

Inflamabilidad de disolventes y aceites de uso industrial

INOCENCIO GARCIA SAYAGUES *Beca Fundación MAPFRE 1984*

Lo problemático del estudio de la reacción al fuego de disolventes y aceites y el hecho de que hasta ahora la investigación se haya encaminado al estudio de sólidos, partículas sólidas en suspensión y gases, principalmente, es debido a que, supuestamente, los líquidos inflamables son extremadamente peligrosos y su utilización, generalmente específica, presupone un manejo cuidadoso por personal especializado o al menos adiestrado al respecto que conozca sus posibilidades y limitaciones.

Sin embargo, en la sociedad actual, la gama y usos de líquidos inflamables ha crecido rápidamente, en todos los niveles sociales, culturales y profesionales, lo cual hace interesante un estudio sobre el tema.

En el presente trabajo de investigación, realizado en el Laboratorio de Reacción al Fuego del Instituto Tecnológico de Seguridad MAPFRE en Avila, bajo el patrocinio de la Fundación MAPFRE, se aborda el problema de conocer la reacción al fuego de productos tan extendidos a todos los sectores de nuestra sociedad como son los disolventes y aceites, combustibles demasiado familiares y peligrosos, en general mezclas de sustancias puras cuyo comportamiento difiere de los compuestos que los forman.

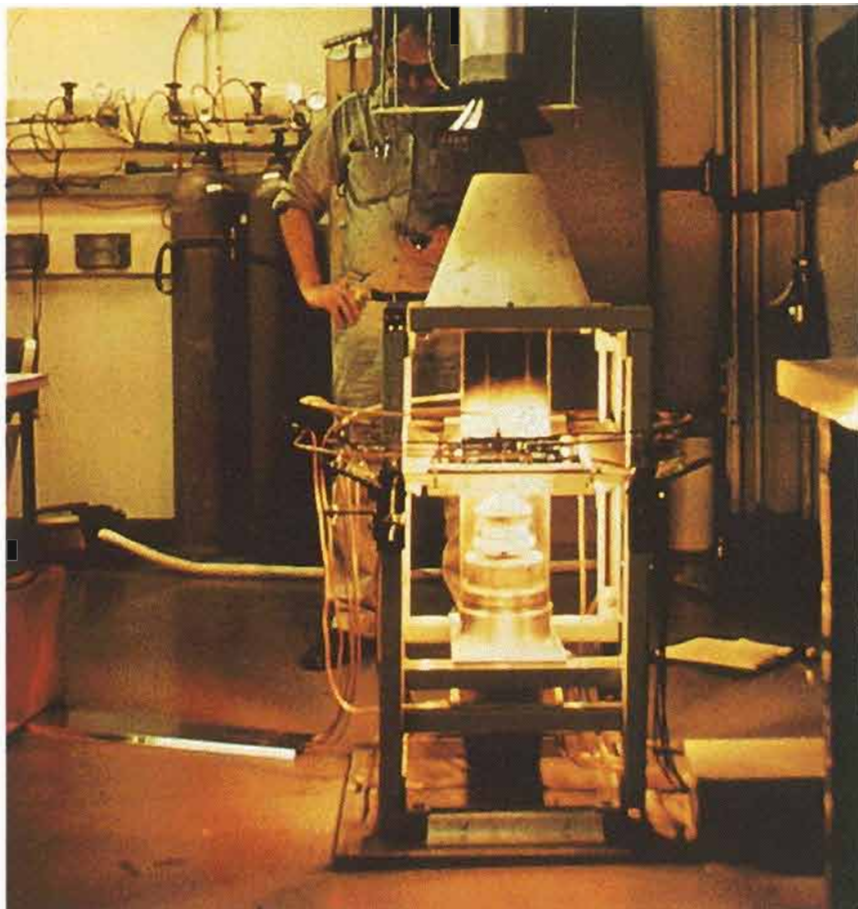
Se desconoce, en gran medida, la facilidad con que dichos productos pueden entrar en ignición y las consecuencias que de ello se derivan. Mediante un estudio sistemático y racionalizado, se intentan clasificar las constantes físicas de las diferentes muestras, relacionadas con su comportamiento frente al fuego. Se busca un conocimiento real y práctico sobre la peligrosidad de determinados disolventes y aceites, los más comunes, que permita saber en cada caso el riesgo potencial al que nos enfrentamos.

