulverización u otros métodos

❖ Condiciones requeridas de secado/curado

- temperatura, UV

❖ Precio de venta

- Para el cliente es importante el costo en uso (no solo del precio por kg.

Propiedades de la Tinta Aplicada

Las propiedades del recubrimiento después de la aplicación pueden incluir:

- ❖ **Compatibilidad con el sustrato**

- ❖ **Propiedades eléctricas**

- Resistencia superficial
- Propiedades dieléctricas

- ❖ **Propiedades mecánicas**

- Adhesión/Cohesión
- Flexibilidad
- Dureza

- ❖ **Estabilidad ambiental**

- Calor
- Humedad
- Migración de plata
- Resistencia a solventes y productos químicos

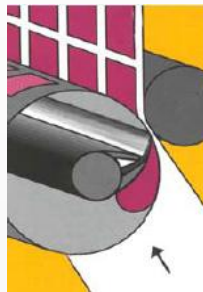
Métodos de impresión

- ❖ Impresión flexográfica
- ❖ Impresión en rotograbado
- ❖ Serigrafía

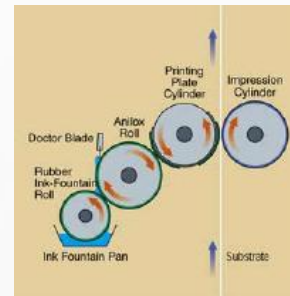
La ventaja de la serigrafía es que permite aplicar capas gruesas (5-25 μm), pero es un proceso de impresión lento en comparación con la flexografía o el huecorabado.



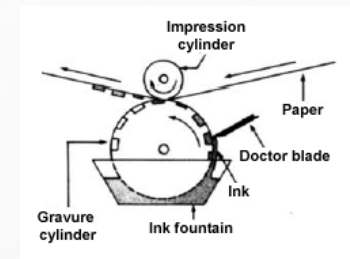
Pantalla plana



Pantalla rotativa



Flexografía



Huecorabado

**Velocidad de
impresión**

Serigrafía

1 capa impresa

2 ángulo de rasqueta

3 ángulo de contacto

4 dirección de impresión

5 rasqueta

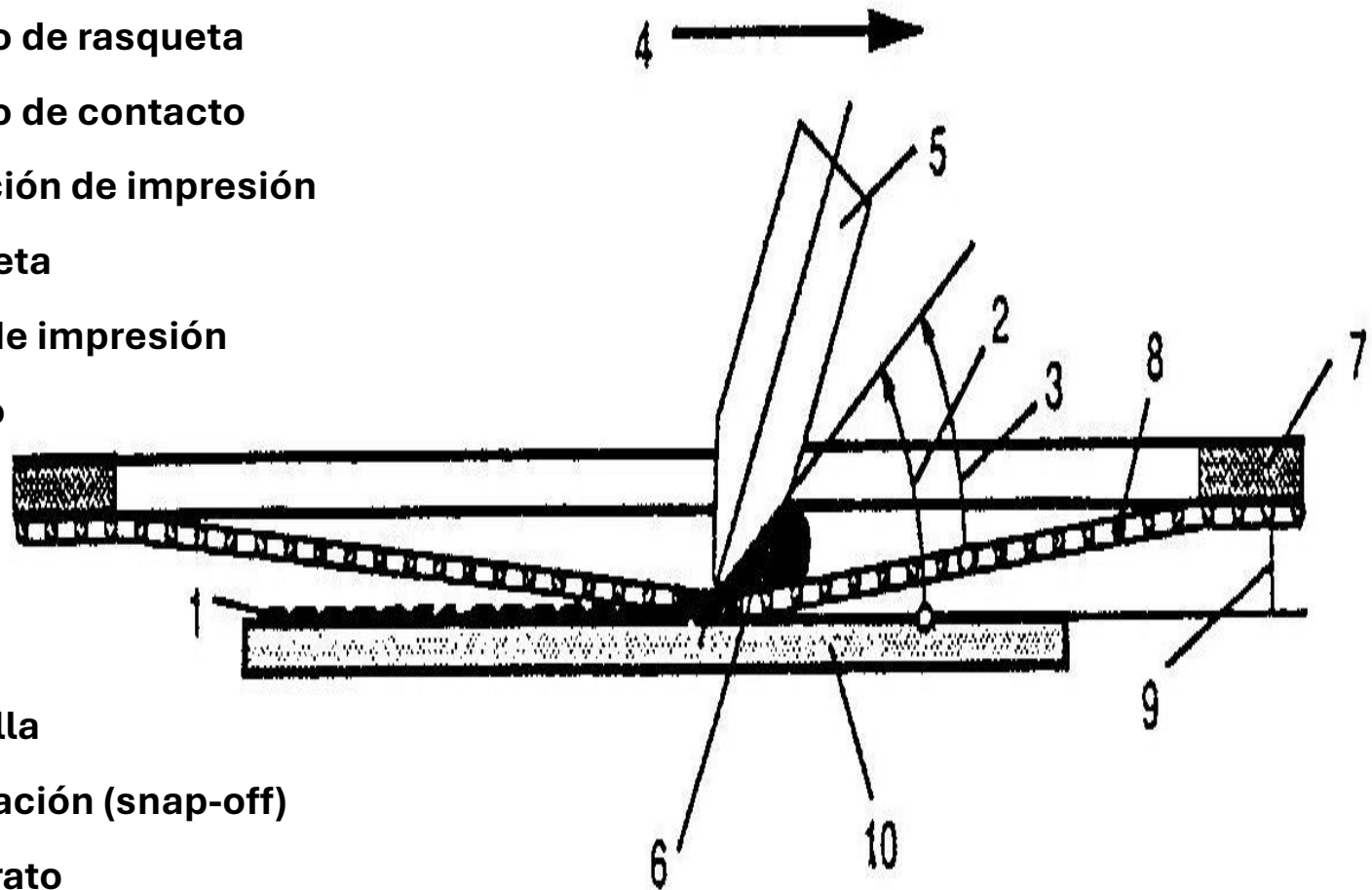
6 tinta de impresión

7 marco

8 pantalla

9 separación (snap-off)

10 sustrato



Secado y curado

❖ **Tintas base solvente**

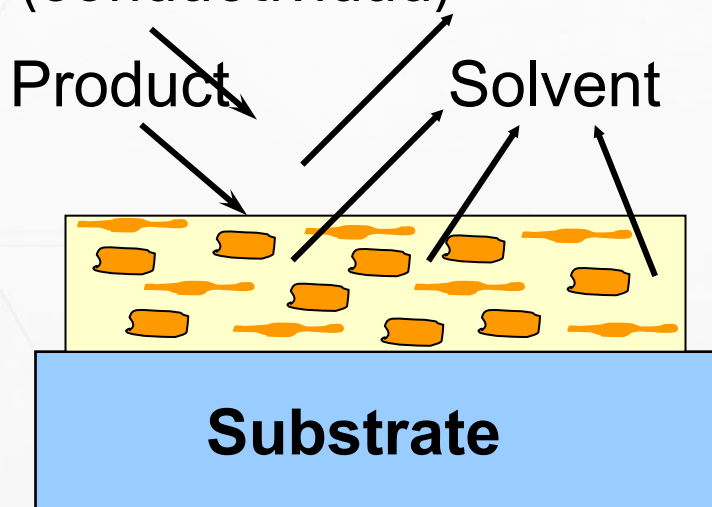
- Hornos estaticos
- Hornos de cinta
 - Aire caliente
 - Aire caliente + infrarrojo
- Secadores de contacto

❖ **Tintas curables por UV**

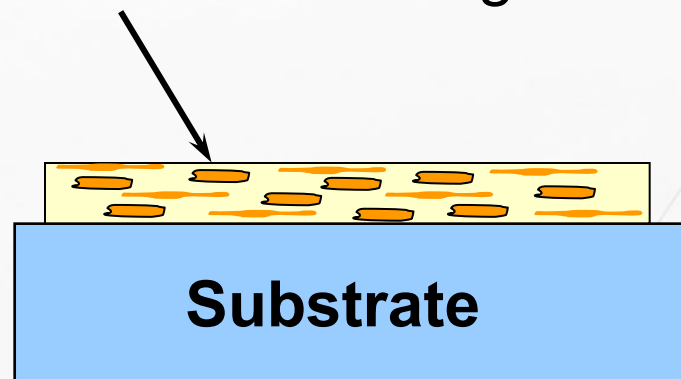
- Hornos UV
 - Pueden usarse distintas lámparas UV

AEM - Secado y curado

El secado/curado adecuado es muy importante para obtener el desempeño requerido del recubrimiento. Los productos se aplican húmedos al sustrato. El proceso de secado/curado elimina el solvente del recubrimiento e impulsa la reticulación de la matriz de resina (sistemas termoendurecibles). El recubrimiento se contrae y los contactos entre partículas generan la funcionalidad (conductividad)

