



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración

C/ Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos

28906 Getafe - Madrid

Tel: +34 91 601 16 40 (4 líneas) / Fax: +34 91 601 03 33

DISOLVENTES DE BAJA TOXICIDAD

**BUTIL ACETATO –CICLOHEXANO- CITROSOLV –
DIMETIL SULFOXIDO – DOWANOL PM – ESENCIA DE PETROLEO
ETIL ACETATO – ETIL-L-LACTATO — MOSTANOL**

Relación Técnica redactada por ns. Resp. Técnico Científico Dr. Leonardo Borgioli



C.T.S. presta especial atención a la necesidad de seguridad en el ambiente de trabajo, y, en particular a las operaciones de restauración que conllevan el uso de disolventes orgánicos.

En el programa de continua actualización se han añadido disolventes de baja toxicidad que pueden sustituir en parte, y a veces completamente, a disolventes con niveles de toxicidad elevados.

Un cuadrante completo de los parámetros de solubilidad y características físico químicas, así como la capacidad de solubilidad de todos los disolventes utilizados en la restauración se encuentra en el poster “**Solventi e solubilità per il restauro**” medidas (100x70 cm).

DIMETILSULFOXIDO (DMSO)

Disolvente polar, poco volátil y que se puede mezclar con agua.

A baja temperatura (por debajo de 18,5°C) se solidifica, pero es suficiente con llevarlo a temperaturas más altas para volver a ser líquido. Una manera de evitar este inconveniente, es preparar una mezcla “invernal” de Dimetilsulfoxido y de Butil Acetato (o también alcohol etílico), en relación 10:1 (en peso).

Es suficiente esta pequeña cantidad de Butil Acetato para impedir la solidificación.

Se puede sustituir la Dimetilformamida (muy nociva), en la limpieza de pinturas, aunque no siempre con el mismo efecto. Si la acción es excesiva, puede diluirse en alcohol, cetonas o acetatos, y de hecho para la eliminación de óleos envejecidos no se usa nunca puro (las mezclas propuestas en literatura prevén siempre un porcentaje de DMSO en Eac o Bac del 5% al 50%).

Elimina también el almidón, mientras que no solubiliza las sustancias apolares como las ceras, las resinas cetónicas, las aldehídicas, las alifáticas, el Elvacite, el Beva 371, y el Paraloid B-66 y B-67.

Atención: El Dimetilsulfoxido reacciona con el agua de modo exotérmico (o sea con producción de calor). Por tanto, si se aplica sobre una superficie húmeda (por ejemplo donde antes se haya usado Amoniaco u otros medios acuosos, o también si la pintura ha sido forrada con pasta hace poco tiempo), el dimetilsulfoxido reacciona produciendo el calor suficiente para hacer evaporar el agua con aparente formación de humo, que en realidad es vapor de agua. Se debe evitar por lo tanto este fenómeno.

ETIL ACETATO (Eac)

Disolvente de media polaridad, que puede ser utilizado para disolver Paraloid (todos los tipos), Elvacite, Plexisol, polivinilacetatos, etc...o como posible sustituto de disolventes clorurados (véase más adelante el Ejemplo 2) Es un poco más volátil que el alcohol etílico, pero menos que la acetona, no disuelve ni las ceras ni la Goma laca, y poco las resinas naturales como Dammar y Sandraca.

BUTIL ACETATO (Bac)

Disolvente de media polaridad, como Eac puede ser utilizado para disolver muchas resinas sintéticas, acrílicas (todos los tipos de Paraloid, Elvacite, Plexisol), polivinilacetatos, cetónicas y aldehídicas.

Como se ha visto arriba a menudo se asocia al DMSO para ralentizar la acción disolvente.

Tiene los mismos parámetros de solubilidad que la **Butilamina**, (base orgánica muy utilizada por su capacidad de solubilización de muchos materiales), de elevada toxicidad.

Se observa sin embargo la ineficacia del Butil Acetato sobre materiales atacados por la Butilamina: esto es debido a la alcalinidad de la propia Butilamina. Por tanto si queremos hacer una sustitución debemos hacer básico el Butil Acetato añadiendo **Trietanolamina** (base orgánica de baja toxicidad).