El trabajo intenta ser eminentemente práctico, con una visión clara del fin perseguido, sin dejar por ello de ser estrictamente científico y original. Dentro del área de prevención, en la cual se centra nuestra investigación, se han medido y tabulado constantes físicas y propiedades relacionadas con la reacción al fuego de diferentes materiales. El problema principal es el de diseñar métodos a escala que aseguren que dichas propiedades, en dicho comportamiento a nivel micro, se corresponden con el de los procesos que tienen lugar a escala real, con la máxima fiabilidad posible.

En este campo se definen y proyec-

tan nuevas relaciones entre constantes físicas que permiten evaluar cualitativa y cuantitativamente la facilidad con que una sustancia entra en ignición y las consecuencias que de ello se derivan. Aunque las constantes físicas clásicas características (punto de inflamación, solubilidad en agua, límites de inflamabilidad, punto de autoinflamación, punto de ebullición, etc.) relacionadas con el comportamiento de diferentes materiales frente al fuego definen su peligro de incendio, actualmente la investigación en este área abre nuevos caminos, estudiando propiedades energéticas, velocidades de consumo de materia combustible, intercambio de calor con los alrededores durante el proceso, humos y gases producidos, etc.

Entre las propiedades energéticas objeto de estudio, se destacan por su importancia el calor de combustión (ΔH_c), el calor de combustión real (ΔH_r) y el calor de gasificación (en sólidos) o de vaporización (en líquidos) (ΔH_v). Tiene interés al respecto el trabajo de Factory Mutual Research, realizado por A. Tewarson, el cual, con un equipo diseñado y construido al respecto (Fig. 1) realiza mediciones de diversas magnitudes. Definiendo las



relaciones (1) y (2) entre dichas propiedades energéticas obteniendo un

$$\frac{X_i \cdot \Delta H_v}{H_c} \quad (1)$$

$$X_i = \frac{\Delta H_c}{\Delta H_r} \quad (2)$$

factor numérico (X_i), relacionado con la velocidad con que se desarrolla el incendio en distintas condiciones. Se debe destacar la visión tan original sobre el problema del incendio, pues las condiciones del entorno quedan englobadas en el factor X_i , pudiendo expresar en un único valor numérico una medida de peligrosidad de incendio en dichas condiciones.

Los estudios realizados sobre velocidad de consumo de combustible (\dot{m}) se encaminan a medir la relación que existe entre la superficie expuesta al aire y la rapidez con que dicho combustible se quema. En un principio se puede suponer que dicha relación es de tipo exponencial, dependiendo de la cantidad de calor generado en el proceso y de la superficie expuesta a la combustión.

Por otra parte, el estudio del con-

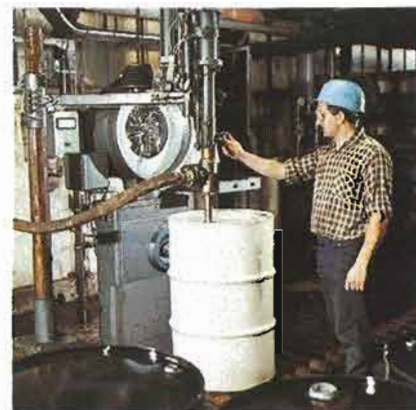
sumo de combustible en el incendio exige una valoración del intercambio de calor entre el foco de incendio y los alrededores, un análisis de los diferentes tipos de transmisión de calor convección (c), radiación (r) o conducción (c').

Como todos ellos se dan al mismo tiempo, se estudia cuál de ellos predomina según el tamaño y proporciones del siniestro. El intercambio de calor entre el foco de incendio y los alrededores está directamente relacionado con la velocidad de consumo de combustible y a la vez con el calor producido. Aunque este tema de investigación ofrece varias posibilidades a desarrollar, no se ha estudiado en este trabajo.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

Constantes físicas de disolventes y aceites objeto de estudio

Se han elegido un total de trece constantes físicas y propiedades objeto de determinación experimental, algunas de las cuales se efectúan en diferentes condiciones.