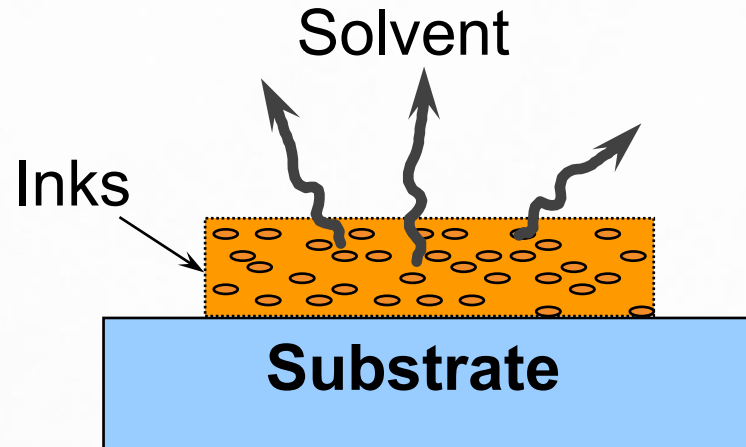


Dried/cured coating

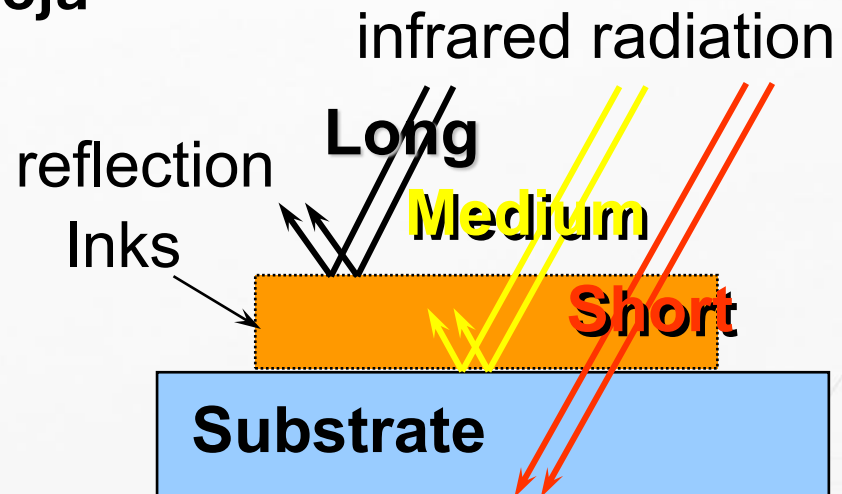


AEM - Secado y curado

Por convección



Por radiación infrarroja



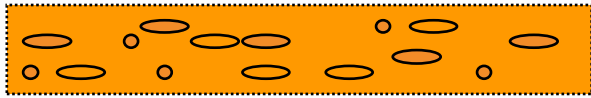
AEM - Secado y curado

Secado infrarrojo (IR)

- ❖ Solo la radiación IR de onda media ($1.7 - 2.8 \mu\text{m}$) es adecuada para aumentar la velocidad de secado/curado de los recubrimientos
- ❖ La radiación IR contiene mucha energía, lo que la convierte en un método riesgoso para secado/curado. Preferiblemente se combina secado por convección (primero) con secado IR (segundo)
- ❖ Un recubrimiento negro (carbono) absorberá mucha más energía que un recubrimiento reflectante (plata). Por ello es difícil indicar temperaturas con hornos IR.
- ❖ El desempeño de un recubrimiento secado/curado por IR siempre debe compararse con una muestra secada/curada por convección

Secado y curado

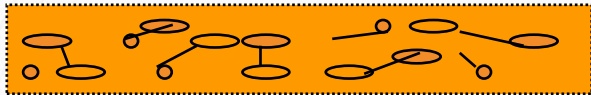
Mecanismo de curado de las tintas UV



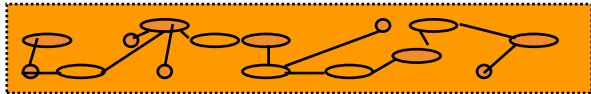
A-Fluid film



B-Exposure to light



C-Propagation of polymerisation

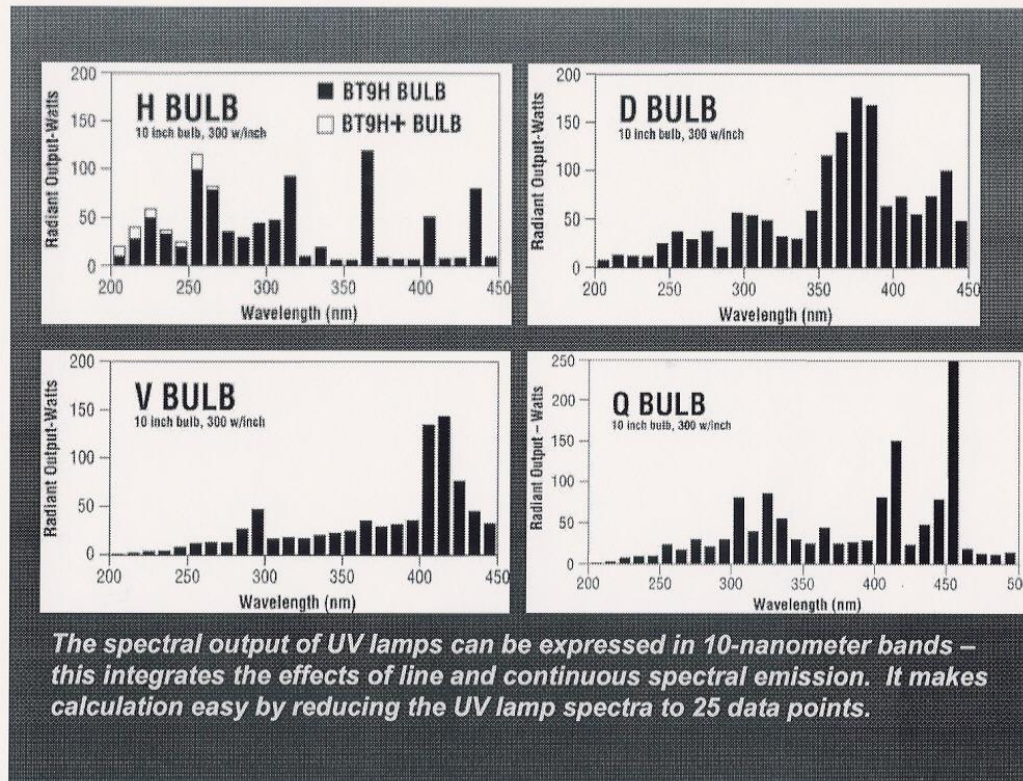


D-Cured film

- Photoinitiator
- Monomer
- Oligomer

AEM - Secado y curado

Espectros de diferentes lámparas UV



Información presentada por Fusion UV Systems

La dopación con hierro o galio de las lámparas UV de mercurio proporciona mayor longitud de onda (nm), lo que aumenta la penetración en sistemas pigmentados

Datos típicos del producto

Electrodag PF-410 es una tinta de plata para circuitos flexibles con los siguientes datos típicos de producto:

❖ Propiedades del producto líquido

- Contenido de sólidos: $\pm 74.5\%$
- Viscosidad Brookfield: ± 15000 mPas
- Densidad: ± 2500 kg/m³
- Punto de inflamación: 110°C
- Condiciones de almacenamiento: 5 – 30°C
- Vida útil: al menos 12 meses
- Cobertura teórica: ± 15 m²/kg @ 10µm

❖ Propiedades del recubrimiento

- Resistencia superficial: ± 0.016 ohm/sq/25µm
- Adhesión (ASTM 3359B): 5B sobre PET
- Cohesión: sin fallos
- Flexibilidad: aumento de resistencia <100%
- Dureza lápiz (ASTM 3363): >2H
- Estabilidad ambiental: sin aumentos de resistencia ni cambios de adhesión

Resistencia superficial

Cálculo de resistencia

$$R_p(\Omega/\text{sq.}/\mu\text{m}) = \frac{R_t \times t \times W}{25 \times L} \quad \text{or} \quad R_t = \frac{R_p \times L \times c}{25 \times W}$$

R_p = product resistance (ohm/sq./25 μm)

R_t = track resistance (ohm)

t = dry coating thickness (μm)

W = track width (mm)

L = track length (mm)

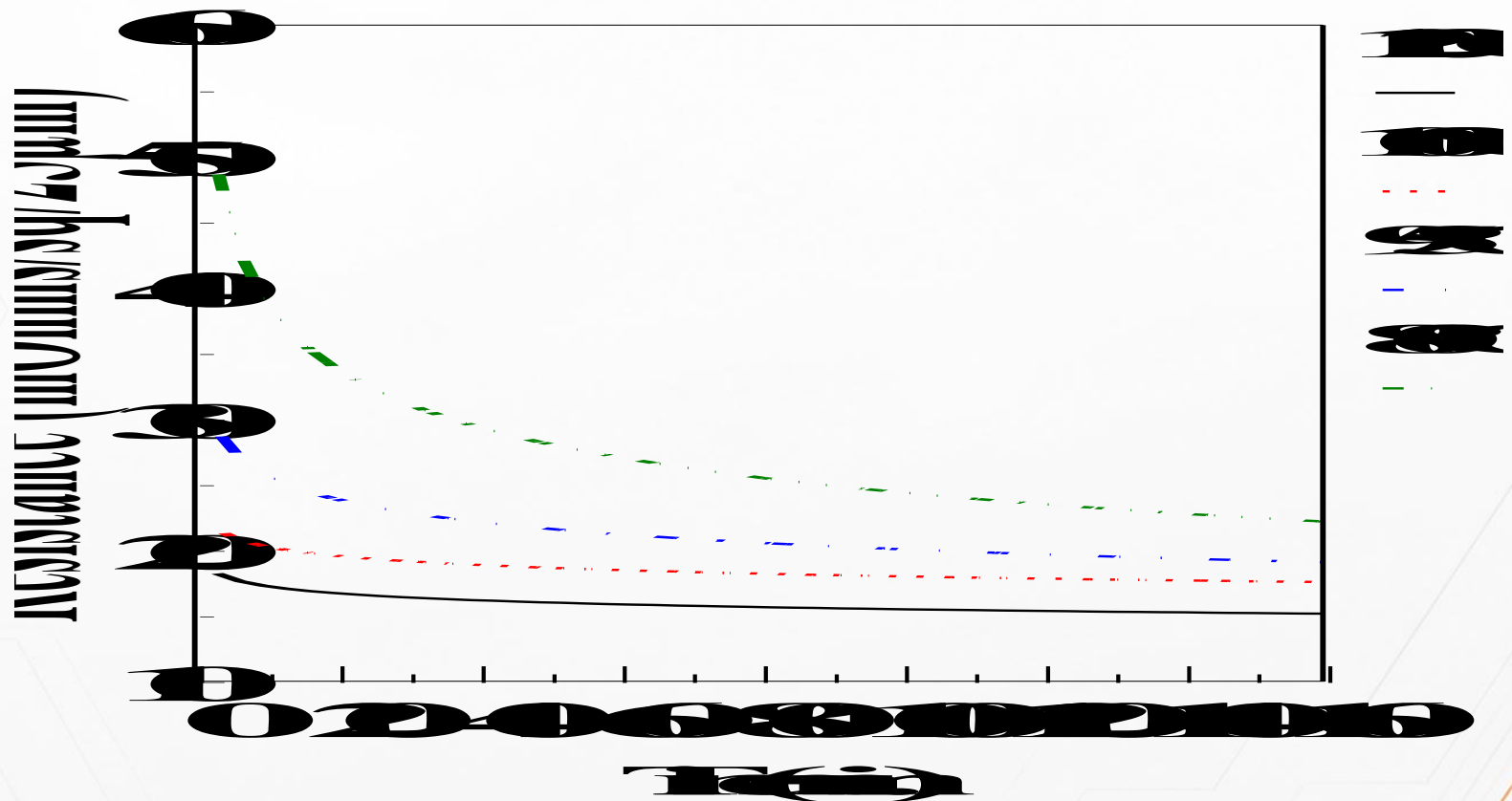


Calculation Example:

1. A track with a length of 100 mm and a width of 2 mm is $100/2 = 50$ sq.
2. The track has a resistance of 3.0 ohm, which means $3.0/50 = 0.060$ ohm/sq.
3. The dry film thickness is 10 μm , so product resistance is $0.060 \times 10/25 = 0.024$ ohm/sq./25 μm

Secado y curado (PF-410)

Influencia del tiempo/temperatura de secado en la resistencia



Ensayo de adhesión

Adhesión según ASTM-3359B

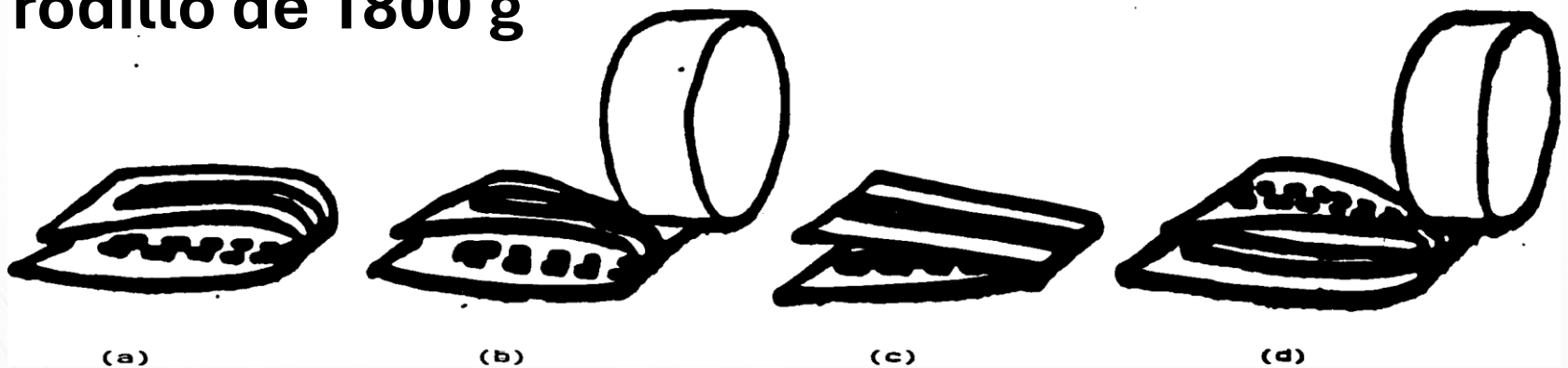
Rating	Appearance of the crosscut after adhesion test
5B	no removal
4B	
3B	
2B	
1B	
0B	More than 65% removal

❖ Clasificación

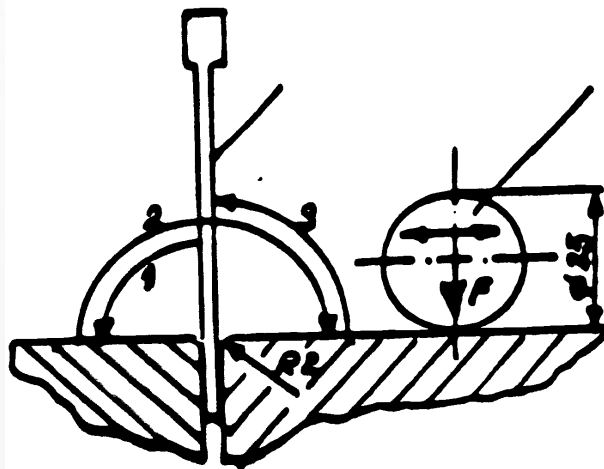
- 5B: sin remoción
- 4B: <5 % removido
- 3B: 5-15 % removido
- 2B: 15-35 % removido
- 1B: 35-65 % removido
- 0B: >65 % removido

Flexibilidad

Ensayo de flexibilidad con rodillo de 1800 g

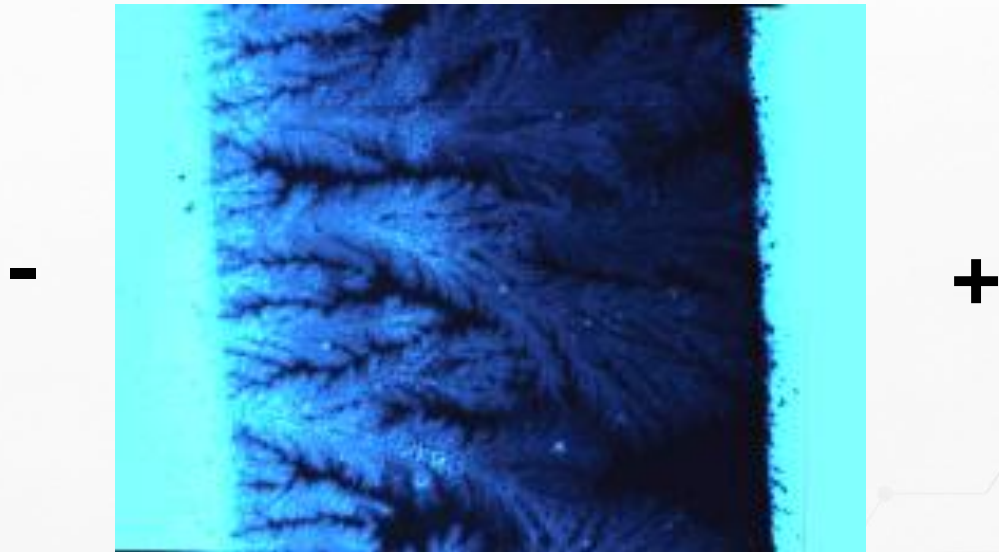


Ensayo de flexibilidad DIN 42115



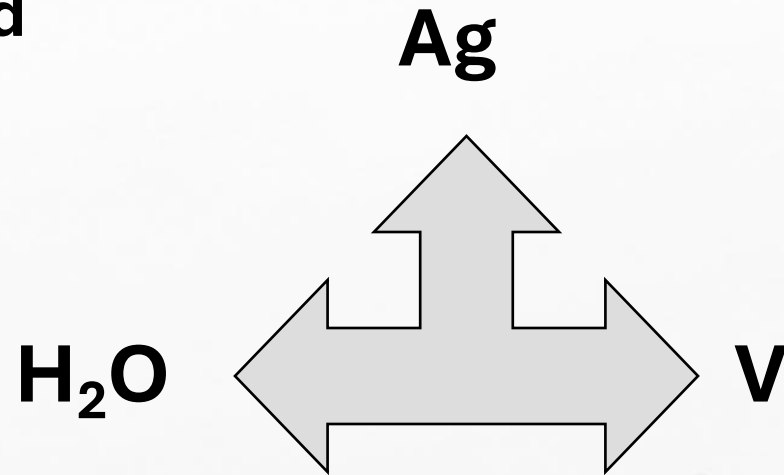
Fenómeno de migración de plata

- ❖ Migración de iones de plata desde la pista cargada positivamente hacia la pista cargada negativamente
- ❖ La migración puede ser horizontal y también vertical



Condiciones para la migración de plata

- ❖ La plata debe imprimirse sobre un sustrato aislante
- ❖ Las pistas deben estar bajo tensión de CC
- ❖ Presencia de humedad



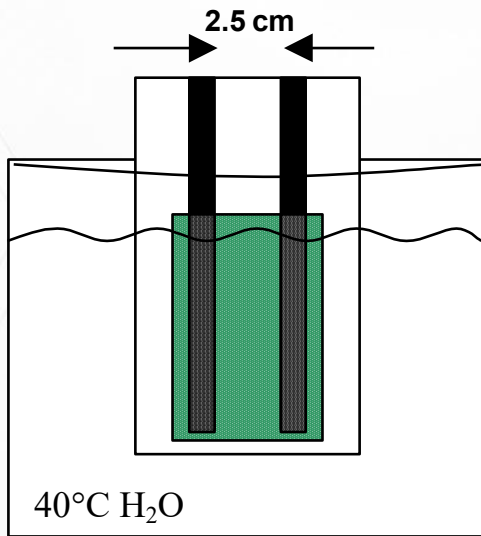
Migración de plata

Cómo evitar/reducir el riesgo de migración de plata:

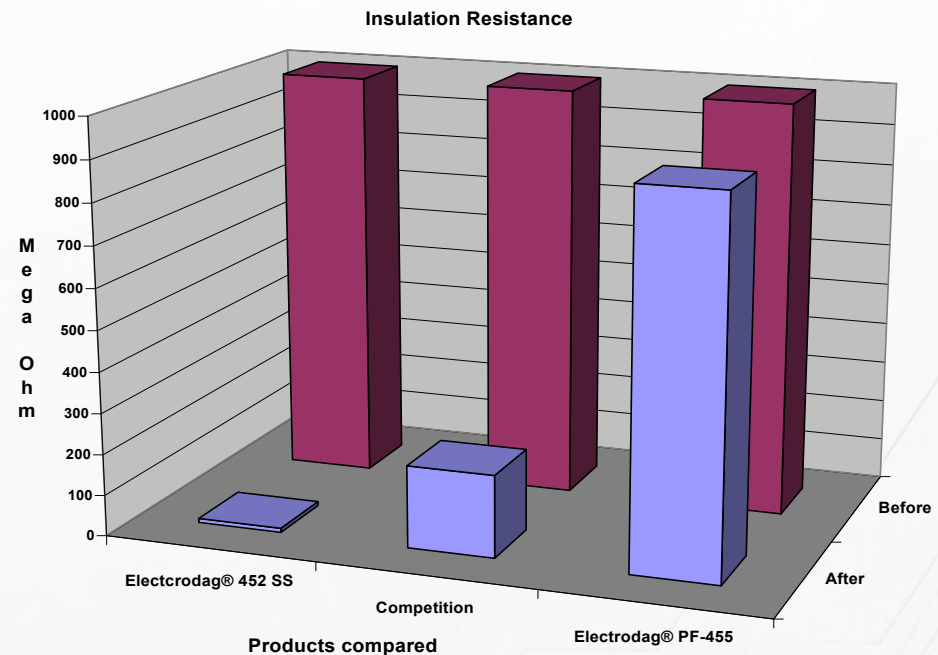
- ❖ Sin carga constante en las pistas
- ❖ Evitar la absorción de humedad
- ❖ Proteger las pistas de plata
- ❖ Mejorar el diseño de las pistas
- ❖ Usar tintas PTF sin contenido de plata
- ❖ Usar recubrimientos dieléctricos con mejor resistencia a la humedad
- ❖ No imprimir cruces
 - THP
 - Concepto antiguo (circuitos separados)

migración de plata

Desarrollo de un dieléctrico con mejor resistencia a la humedad (Loctite Edag PF-455B)



25µm thick dielectric,
15 minutes immersed, 500 volt
load



Aplicaciones - Circuitos flexibles

Interruptores de membrana, teclados de recorrido completo y otros circuitos flexibles

❖ Tintas de plata

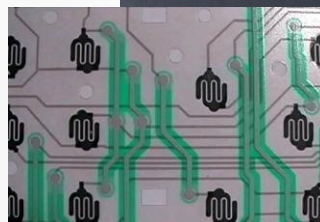
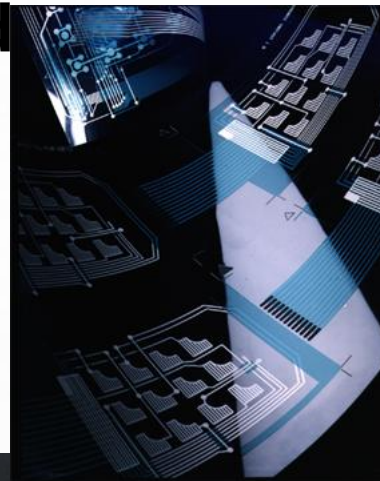
Electrodag® 725A (6S-54), PF-410, IQ-INQ 1002, CI-1036, entre otras

❖ Tintas de carbono

Loctite Edag PF-407A, PF-407C, 965 SS, CI-2001, entre otras

❖ Tintas dieléctricas

Loctite Edag 452 SS, PF-455B



Aplicaciones - Circuitos flexibles

Capa gráfica

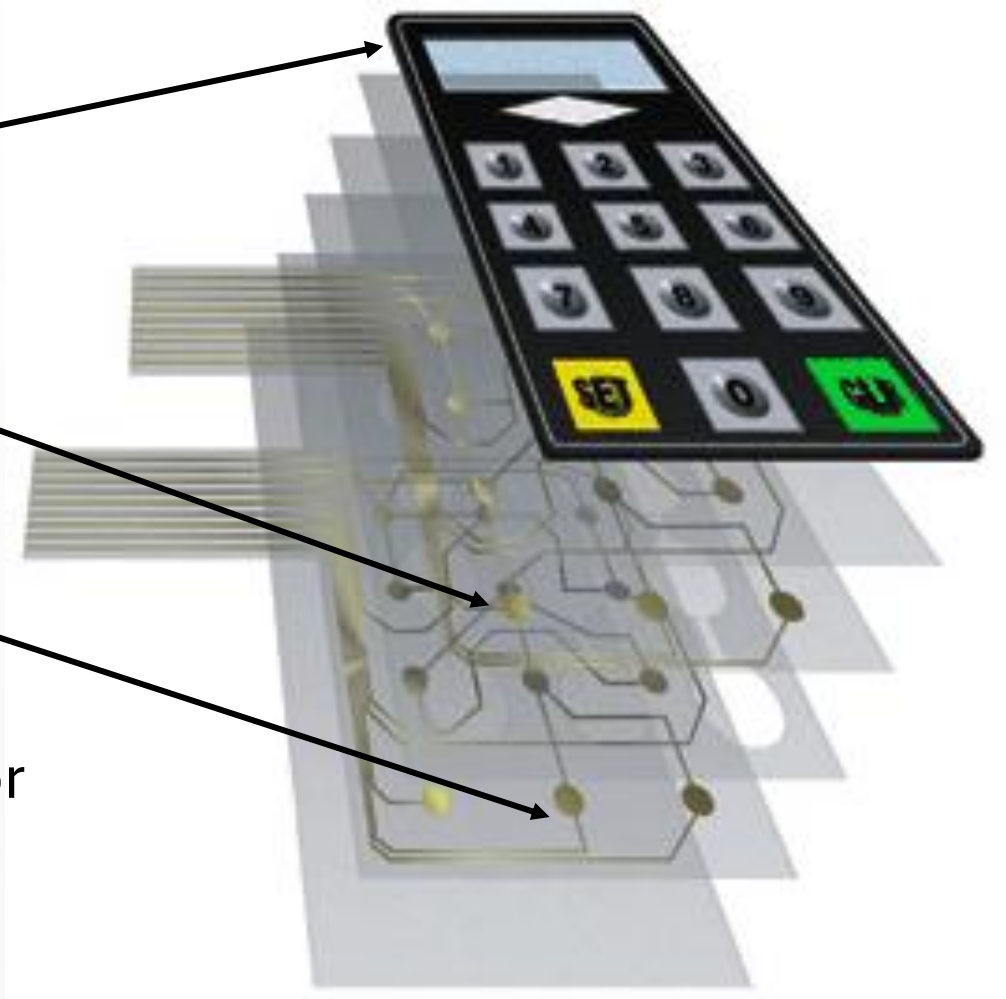
adhesivo

Capa de circuito

Separador del
interruptor

Capa de circuito

Adhesivo posterior



Aplicaciones - Circuitos flexibles

- ❖ Los circuitos conductores se imprimen con tinta de plata
 - Conductividad óptima
 - Espesor seco del recubrimiento 6 - 10 μ m
- ❖ Las áreas de contacto pueden imprimirse con tinta de carbono
 - Pigmento inerte
 - Espesor seco del recubrimiento 5 – 8 μ m
- ❖ La capa dieléctrica y el recubrimiento conformal se imprimen con dieléctrico
 - Dieléctrico aplicado en 2 capas (total 25 -35 μ m)
 - Recubrimiento conformal aplicado en 1 capa (10 – 15 μ m)

Nota: La resistencia del recubrimiento de carbono es aproximadamente 1000x mayor que la de plata

Aplicaciones AEM - Placas de circuito impreso

Cruces/puentes, through holes, protección de contactos de cobre y resistores en placas rígidas de circuito impreso

❖ Tintas de plata

- Emanik 310, Minico M 4100

❖ Tintas de carbono

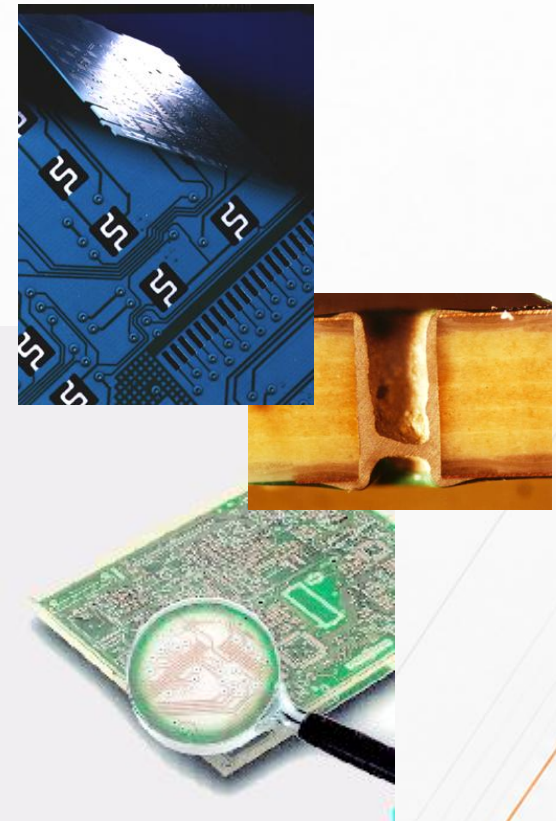
- Loctite Edag PR-406B

❖ Tintas resistivas

- Serie Edag PR-400,
- Serie Minico M 2000 (mod2)