Puede ser espesado con Etilcelulosa N300.



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración

C/ Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos

28906 Getafe - Madrid

Tel: +34 91 601 16 40 (4 líneas) / Fax: +34 91 601 03 33

ETIL-L -LACTATO (Elat)

Disolvente de media polaridad que puede disolver los colores a barniz, también envejecidos. Se propone, por su elevado coste, solo como alternativa a los disolventes nocivos usados en el retoque pictórico.

Esta operación es una de las más peligrosas en la restauración de pinturas, ya que el restaurador está en estrecho contacto con disolventes nocivos como Xileno, disolvente nitro, u otros como diacetona alcohol, menos volátiles, pero que pueden absorberse por vía cutánea. Dado que el Etil-L-Lactato tiene una evaporación muy lenta, se propone cortarlo con Acetona o Etil Acetato, partiendo de una relación 1:1 y variando después esta relación en base a la propia sensibilidad.

CITROSOLV (CS)

Disolvente apolar de agradable olor a naranja, obtenido de la cáscara de los cítricos y conocido como d-limonene, o 1,8(9) P-menthadiene.

Es biodegradable y su uso excluye la modulística pedida para los desechos tóxicos, nocivos y especiales. Se debe por tanto evitar el contacto cutáneo para no incurrir en fenómenos de irritación.

Óptimo desengrasante, mezclable con casi todos los disolventes orgánicos, es un posible sustituto de la esencia de trementina o, por su poder desengrasante, de los disolventes clorurados (véase más adelante el Ejemplo 2).

Es insoluble en agua y presenta una fuerte retención, análogamente a la esencia de trementina.

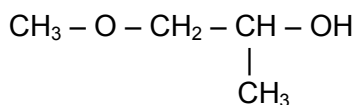
DOWANOL PM

Su estructura química, como se aprecia en el gráfico, es similar a la del Celosolve, y lo son también las propiedades de solubilización. Disuelve todos los acrílicos excepto el Paraloid B-66. No disuelve ni ceras ni resinas apolares.

CELOSOLVE



DOWANOL PM



El Celosolve, no siendo muy volátil, tiene una elevada retención y puede absorberse rápidamente por vía cutánea. Siendo altamente nocivo (TLV = 0,5 ppm) podría ser sustituido por el Dowanol PM que tiene los mismos parámetros de solubilidad pero su toxicidad es muy baja (TLV = 100 ppm; DL₅₀ = 6.000). Puede ser insertado también en formulaciones alternativas de Disolvente nitro (véase más adelante el Ejemplo 3).

MOSTANOL

Mezcla de alcohol etílico (65%) e isopropílico (35%), sin desnaturalizantes.

Las propiedades fisico-químicas son intermedias entre los dos alcoholes.

Permite por tanto solubilizar todas las resinas, naturales y de síntesis, que se disuelven en alcohol etílico, como Goma laca, Sandraca, Klucel G, Mowital B60HH, Laropal A-81.

Disuelve también un acrílico como el Paraloid B-67, que resulta insoluble solo en el alcohol etílico.



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración

C/ Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos

28906 Getafe - Madrid

Tel: +34 91 601 16 40 (4 líneas) / Fax: +34 91 601 03 33

CICLOHEXANO Y ESENCIA DE PETRÓLEO

El ciclohexano es un hidrocarburo cíclico constituido por un anillo de 6 átomos de carbono con fórmula C_6H_{12}

La esencia de petróleo es una mezcla de hidrocarburos saturados ligeros, con 7-9 átomos de carbono, exenta de aromáticos (bencenos inferior al 0,1% en peso).

La polaridad de estos dos disolventes es extremadamente baja, y por lo tanto se puede utilizar en la fase de limpieza, para disolver sustancias apolares como ceras, resinas naturales como Damar, o sintéticas como Regalrez, Laropal K80, Paraloid B-67, Plexisol P550, Beva 371.

El ciclohexano se caracteriza por una extrema volatilidad, igual que la acetona, el cloroformo y el cloruro de metileno, y en algunos casos (ver ejemplo 3) puede utilizarse para sustituirlos. Por su volatilidad, debe prestarse especial atención a la presencia de llamas libres, siendo fácilmente inflamable.