- Punto de inflamación ($^{\circ}\text{C}$)
- Punto de autoinflamación ($^{\circ}\text{C}$)
- Punto normal de ebullición ($^{\circ}\text{C}$)
- Viscosidad cinemática (cm^2/s)
- Solubilidad en agua (gr/cm^3)
- Densidad relativa del líquido (gr/cm^3)
- Densidad relativa de la mezcla vapor de disolvente/aire (gr/cm^3)
- Límite inferior de inflamabilidad (%) (L.I.I.)
- Índice de evaporación ($\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$) (I_e)
- Velocidad de consumo de combustible (kg/m^2) (\dot{m})
- Calor de combustión (KJ/g) ΔH_c
- Energía efectiva de radiación (KJ/m^2) (E_{eff})
- Flujo de radiación mínimo para ignición pilotada (KW/m^2) (q_0)

Resultados experimentales tabulados para disolventes

En las Tablas I, II y III se expresan los resultados obtenidos en los 38 disolventes estudiados.

CONSIDERACIONES Y OBSERVACIONES A LOS ENSAYOS REALIZADOS

Observaciones respecto al punto de inflamación, punto de ebullición y punto de autoinflamación en las muestras ensayadas

A excepción de los gasóleos y algunos disolventes pesados, los valores del punto de inflamación observados resultaron ser muy bajos (primera columna de la Tabla I).

Los líquidos utilizados en la industria son altamente peligrosos, un 75%

TABLA I							
Muestra	Punto de inflamac. (°C)	Punto de autoinfl. (°C)	Punto de ebullición (°C)	Calor de combust. (KJ/g)	Indice de evaporación Ie (10 ⁻³ kg/m ² s)		
					25° C	50° C	75° C
Aguarrás I	37	230	161	45	0,05	0,12	0,2
Aguarrás II	37	230	152	45	0,05	0,1	0,28
Barniz colores	43		>150	38,3	0,03	0,05	0,1
Tricloroetileno		410	87		0,25	0,7	
Destilado de hexano y aceite	-32	350	73	48,3	0,66	0,9	
Diluyente para acrílicos 3602 S	-8	380	75	31,5	0,22	0,4	
Diluyente nitrocelulósico 3608 S	-7	370	60	39,5	0,23	0,4	
Discol 1	2	535	110	28,7	0,14	0,3	0,3
Discol 2	-37	233	69	42,7	0,38	0,63	
Discol 3	-17	500	80	31,2	0,21	0,47	
Discol 5	-21	530	55	30,2	0,46	0,56	
Disolv. estab. acrílico al horno	32		126	32,3	0,03	0,13	0,23
Disolv. estab. base metalizada	24		118	38,2	0,05	0,2	0,33
Disolv. lacas	18		117	39,5	0,1	0,2	0,36
Disolv. nitrocelulósico	-10		72	38,4	0,13	0,3	0,4
Disolv. pesado	51		160	46,6	0,015	0,023	0,07
Disolv. pesado 80 acrílico	32		122	32,6	0,025	0,13	0,3
Disolv. salva e cambia	54		140	26,3	0,03	0,06	0,3
Disolv. sintéticos I	23,6		115	42	0,07	0,16	0,33
Disolv. sintéticos II	28		123	43	0,07	0,16	0,35
Disolv. 150/200	39,5		146	45,5	0,04	0,06	0,15
Disolv. 946-0131	10		114	31,2	0,11	0,25	0,36
Disolv. 2005-0943	21		110	38,6	0,1	0,15	0,32
Disolv. 9810 W 25244	29		114	40,2	0,04	0,16	0,3
Gasóleo auto	70	335	223	46,1	0,007	0,01	0,017
Gasóleo calefacción	78		310	45,5		0,011	0,016
Gasóleo pesado	75	340	250	45,9		0,009	0,02
Gasolina 90 I.O.	-42	335	80	44,7	0,42	0,5	
Gasolina 96 I.O.	-40	380	105	44	0,23	0,4	
Gasolina 98 I.O.	-39	430	115	44,8	0,32	0,45	
Heptano comercial	-17	220	96	47,3	0,2	0,43	
Keroseno	49	227	218	46,5	0,016	0,04	0,074
Metanol comercial	15	455	60	19,3	0,21	0,27	
Miscela de hexano y aceite	-38		76	46,4	0,7	0,93	
Isopropanol	11,5	425	81	33,2	0,15	0,28	0,43
Solvent-nafta	48	238	142	43,4	0,04	0,12	0,2
Trementina	28		132	45,2	0,05	0,11	0,35
Xilol	27		130	42,5	0,07	0,14	0,27