❖ Tintas para through hole

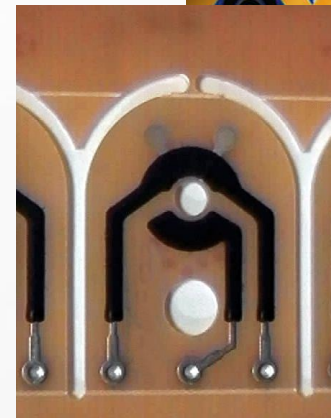
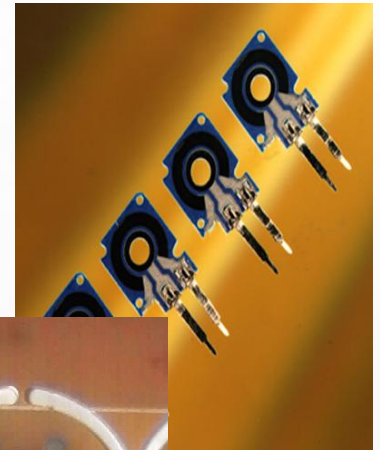
- Emanink 310



Aplicaciones - Potenciómetros impresos

Recubrimientos para pistas resistivas, áreas de contacto y capas protectoras para potenciómetros sobre sustratos rígidos (PCB o cerámica)

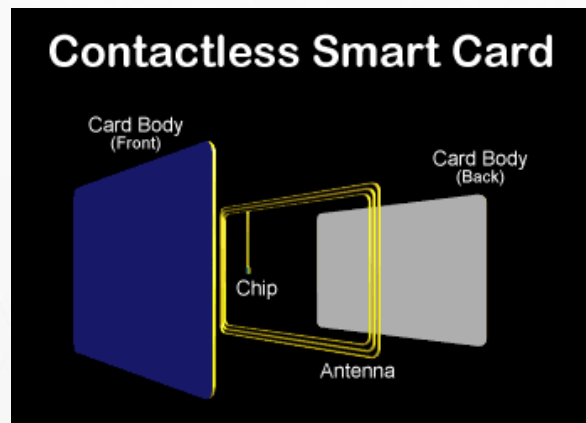
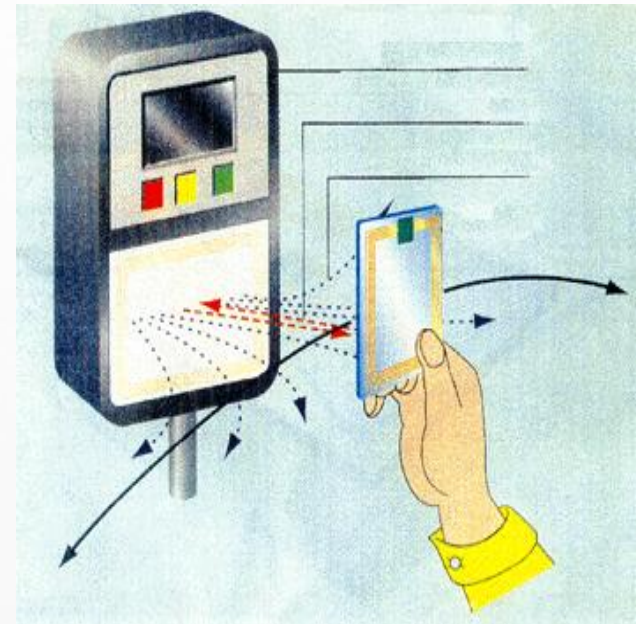
- ❖ Tinta de plata
 - Minico M-4100
- ❖ Tintas resistivas
 - Serie Minico M-2000 MOD2
- ❖ Tintas dieléctricas
 - Minico M-7000 Blue A



Aplicaciones - Tarjetas/etiquetas inteligentes sin contacto

¿Qué es una tarjeta/etiqueta inteligente sin contacto?

- Portador inteligente de información (con módulo de chip) capaz de intercambiar datos mediante interacción de radiofrecuencia (RF) con un sistema electrónico lector/escritor de tarjetas



Aplicaciones - Tarjetas/etiquetas inteligentes sin contacto

Corto alcance

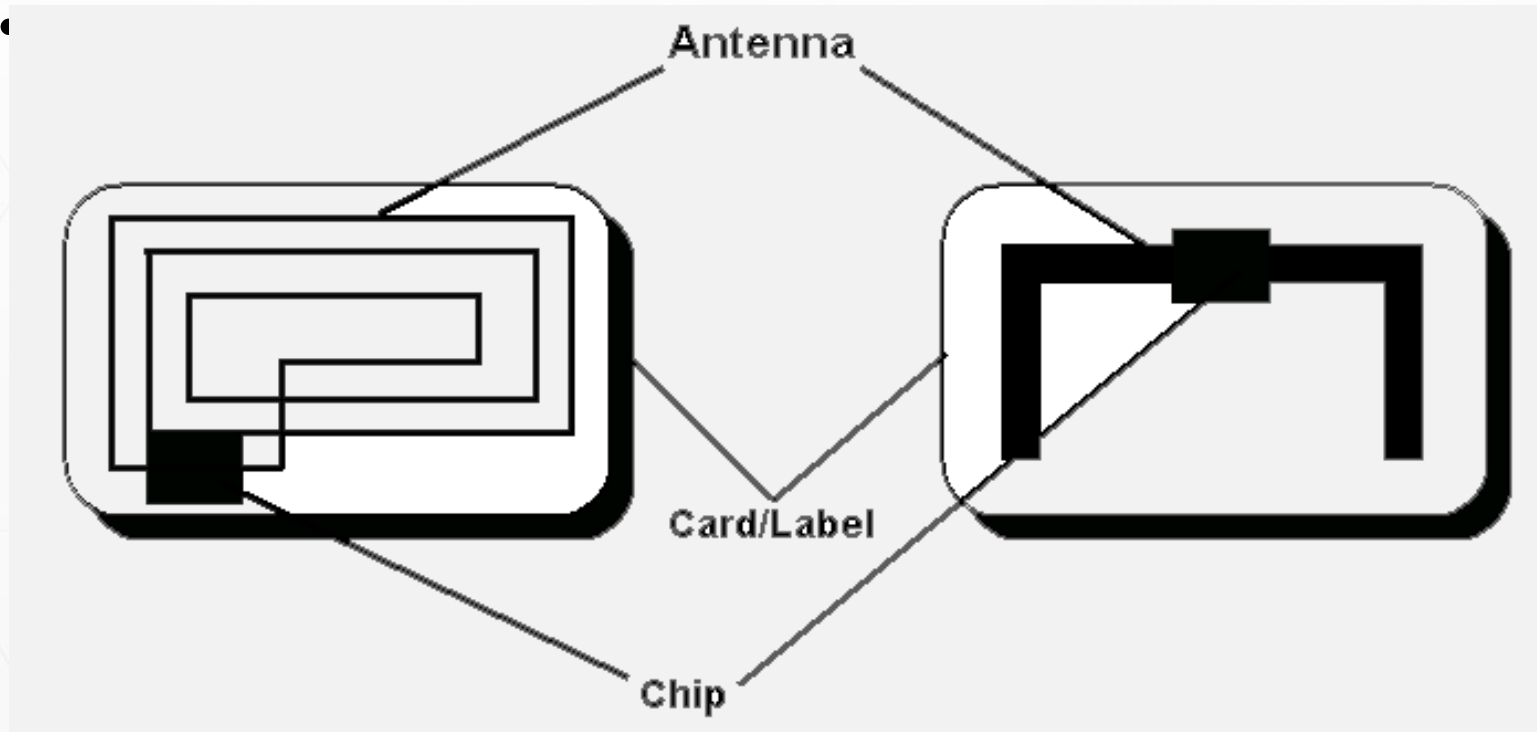
Acoplamiento inductivo

- 125 KHz. (LF)

Largo alcance

Antena eléctrica (dipolo)

- UHF (850-950 MHz)
- 2.45 GHz.



Aplicaciones - Tarjetas/etiquetas inteligentes sin contacto

Las antenas HF y UHF para intercambio de información con tarjetas inteligentes y etiquetas inteligentes sin contacto (RFID) pueden imprimirse con tintas conductoras

❖ Tintas de plata

Edag PM-406, PM-470, 725A, PM-460A, entre otras

❖ Tintas dieléctricas

Edag 452 SS, PF-455B, 1015, entre otras



Aplicaciones - Resistores/elementos calefactores impresos

Los resistores t elementos calefactores pueden imprimirse con tintas de plata y carbono PTC (Positive Temperature Coefficient). La selección del producto depende de voltaje, potencia, diseño, temperatura y sustrato

❖ Tintas de plata

- Electrodag PF-410, 725A (6S-54)

❖ Tintas de carbono / tintas no conductoras

- Electrodag 6017 SS, PM-404 que se mezclan para ajustar el nivel de resistencia
- Tintas PTC

❖ Tintas dieléctricas

- Electrodag 452 SS, PF-455B

Calefacción de retrovisor



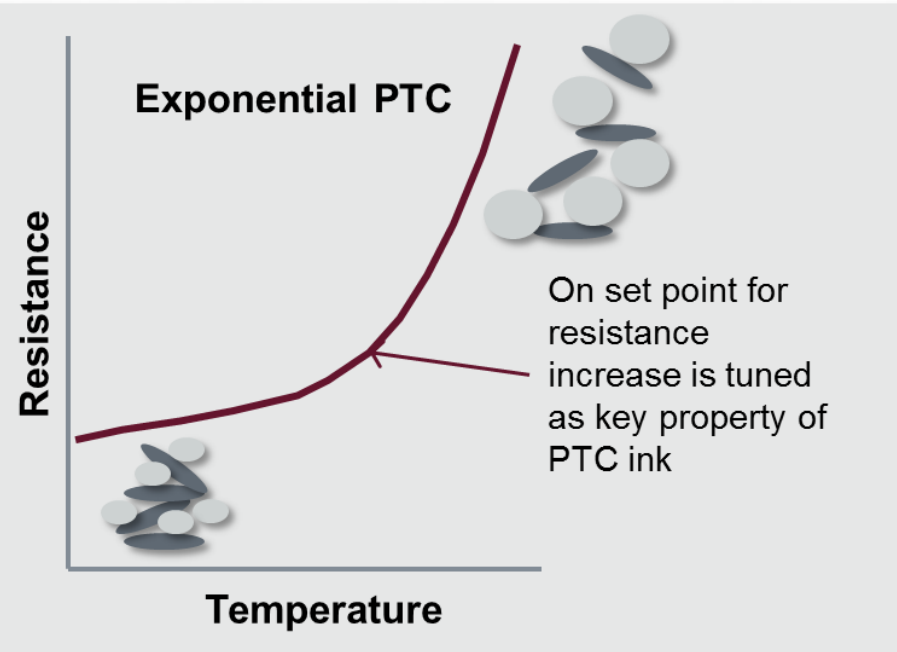
Calefacción de techo



PTC heaters – How does it work

PTC-inks – what does it mean?