Es importante tener presente que en el mercado existen mezclas denominadas genericamente "hexano". Estas mezclas contienen en gran parte el hidrocarburo lineal n-hexano, extremadamente nocivo (tiene TLV 176, igual que la del cloruro de metileno!), que no debe confundirse con el ciclohexano.

Las propiedades físico-químicas, como el punto de ebullición, velocidad de evaporación, son intermedias entre las de otros dos hidrocarburos con similares capacidades disolventes, como el *white spirit* (más pesado) y la ligroina (más ligera).

La tabla describe los puntos de ebullición y los valores de toxicidad de las más comunes fracciones del petróleo utilizadas en la restauración, aparece el *aguarrás mineral* que, por elevado contenido de aromáticos (hasta el 20%), se debería de eliminar definitivamente de nuestros laboratorios.

	Teb (°C)	TLV/TWA (mg/m ³)*	Contenido de aromáticos	Notas
Ciclohexano	81	1030	no	
Éteres de petróleo	30-60	1350	no	Cancerígenos
Benzina rectificada	55-100	176	<1	Riesgo debido al contenido de n-exano
Ligroina	80-140	890	<0,1%	bajo olor
Esencia de petróleo	141-166	525	0,005%	olor debido al desnaturalizador
<i>White Spirit D40</i>	145-200	1200**	<0,1 %	olor debido al desnaturalizador
Aguarrás mineral	140-200	188	15-20%	Sospecho de cancerogenicidad unida al alto porcentaje de aromáticos

* con el fin de determinar la toxicidad de un disolvente, como el valor de TLV es variante, se debe valorar también la velocidad de evaporación. De hecho, un disolvente muy "lento" dejará en el ambiente un número limitado de moléculas (excepto en una aplicación de pulverización), y difícilmente se alcanzará el límite de peligro. En este caso se pasará a valorar la DL₅₀. En el caso de utilizar un disolvente extremadamente volátil nos arriesgamos sin embargo, a alcanzar rápidamente el nivel de riesgo. Es este el caso de los éteres de petróleo: de alto valor de TLV (1350 mg/m³) se trata de disolventes muy peligrosos.

** el valor se refiere al disolvente sin desnaturalizador: en el caso de que se usen desnaturalizadores de toxicidad mayor el valor deberá ser reducido proporcionalmente.

La esencia de petróleo propuesta por C.T.S. se desnaturaliza con **isobutilacetato**, disolvente de olor característico, y elegido por su baja toxicidad. El isobutilacetato es por tanto el sustituto ideal de los nocivos desnaturalizadores clorurados.

Siendo un poco más polar, aunque está presente en pequeña cantidad, puede incrementar ligeramente la polaridad de la esencia de petróleo, y esto puede llevar, en raros casos, a la parcial solubilización de algunos materiales, por lo que siempre se aconseja efectuar pruebas preliminares.



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración

C/ Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos

28906 Getafe - Madrid

Tel: +34 91 601 16 40 (4 líneas) / Fax: +34 91 601 03 33

EJEMPLOS DE USO

Describimos ahora algunos de los casos más importantes de utilización de los disolventes descritos anteriormente, recordando que se trata solo de algunas de las muchas aplicaciones dirigidas a reducir los riesgos para el operador.

Los ejemplos de sustitución descritos se basan en la valoración de los parámetros de solubilidad (f_d ; f_p ; f_h), de los componentes de las mezclas. Dichos valores, descritos junto a otras características físico-químicas en la tabla de la última página, son una extrapolación de otros parámetros físicos de los disolventes, y como tal se pueden observar algunas variaciones entre las diferentes fuentes.

EJEMPLO 1 – Solubilización del PARALOID B-72

Se encuentra a menudo el uso indiscriminado del Disolvente Nitro para la solubilización de esta resina acrílica muy utilizada en la restauración. En realidad son muchos los disolventes capaces de solubilizarla.

Las consideraciones descritas a continuación valen también para otras resinas (acrílicas, vinílicas, etc...).