TABLA II						
Muestra	Velocidad de consumo de masa en combustión (rñ) (· 10 ⁻² kg/m ² s)		Solubilidad en agua a 22° C (g/100 cm ³ **H ₂ O)	Densidad del líquido a 22° C (kg/dm ³)	Densidad del vapor a 22° C (kg/dm ³)	Viscosidad cinemática a 22° C (cSt)
	d* = 7 cm	D* = 10 cm				
Aguarrás I	2,6	2,2	N.S.	0,86	3,1	0,92
Aguarrás II	2,8	3,1	N.S.	0,86	3,1	1,02
Barniz colores	0,8	0,5	N.S.	0,93	3,6	>300
Tricloroetileno	—	—	0,1	1,47	4,5	0,8
Destilado de hexano y aceite	1,9	1,8	N.S.	0,66	2,5	0,73
Diluyente para acrílicos 3602 S	1,8	1,7	N.S.	0,85	3,2	0,82
Diluyente nitrocelulósico 3608 S	2,2	2,0	N.S.	0,84	2,8	0,87
Discol 1	3,7	3,6	N.S.	0,87	2,8	0,85
Discol 2	2,2	2,0	N.S.	0,67	2,8	0,8
Discol 3	1,6	1,4	27	0,8	2,1	0,9
Discol 5	1,6	1,5	S.	0,79	1,8	0,95
Disolv. estab. acrílico al horno	1,7	1,6	5	0,87	2,8	0,96

TABLA II (Continuación)

Disolv. estab. base metalizada	2,7	1,8	1	0,87	2,6	0,82
Disolv. lacas	1,8	2,2	N.S.	0,87	3,2	0,83
Disolv. nitrocelulósico	2,9	2,6	13,5	0,86	2,8	0,92
Disolv. pesado	1,0	1,2	N.S.	0,79	3,2	0,87
Disolv. pesado 80 acrílico	2,3	1,7	4	0,91	3,4	1,02
Disolv. salva e cambia	0,9	0,9	N.S.	0,97	2,5	0,92
Disolv. sintéticos I	2,0	2,8	8	0,86	2,3	0,85
Disolv. sintéticos II	2,4	2,1	N.S.	0,86	2,8	0,7
Disolv. 150/200	1,0	1,1	N.S.	0,78	2,8	0,84
Disolv. 946-0121	2,3	2,0	N.S.	0,86	2,9	0,75
Disolv. 2005-0943	2,0	1,8	4	0,85	2,6	0,73
Disolv. 9810 W 25244	2,0	1,7	5	0,86	3,1	0,72
Gasóleo auto	0,52	0,53	N.S.	0,85	3,6	3,3
Gasóleo calefacción	0,49	0,52	N.S.	0,85	3,8	2,9
Gasóleo pesado	0,55	0,62	N.S.	0,84	3,7	2,85
Gasolina 90 I.O.	2,0	1,6	N.S.	0,74	3,6	0,7
Gasolina 96 I.O.	1,0	2,0	N.S.	0,76	3,8	0,73
Gasolina 98 I.O.	2,0	2,0	N.S.	0,76	4,0	0,7
Heptano comercial	2,1	2,0	N.S.	0,71	3,2	0,75
Keroseno	1,1	1,2	N.S.	0,79	4,5	1,02
Metanol comercial	1,1	1,1	S.	0,82	1,1	1,02
Miscela de hexano y aceite	1,6	1,6	N.S.	0,7	2,5	1,05
Isopropanol	1,1	1,1	S.	0,79	1,8	1,1
Solvent-Nafta	1,5	1,8	N.S.	0,87	2,7	1,04
Trementina	2,0	2,5	N.S.	0,87	2,6	1,0
Xilol	2,3	2,1	N.S.	0,86	2,5	1,15