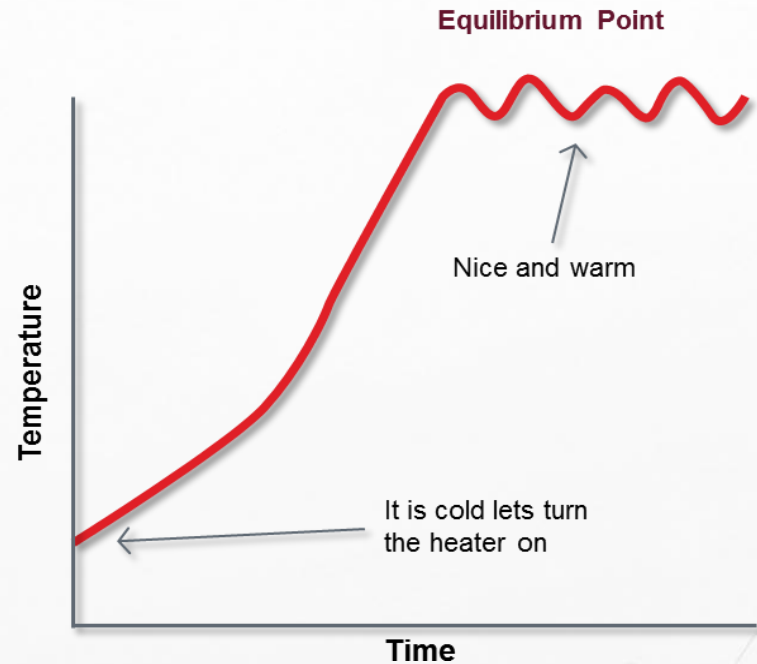
- PTC ink = Positive Temperature Coefficient ink
- Resistance increases as temperature increases



PTC heaters – how can it be used?

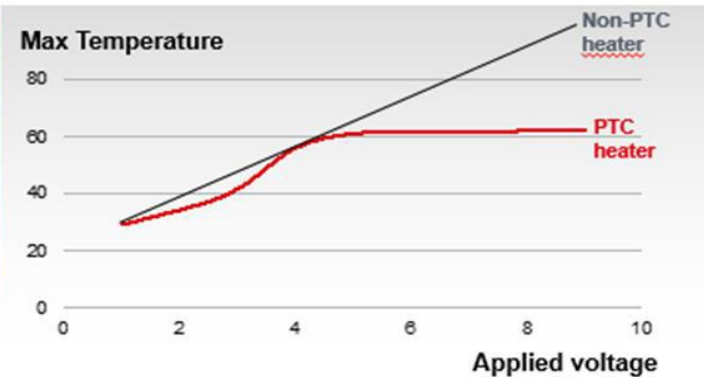
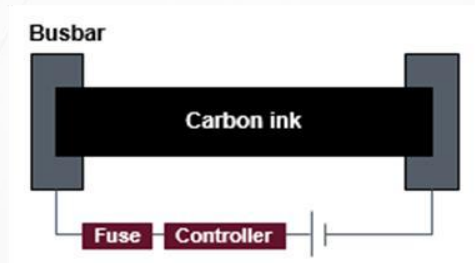
PTC-inks – how can they be used?

- A PTC heating element has a certain resistance and when a voltage is applied a current will flow and power is generated.
- The heater heats up, the resistance of the PTC-coating will increase
- At a certain T, an equilibrium is reached, a **self regulating heater**



PTC heaters – non-PTC

versus PTC heaters



- Non-linear relation between voltage and temperature for PTC heater
- Temperature is self regulating
- No fuse needed
- Control unit can be eliminated in some applications

PTC heaters - Advantages

Value	Details
Rapid heating	Resistance remains low till just before self regulating kicks in, high power and thus heat generation
Uniform/flexible Heating	Wire/cables have hot/cold spots, by design optimization these can be eliminated for PTC heaters. Design can be easily adjusted to the shape of the surface which needs to be heated
Self regulation	Because of self regulation chances of overheating are significantly reduced. Safety is increased. No external temperature control necessary
Light weight	Substrate is light, thin layers are printed. Limited space/weight needed to implement material
Sustainability	Environmentally very stable and long life time. Printing process is additive process, less waste compared to etch processes

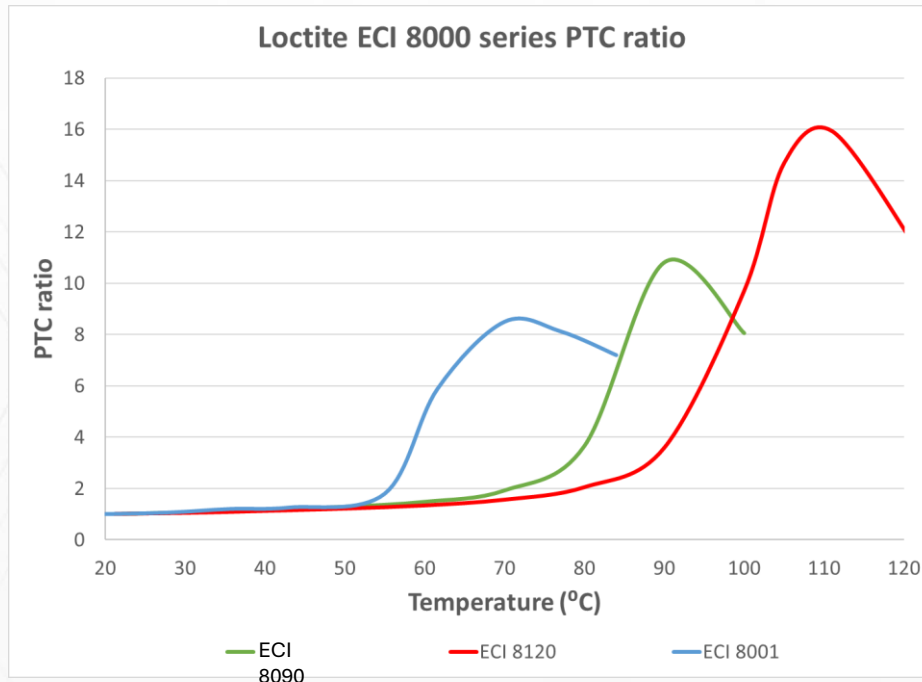
PTC technology provides rapid, safe and flexible heating. It gives a sustainable light weight solution to keep things warm

PTC inks – Loctite ECI 8000 series

- Carbon based PTC inks with different “switch off” temperatures for low voltage (<50 Volt) applications
- Products can be applied by screen printing and are compatible with polyester foil, several silver inks, dielectric inks and

Product	Drying (min/°C)	Resistance (kΩ/sq@25μm)	PTC ratio	Comments
ECI 8001	10/120	1.4 – 2.0	>7	For overheat protection at 60°C
ECI 8090	10/140	0.7 – 1.2	>7	For overheat protection at 90°C
ECI 8120	10/140	1.4 – 2.0	>10	For overheat protection at 105°C

PTC inks – Loctite ECI 8000 series



PTC ratios is peak resistance divided by resistance at room temperature

Sharp increase of resistance at “switch off” temperature and little resistance increase before

PTC inks – High voltage material

- High voltage PTC heaters requires inks with higher resistance level
- The ECI8060 HV is a high(er) resistive material and can be used for PTC heaters up to 250 Volt
- The ECI8060 HV has a resistance level of $\pm 30 \text{ kohm/sq/25um}$ and a PTC ratio of >15

Silver inks – printed silver busbars

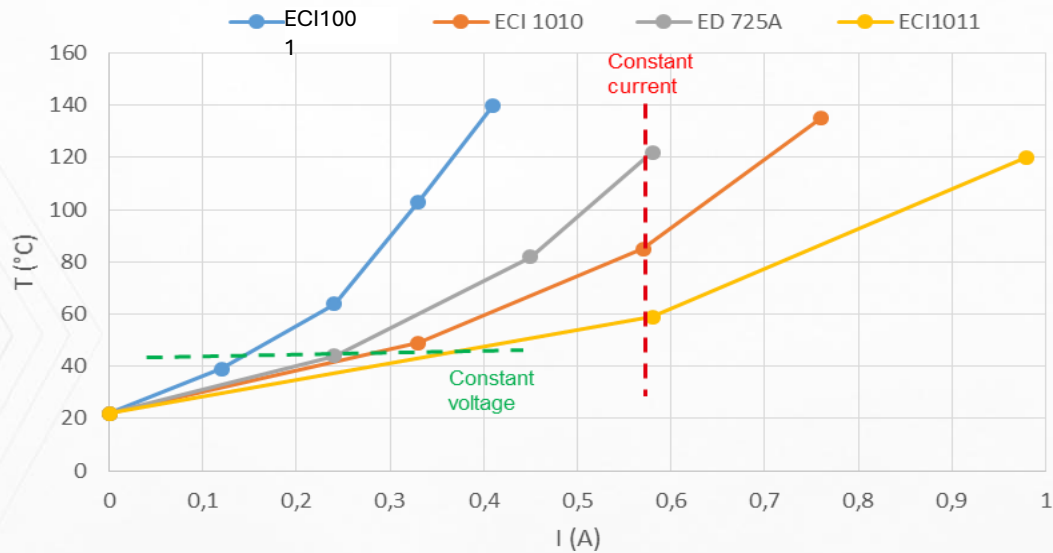
PTC heaters require busbars, fingers and contact areas for which the following silver inks can be considered:

Product	Drying (min/°C)	Resistance (Ω /sq@25 μ m)	Comments
PF-410	15/120	± 0.016	General purpose product
725A	15/120	± 0.012	General purpose product
ECI1010	15/120	± 0.006	High conductive, good flexibility
ECI1011	10/150	± 0.003	Super highly conductive

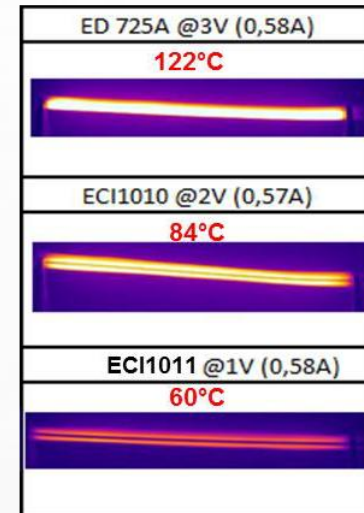
- Reduced resistance of silver ink will improve current capacity of the busbar
- ECI1010 is the most recommended silver ink for PTC heater. It combine excellent conductivity with optimum mechanical strength

Silver inks – printed silver busbars

Lower resistance means higher current capacity
and
less temperature increase of the silver busbar



Constant current tests



Preferable the power density for the silver busbar need to stay below 0.2 W/cm²

Design calculation – Required information

For designing a (PTC) heater the following information will be required:

- Heater dimensions → Available area
- Used substrate → Compatibility
- Max temperature → Selection PTC ink
- **Used voltage (V)**
- **Required power (Watt) at roomtemperature**

Design Calculation – Busbar material / width

If max. current for the heating element have been calculated the attached excel file can help to calculate the required line width.

Fill out product, sheet resistance, dry coating thickness and Watt density (yellow area) and the max current for certain line width will be calculated (green area)

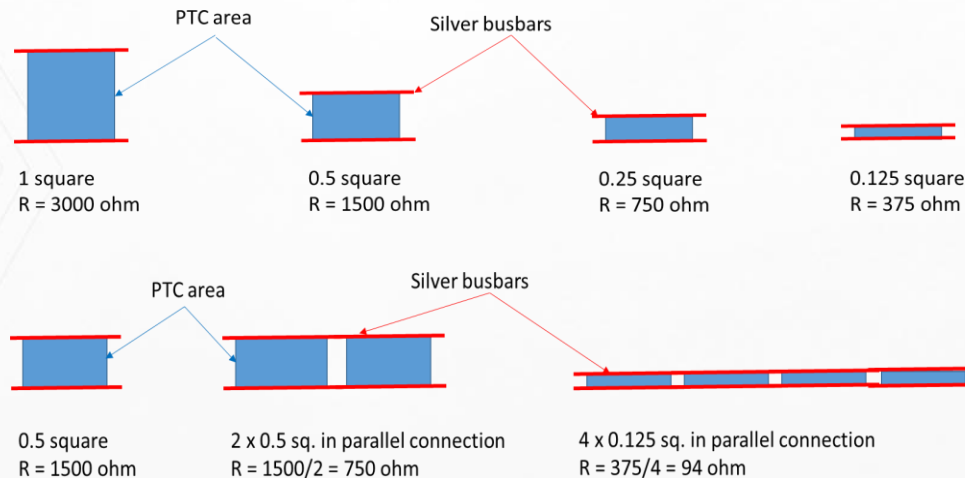
Theoretical max current (A) for silver busbars to generate a power of 0.2 W/cm²

Product	resistance (ohm/sq/25µm)	DFT (um)	Watt density (W/cm ²)	resistance (ohm/sq)	Resistance (ohm/cm ²) for busbar of				Max current (A) for busbar of			
					1 mm	2 mm	5 mm	10 mm	1 mm	2 mm	5 mm	10 mm
PF-410	0.016	8	0.2	0.050	5.00	1.25	0.200	0.050	0.20	0.40	1.0	2.0
479 SS	0.014	8	0.2	0.044	4.38	1.09	0.175	0.044	0.21	0.43	1.1	2.1
725A	0.012	8	0.2	0.038	3.75	0.938	0.150	0.038	0.23	0.46	1.2	2.3
ECI 1010	0.005	8	0.2	0.016	1.56	0.391	0.063	0.016	0.36	0.72	1.8	3.6
ECI 1011	0.003	8	0.2	0.009	0.938	0.234	0.038	0.009	0.46	0.9	2.3	4.6

- In worst case scenario 0.2 W/cm² can give max temperature increase of 80°C
- Maximum allowable current can be increased by using better conductive material, apply thicker coating, print wider busbars or allow higher watt density with improved heat-sink

Design Calculation – PTC resistors

- PTC resistors areas can only be printed as shorts track (max. 10 mm) between high conductive busbars in parallel connection
- Low voltage PTC ink resistance $\pm 1.75 \text{ kohm/sq/25um}$ will result in $\pm 3000 \text{ ohm/square}$ if a dry coating thickness of 15 um will be applied

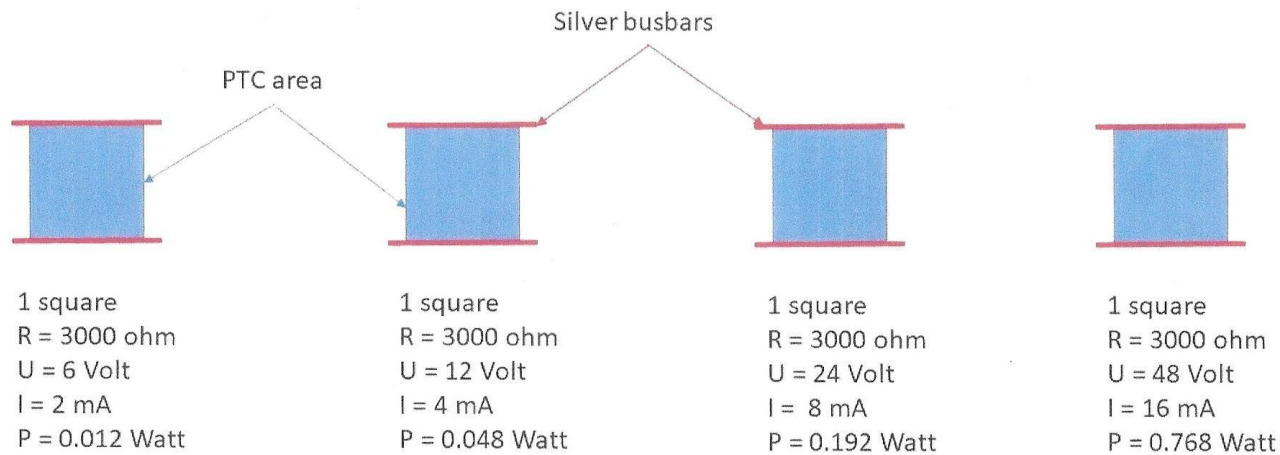


- Play around with parallel connected PTC resistor areas to obtain the required resistance
- Final heater resistance is PTC area resistance divided by number of areas (R/n) plus 0.33 times busbar resistance

Design Calculation – Influence of Voltage

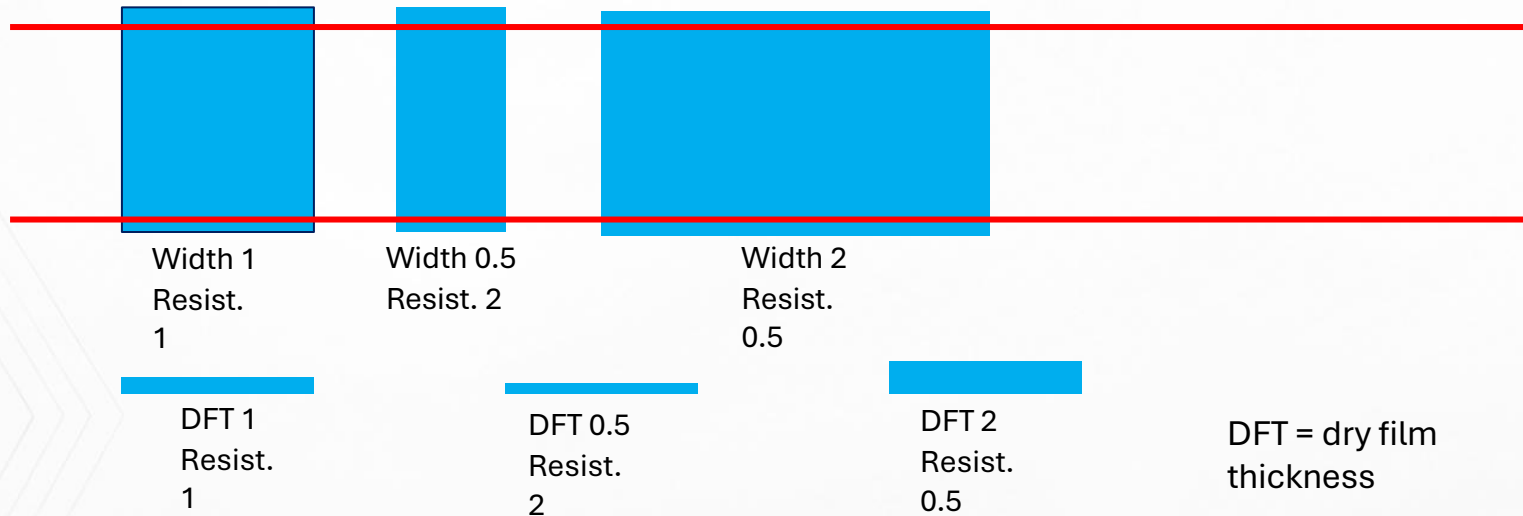
Design rules

Influence of voltage



Increasing the voltage over a PTC resistor will result in a proportional increase if the initial current and a exponential increase of initial power.