El Paraloid B-72 no se disuelve en disolventes demasiado polares (agua, alcohol, Glicol etilénico) o demasiado apolares (White spirit, Benzina rectificada, Esencia de petróleo), y además entre posibles disolventes excluimos aquellos de elevada toxicidad (aromáticos, clorurados, Dimetilformamida).

Entre los disolventes que quedan debemos excluir también aquellos, como el Diacetonalcohol, que dan soluciones con elevada viscosidad, que obstaculizaría una buena penetración. Finalmente debemos excluir también los disolventes con volatilidad elevada, en cuanto a la resina, una vez aplicada, se arrastraría hacia la superficie del disolvente en rápida evaporación (*migración inversa*).

Aquí se excluye Acetonas, Metiletilcetona y Etil Acetato.

En este punto la elección se orienta hacia el **Butil Acetato**, poco nocivo y con una viscosidad de 560 cps, a 25°C, por una solución con el 40% de seco, o bien hacia el **Dowanol PM**, de olor menos intenso y por ello muy útil en ambiente con escasa aireación.

Para la eliminación del Paraloid se aconseja sin embargo el **Dimetilsulfoxido**, que excluimos para la disolución ya que es demasiado poco volátil (con consecuente elevada retención del soporte).

EJEMPLO 2 - Sustitución del DISOLVENTE NITRO

El Disolvente Nitro no es una sustancia química, sino una mezcla de varios disolventes de composición variable según el productor, y también de partida a partida. Las fichas de seguridad describen solo algunos porcentajes en peso de los disolventes nocivos.

Sabemos que el porcentaje de aromáticos (Tolueno y Xileno) gira entorno al 40-50%, y que a menudo están presentes disolventes clorurados y otras sustancias **extremadamente nocivas**.

La finalidad de mezclar tales sustancias es la de obtener un disolvente que pueda reaccionar sobre casi todas las resinas, pero se puede realizar también mezclando disolventes de baja toxicidad.

Estas formulaciones alternativas de *"Disolventes nitro con reducida nocividad"* se obtienen mezclando algunos disolventes para obtener parámetros de solubilidad próximas a los teóricos del Disolvente Nitro ($f_d=50$; $f_p=20$; $f_h=30$).

Entre las infinitas combinaciones posibles se describe una con toxicidad muy baja

Dimetilsulfoxido 10%; Alcohol etílico 30%; Butil Acetato 40%; Citrosolv 20%

Esta primera formulación tiene una volatilidad bastante más baja, que puede elevarse sustituyendo el Dimetilsulfoxido, penetrante y de baja volatilidad, con el Metiletilcetona. Mínimas cantidades de Xileno (10%) pueden añadirse para incrementar el poder disolvente hacia las resinas sintéticas, dado que, desgraciadamente, los disolventes aromáticos tienen un óptimo efecto disolvente, y a veces difícilmente replicable.



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración

C/ Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos

28906 Getafe - Madrid

Tel: +34 91 601 16 40 (4 líneas) / Fax: +34 91 601 03 33

EJEMPLO 3 – Sustitución de los disolventes clorurados

1.1.1. TRICLOROETANO, CLORURO de METILENO, TRIELINA (tricloroetileno), CLOROFORMO.

El primero ha sido uno de los disolventes más apreciados para la solubilización de resinas por su particularidad de no ser inflamable. Ha sido retirado del comercio como uno de los disolventes dañinos por sus efectos sobre el estrato de ozono de la atmósfera.

El Cloruro de metileno sin embargo es un disolvente usado en la formulación de decapantes; la Trielina (Tricloroetileno), y el Cloroformo han sido muy usados en el ámbito de la restauración como desengrasantes y decapantes, no obstante está el hecho de que sean **cancerígenos**. Su eficacia está unida a la baja polaridad y bajo valor de fuerza de unión a hidrógeno.

La peligrosidad de estos disolventes es todavía más problemática por su elevada volatilidad (con temperaturas de ebullición de 40°C para el Cloruro de metileno, 61°C para el Cloroformo, 87°C para la Trielina), en cuanto al ambiente de trabajo se satura rápidamente por los vapores.