* (d - D): Diámetros del recipiente

** N. S.: No soluble

S: Soluble

TABLA III

Muestra	Límite inf. de inflamab. (LII) (% en V)	Energía efec. (E _{eff}) (KJ/m ²)	Potencia de rad. para ignición pilotada (KW/m ²)
Aguarrás I	1,1	36,6	1,8
Aguarrás II	1,1	48,7	0,02
Barniz colores	4,5	97,6	0,7
Tricloroetileno			
Destilado de hexano y aceite	1,1		
Diluyente para acrílicos 3602 S	1,1		
Diluyente nitrocelulósico 3608 S	1,1		
Discol 1	1,3		
Discol 2	1,2		
Discol 3	1,8		
Discol 5	2,6		
Disolv. estab. acrílico al horno	1,3	44,25	0,4
Disolv. estab. base metalizada	1,4		
Disolv. lacas	1,2		
Disolv. nitrocelulósico	1,3		
Disolv. pesado	1,6	118,8	1,6
Disolv. pesado 80 acrílico	1,1	72,6	0,2
Disolv. salva e cambia	1,3	101,2	0,8
Disolv. sintéticos I	1,2		
Disolv. sintéticos II	1,2	54,23	0,27
Disolv. 150/200	1,2	36,5	2,2
Disolv. 946-0131	1,1		
Disolv. 2005-0943	1,1		
Disolv. 9810 W 25244	1,4	34,9	0,64
Gasóleo auto	6,0	262,7	2,9
Gasóleo calefacción	6,3	274,4	2,7

de los sometidos a estudio poseen punto de inflamación inferior a temperatura ambiente (25° C).

Existe una relación directa entre el punto de inflamación y el punto de ebullición, según observaciones deducidas, disolventes con punto de ebullición inferior a 110° C poseen puntos de inflamación inferiores a la temperatura ambiente.

Se puede afirmar con gran aproximación, que para el caso de mezclas, el punto de inflamación de la mezcla corresponde al del componente más volátil, es decir, al de menor punto de inflamación.

Para líquidos utilizados en procesos industriales de extracción y ulterior separación de aquél por destilación fraccionada, cuanto mayor número de destilaciones se realice, menor punto de inflamación del líquido. En los procesos de destilación se va perdiendo parte de las fracciones pesadas que lo componen, haciéndose cada vez más volátil el destilado.

En aceites y grasas, por lo general, el punto de inflamación observado es superior a 150° C (Tabla IV) y su

(Pasa a página 40)

TABLA III (Continuación)

Gasóleo pesado	6,5	304,5	2,7
Gasolina 90 I.O.	1,4		
Gasolina 96 I.O.	1,6		
Gasolina 98 I.O.	1,6		
Heptano comercial	1,2		
Keroseno	0,8	91,3	1,6
Metanol comercial	7,3		
Miscela de hexano y aceite	1,0		
Isopropanol	2,0		
Solvent-nafta	1,1	96,5	1,6
Trementina	1,1	35,0	0,8
Xilol	1,1	15,3	0,65

Resultados experimentales tabulados para grasas y aceites

En las tablas IV y V se exponen los resultados obtenidos en los análisis realizados a 32 aceites.

TABLA IV

Muestra	Punto de Inflam (°C)	Punto de Autoinflam (°C)	Punto de Ebullic. (°C)	Calor de Combust. (KJ/g)	Indice de evaporación (Ie) ($\cdot 10^{-3}$ kg/m ² s)		
					25° C	50° C	75° C
Aceite	64,5	—	185	40,5	—	0,013	0,025
Aceite de cártamo isomerizado	128	—	> 300	40,2	—	—	—
Aceite dieléctrico	149	—	> 300	46,8	—	—	—
Aceite de extracción de girasol	248	450	> 300	39,2	—	—	—
Aceite de girasol refinado	227	—	> 325	39,6	—	—	—
Aceite de linaza	122	500	> 300	37,8	—	—	0,004
Aceite de linaza cocido	144	340	> 325	38,7	—	—	0,013
Aceite de linaza desmucilaginado	125	400	> 300	39,6	—	—	—
Aceite de maíz	294	445	> 300	39,5	—	—	—
Aceite Nebul oil 2	182	380	285	45,6	—	0,0005	0,0005
Aceite de oliva (acidez 0,4° C)	236	—	> 300	40,3	—	—	—
Aceite de oliva (acidez 1,0° C)	214	340	> 300	40,1	—	—	—
Aceite de ricino deshidratado	100	453	> 300	41,3	—	—	0,015
Aceite SAE 20	184	400	> 350	45,8	—	—	0,0005
Aceite SAE 90	190	Descompone	> 400	44,8	—	—	—
Aceite de Tung	99	457	> 300	42,7	—	—	0,002
Acidos grasos de aceite de coco	210	—	> 400	41,5	—	—	—
Acidos gras. de ac. de ric. deshid.	205	—	> 300	43,6	—	—	—
Acidos grasos de aceite de soja	247	—	> 350	43,5	—	—	—
Acidos grasos de oliva	205	—	> 350	43,1	—	—	—
Acidos grasos de Tall - Oil I	215	—	> 300	37,9	—	—	—
Acidos grasos de Tall - Oil II	215	—	> 300	43,1	—	—	—
Grasa T II	No inf.	—	112	—	—	—	—
Oleína de algodón	No inf.	—	> 200	—	—	—	—
Oleína de oliva	219	—	> 350	40,8	—	—	—
Oleína de orujo A	223	350	> 400	41,5	—	—	—
Oleína de orujo B	223	328	> 400	42,3	—	—	—
Oleína de palma	215	—	> 400	43,2	—	—	—
Oleína riosa A	247	500	> 400	43,2	—	—	—
Oleína riosa B	207	450	> 400	43,5	—	—	—
Oleína de semillas	208	350	> 400	39,8	—	—	—
Pyraleno	104	—	> 400	18,5	—	0,01	0,04