Design calculations – Influence PTC ink volume



More volume, which means wider track or higher thickness of the PTC area will reduce resistance and increase power of the PTC heater

Design calculation - Example

Heating element for 9 Volt and power of 15 Watt with a max temp of 60°C:

- Resistance is $U^2/P = (9 \times 9)/15 = 5.4 \text{ ohm}$
- Current is $U/R = 9/5.4 = 1.75 \text{ Amp}$

Design solution

- ECI1010 busbar of >5mm wide will have sufficient current capacity
- Loctite ECI8001 will limit temperature to 60°C
- 1 square PTC areas need $3000/5 = \pm 600$ parallel connected PTC areas
or
0.5 square PTC areas need $1500/5 = \pm 300$ parallel connected PTC areas or
0.25 square PTC areas need $750/5 = \pm 150$ parallel connected PTC areas.

Selection will depend on available area!!!

Aplicaciones - Electrodo ECG

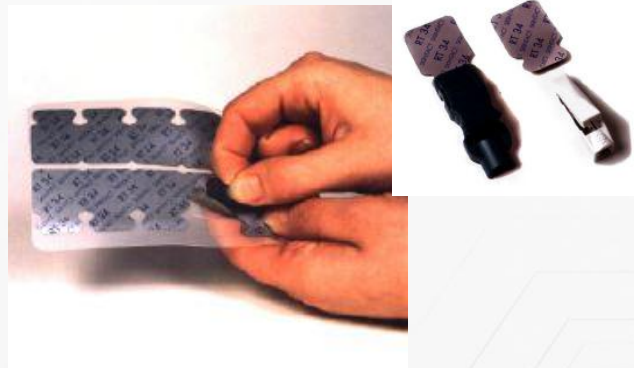
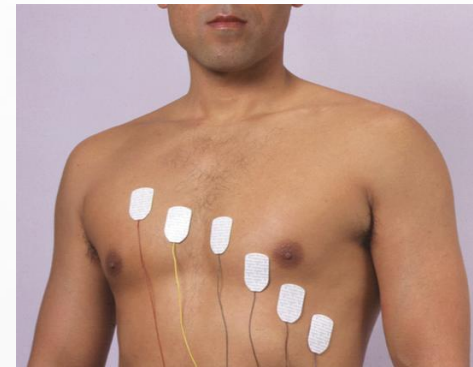
Los electrodos ECG requieren conductividad y contactos de plata/cloruro de plata.

❖ Tintas de carbono

- Edag PF-407A, PF-407C

❖ Tintas de plata/cloruro de plata

- Edag 6038 SS, PE-409, CI-4040



Aplicaciones - Biosensores

Los biosensores son dispositivos usados para medir objetivos designados con agentes de detección biológica como enzimas, anticuerpos, bacterias, etc. Los biosensores electroquímicos pueden necesitar pistas conductoras, electrodos de referencia y recubrimientos conformales

❖ Tinta de carbono

- Edag PF-407C, PF-407A

❖ Tinta de plata

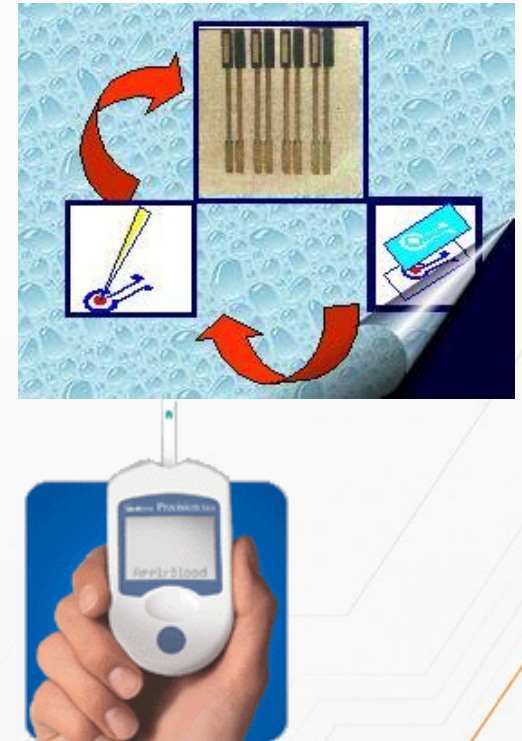
- Edag PF-410, 418 SS

❖ Tintas de plata/cloruro de plata

- Edag PE 409, CI-4040

❖ Tintas protectoras

- Edag 452 SS, PF-455B



Aplicaciones – Pantallas táctiles

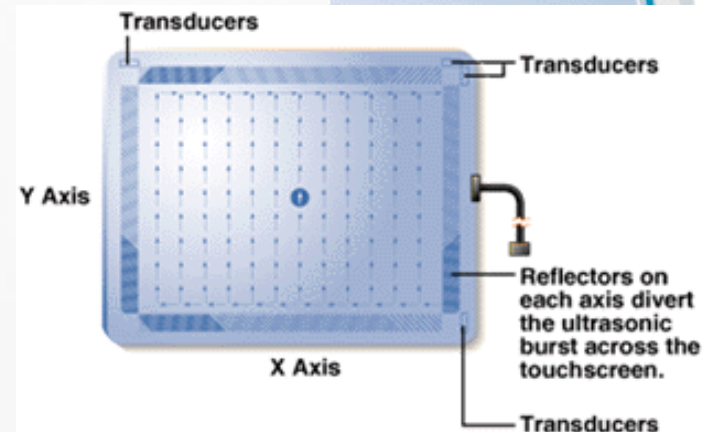
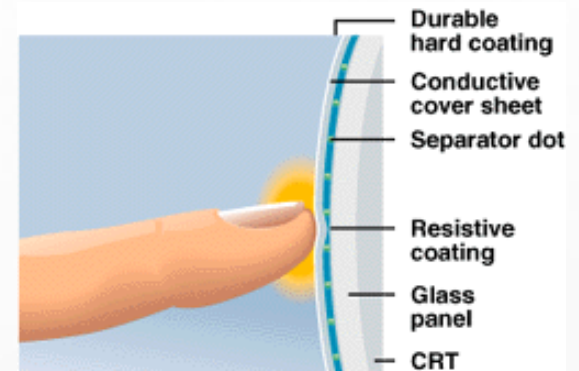
Mediante una pantalla táctil se pueden dar comandos a una computadora presionando cierta área del monitor CRT o LCD. Como en un teclado, se necesitan capas conductoras y aislantes.

❖ Tinta Busbar

- Loctite ECI 1010, IQ INQ 1002, CI-1036

❖ Tinta dieléctrica

- PD-038



Aplicaciones – Células fotovoltaicas

Los recubrimientos conductores y aislantes AEM podrían ser adecuados para la producción de células solares rígidas y flexibles. Se requieren materiales conductores para los colectores de electricidad

❖ Tintas de plata

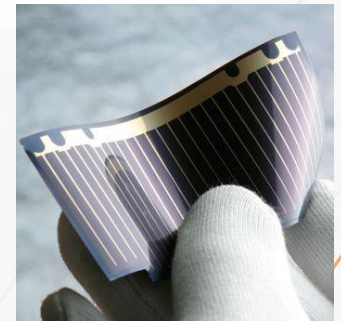
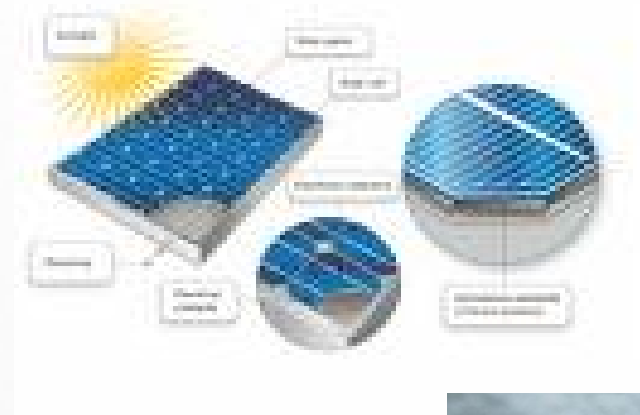
- Loctite ECI 1011 (Flexible), Emanink 310 (Rigido)

❖ Tintas de carbono

- Electrodag 965 SS (Flexible), PR-406B (Rigido)

❖ Tinta dieléctrica

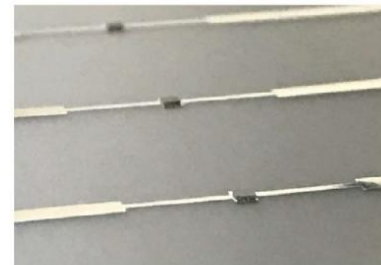
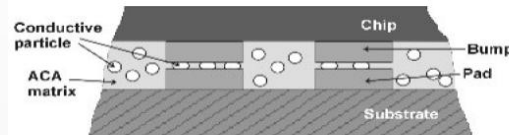
- PD-038 (dot spacer)



Adhesivo Conductor Anisotropico

Adhesivos conductores que conducen solo en Z (vertical). Se aplican con presión (2-3 N) y temperatura (150-180°C).

Ideal para los chips mas pequeños para evitar corto circuitos entre los pads



Anisotropic Conductive Pastes
ACP's



Thank you for coming!

Preguntas?