Si comparamos los parámetros de solubilidad vemos que los que más se acercan presentan a menudo problemas análogos de toxicidad (Bencenos, Butilamina), con las excepciones de aquellos que describimos en la tabla de abajo:

	Teb(°C)	TLV (mg/m ³)	f _d	f _p	f _h
Cloruro de metileno	40	174	59	20	21
1.1.1. Tricloroetano	74	1.900	68	17	15
Trielina(Tricloroetileno)	87	269	68	12	20
Cloroformo	61	50	67	12	21
Acetonas	61	1.780	47	32	21
Etil Acetato	77	1.400	51	18	31
Butil Acetato	126	710	60	13	27

El Citrosolv puede ser utilizado para realzar los valores de f_d, y por su poder desengrasante. Naturalmente las mezclas sustitutivas tienen menor volatilidad, y este es un inconveniente que debe ser siempre valorado.

Se describe para la sustitución del **Cloruro de metileno** una de las tantas mezclas posibles, que tiene aproximadamente TLV= 1.460 mg/m³, por tanto aproximadamente 7 veces menos nociva.

	Relaciones (%)	f _d	f _p	f _h
Acetonas/Etil Acetato/Ciclohexano	30/50/2058	19	23	

Como alternativa a la **Trielina (Tricloroetileno)**, al **Tricloroetano** y al **Cloroformo** se propone una mezcla con TLV = 770 mg/m³ aproximadamente, y los siguientes parámetros:

	Relaciones (%)	f _d	f _p	f _h
Butil Acetato/Ciclohexano	80/20	67	11	22

Las indicaciones y los datos descritos en el presente opúsculo se basan sobre nuestras actuales experiencias, sobre pruebas de laboratorio o sobre su correcta aplicación.

Estas informaciones no deben en ningún caso sustituirse a las pruebas preliminares que es indispensable efectuar para estar seguros de la idoneidad del producto en cualquier caso determinado.

C.T.S. S.r.l. garantiza la calidad constante del producto pero no responde de eventuales daños causados por un uso no correcto del material.

Además, puede variar en cualquier momento los componentes y las confecciones sin obligación de comunicación alguna.



C.T.S. ESPAÑA


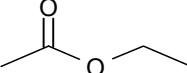
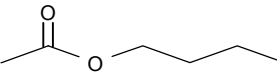
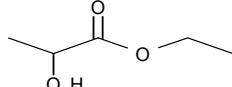
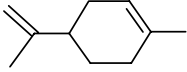
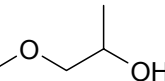
Productos y Equipos para la Restauración

C/ Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos

28906 Getafe - Madrid

Tel: +34 91 601 16 40 (4 líneas) / Fax: +34 91 601 03 33

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

Nombre	Formula	Temperatura de ebullición (°C)	Volatilidad (BuAc=1)	Toxicidad ⁽²⁾		parámetro de Solubilidad ⁽³⁾		
				TLV/TWA (mg/m ³)	DL ₅₀ (mg/kg)	f _d	f _p	f _n
Dimetilsulfoxido		189	* ⁽¹⁾	/	14.500	41	36	23
Etil acetato		77	4,3	1.400	11.000	51	18	31
Butil acetato		126	1	710	14.000	60	15	25
Etil-L-Lactato		153	0,22	/	8.200	52	22	26
Citrosolv		175	* ⁽¹⁾	1.000	5.000	75	20	5
Dowanol PM		120	0,62	540	6.000	43	20	37
Mostanol	CH ₃ CH ₂ OH e CH ₃ CHOH-CH ₃	78-84	2.3	1.416	10.000	37	18	45
Esencia de petróleo	hidrocarburos lineares ramificados y cíclicos	140-165	0,46	525	13.400	90	4	6
Ciclohexano	C ₆ H ₁₂	81	4,5	1.030	12.700	94	2	4

⁽¹⁾ No determinada: son muy poco volátiles

⁽²⁾ Al aumentar los valores disminuyen la toxicidad. Ejemplo: n-Butilamina TLV/TWA 15 mg/m³ DL₅₀= 366 mg/kg

⁽³⁾ Los parámetros interpretan los contributos de las fuerzas de dispersión (f_d), de las fuerzas polares (f_p), de las fuerzas de unión a hidrógeno (f_n).