TABLA V

Muestra	Densidad del líquido (kg/dm ³)	Densidad del vapor (Kg/dm ³)	Viscosidad cinemática (cSt)	Energ. efectiva (Eeff) (KJ/m ²)	Potencia de radiac. mínima para ignic. pilotada (KW/m ²)
Aceite	0,89	3,2	10,5	129,8	4
Aceite de cártamo isomerizado	0,95	—	58,3	1.650	12,9
Aceite dieléctrico	0,84	—	11,9	996,8	4,8

Tabla V (Continuación)

Aceite de extracción de girasol	0,73	—	70	1.357,2	12,6
Aceite de girasol refinado	0,92	—	47,8	2.052	13,8
Aceite de linaza	0,93	—	31,6	1.904,6	13,5
Aceite de linaza cocido	0,94	—	56,2	514,3	9
Aceite de linaza desmucilaginado	0,98	—	42,8	490	9,8
Aceite de maíz	0,92	—	45,6	1.685	14,3
Aceite Nebul oil 2	0,85	—	2,45	1.151,5	6,5
Aceite de oliva (acidez 0,4° C)	0,91	—	55,5	1.476	14
Aceite de oliva (acidez 1,0° C)	0,91	—	61,5	1.256	12,9
Aceite de ricino deshidratado	0,93	—	> 300	882,8	13
Aceite SAE 20	0,87	—	104	1.422,5	7,8
Aceite SAE 90	0,9	—	> 300	2.230,8	8,4
Aceite de Tung	0,93	—	> 400	2.352,2	13,4
Acidos grasos de aceite de coco	0,98	—	SEMISOLIDO	483	9,8
Acidos gras. de ac. de ric. deshid.	0,92	—	47,2	985	13,1
Acidos grasos de aceite de soja	0,9	—	SEMISOLIDO	55,6	10,5
Acidos grasos de oliva	0,96	—	SEMISOLIDO	451,9	9,9
Acidos grasos de Tall - Oil I	0,92	—	> 300	1.172,3	12,4
Acidos grasos de Tall - Oil II	0,92	—	> 300	1.172,25	12,4
Grasa T II	0,95	—	SEMISOLIDO	—	—
Oleína de algodón	0,97	—	SEMISOLIDO	—	—
Oleína de oliva	0,92	—	SEMISOLIDO	550,8	10,5
Oleína de orujo A	0,93	—	SEMISOLIDO	325	11,9
Oleína de orujo B	0,95	—	SEMISOLIDO	447,14	10,8
Oleína de palma	0,87	—	SEMISOLIDO	419,4	10,7
Oleína riosa A	0,9	—	80	644,9	9,8
Oleína riosa B	0,98	—	SEMISOLIDO	489,8	10,2
Oleína de semillas	0,94	—	300	487,2	10,6
Pyraleno	1,56	—	10,7	352	4,5

manejo en presencia de focos de ignición no entraña en principio peligro alguno. Sin embargo, los puntos de autoinflamación de grasas y aceites son del mismo rango que el de los disolventes (400° C), lo cual debe tenerse en consideración al evaluar riesgos en lubricantes sometidos a intenso rozamiento, aún en ausencia de chispa, a altas temperaturas (soldaduras en tanques o bidones vacíos, etcétera).

Los aceites en proceso de calentamiento se descomponen antes de alcanzar el punto de ebullición originando componentes altamente tóxicos e inflamables.

Un peligro especial conlleva el manejo de disolventes de punto de inflamación próximo a la temperatura ambiente (rango de 23-27° C), debido a que, según la temperatura del día entran o no en ignición en presencia de chispa. Este hecho puede dar al operario que lo maneja una confianza excesiva, que no debiera existir. Los disolventes con puntos de inflamación en este rango de temperaturas deben tratarse como altamente inflamables.

En líquidos no puros y mezclas se ha observado que el punto de inflamación disminuye ligeramente con respecto al

del componente de menor punto de inflamación, si la sustancia que impurifica está en baja proporción.

Consideraciones sobre calor de combustión, índice de evaporación y velocidad de consumo de masa en combustión observados en las diferentes muestras

Los valores obtenidos del calor de combustión, tanto para disolventes como para aceites y grasas son los que cabía esperar. Todos ellos están alrededor de 40 KJ/g; valores muy altos (Tabla IV) superiores a los que se pueden obtener para madera, plástico y otros combustibles sólidos.

Cabe destacar el valor del calor de combustión para algunos tipos de grasas y aceites (≈ 50 KJ/g), que los hace extremadamente peligrosos; difícilmente entran en ignición, pero una vez alcanzada ésta el calor producido puede ocasionar verdaderas catástrofes.

Los índices de evaporación observados en disolventes son altos. Una evaporación de 0,3 g/m²s o superior, en líquidos inflamables, resulta altamente peligrosa.

Las grasas y aceites evaporan muy

lentamente (Tabla IV), poseen evaporaciones relativamente bajas (5,10⁻⁷ Kg/m²s a 75° C) y no obstante aunque no entrañan problema respecto a la combustión resultan altamente tóxicos.

Los disolventes, grasas y aceites objeto de ensayo presentan altos valores de consumo de masa en la combustión. Todos ellos poseen una velocidad de combustión que genera una enorme cantidad de calor hacia el foco mismo de combustión y hacia los alrededores, lo que favorecerá grandemente la propagación del incendio.

Cuando mayor es el factor $H_c I_c$, mayor es la velocidad de consumo de masa en combustión (\dot{m}).

El valor de \dot{m} está en función directa del calor de combustión y del índice de evaporación aunque depende también del tipo de sustancia en cuestión.

El comportamiento observado en todas las muestras estudiadas es general, inicialmente la sustancia pasa por un período de inducción, disparándose exponencialmente después para, al final extinguirse muy lentamente cuando se consumen las fracciones más pesadas.

Sin embargo, una vez pasado el período de inducción (lo cual sucede

en breves minutos en almacenamientos grandes), el incendio alcanza enormes proporciones rápidamente y puede mantenerse así largo tiempo si existe un gran suministro de combustible.

Por ello, el controlar el incendio en sus comienzos adquiere vital importancia en el caso de existir líquidos inflamables en el lugar donde se produce.

Los valores obtenidos a escala de laboratorio para velocidades (\dot{m}_c) de consumo de masa en combustión pueden transformarse en valores válidos a escala real (\dot{m}_r) multiplicando aquél por el coeficiente 2,5.

Discusión sobre los datos obtenidos en la determinación de densidades viscosidad y solubilidad en agua

Todos los líquidos de carácter orgánico poseen densidades inferiores a la del agua, a excepción de los hidrocarburos altamente halogenados.

Excepto los alcoholes y cetonas de bajo peso molecular, los líquidos orgánicos son inmiscibles con el agua.

Los disolventes de tipo orgánico originan vapores de densidad superior a la del aire por lo cual tienden a ocupar zonas bajas en locales y a escapar por el alcantarillado o tuberías vacías.

Los disolventes de tipo orgánico poseen viscosidades próximas e inferiores a la del agua, mientras que las grasas y aceites son altamente viscosos y presentan serias dificultades al derrame.

Discusión sobre los valores de energía efectiva y de potencia de radiación mínima para ignición pilotada observados en los ensayos

Los disolventes estudiados presentan unos valores de su energía efectiva inferior a 100 KJ/m², pudiendo considerarse peligrosos al manejo todos aquellos de energía efectiva inferior a 40 KJ/m².

Las grasas y aceites poseen valores de energía efectiva superiores a 500 KJ/m² por lo que necesitan un aporte energético muy alto para entrar en ignición y muy superior al de los disolventes para experimentar cambios detectables ante una ignición pilotada.

Se puede observar (Tabla V) en los datos correspondientes a aceites y grasas, que la capacidad de absorción de energía radiante es mayor cuanto

más oscuro es el color de los mismos, por ello presentan valores de energía efectiva menores (valores próximos o inferiores a 500 KJ/m², frente a valores observados de hasta 1.200 KJ/m²).

En las grasas y aceites estudiados se observa la imposibilidad de que entren en ignición a la temperatura ambiente, también poseen valores muy elevados de potencia de radiación mínima para ignición pilotada. Tienen valores próximos a 10 KW/m², frente a valores de radiación solar en nuestro país (puede considerarse a tal efecto 1,5 KW/m²).

Existe un peligro a considerar en las muestras con valores de potencia de radiación mínima para ignición pilotada próxima a 1 KW/m²; dichos compuestos, dependiendo del lugar geográfico, de la estación del año, de la hora solar y de las condiciones meteorológicas existentes pueden comportarse como inflamables o no a temperatura ambiente. Esta característica puede pillar desprevenido al personal encargado de su manipulación en un momento dado y ocasionar nefastas consecuencias. Muestras de punto de inflamación superior a temperatura ambiente, pero con un valor de su potencia de radiación mínima para ignición pilotada inferior a la potencia de radiación existente en el lugar donde se encuentra, puede ocasionar que en un instante dado se alcance y supere el límite inferior de inflamabilidad a esa temperatura. Este hecho tiene lugar debido a un proceso de acumulación de energía radiante por el líquido (la determinación experimental de los valores de energía efectiva, E_{eff} , y de potencia de radiación mínima para ignición pilotada, q_0 , es una medida de la velocidad con que dicha acumulación tiene lugar en él). Si además dichos compuestos poseen (Tabla V) un valor bajo de energía efectiva, resultan aún mucho más peligrosos puesto que la absorción de la radiación es de forma rápida.

CONCLUSIONES

RESPECTO DEL PUNTO DE INFLAMACION

● Entre el punto de inflamación y las diferentes variables de las que depende se puede establecer el siguiente cuadro:

Variable	Relación existente con el P_i
Peso molecular	directa
Volatilidad	inversa
Ramificación de la molécula	inversa
Enlaces múltiples	directa
Punto de ebullición	directa
Presión atmosférica	directa
Grado de oxidación molecular	directa
Estabilidad molecular	directa
Reactividad frente al oxígeno	inversa
Simetría molecular	depende del P_m

● El orden de inflamabilidad de compuestos líquidos respecto al grupo funcional presente en la molécula es el siguiente (siendo el orden respecto al valor del punto de inflamación el opuesto):

hidrocarburos > éteres > aminas
ésteres > alcoholes > cetonas
aldehídos > ácidos orgánicos.

● Para los hidrocarburos líquidos se puede establecer entre el punto de ebullición (T_e) y la temperatura de inflamación (T_i) la siguiente relación lineal, a una atmósfera de presión:

$$T_i = 0,639 \cdot T_e - 65,46$$

$$E_a = \pm 5\%$$

● Existe una relación directa entre el punto de ebullición y el punto de inflamación. Líquidos inflamables de punto de ebullición inferior a 110° C poseen un punto de inflamación igual o inferior a la temperatura ambiente (22° C).

● El punto de inflamación de una mezcla de líquidos inflamables coincide con el valor más bajo de los puntos de inflamación de sus componentes; incluso en ocasiones resulta ser ligeramente inferior ($\approx 5^\circ$ C).

● En aceites y grasas debe tomarse en consideración el punto de autoinflamación que obliga a no someter la muestra a temperaturas superiores a 400° C, aún en ausencia de fuentes de ignición.

● Para líquidos con puntos de inflamación en el rango de 23-28° C deben observarse las mismas precauciones que las tomadas con líquidos de punto de inflamación inferior. La confianza en exceso al respecto suele ser causa de serios accidentes.

RESPECTO DEL PROCESO DE COMBUSTION DE MATERIAL LIQUIDO

● En todos los casos de combustión de sustancias líquidas estudiados la

muestra pasa por un período de inducción inicial, acelerándose bruscamente a continuación. El período de inducción es muy corto (en ningún caso superior a 4 minutos para grandes cantidades de muestra) y el no controlar el incendio durante este período de tiempo origina la imposibilidad de hacerlo hasta después del casi total consumo del combustible.

● La velocidad de consumo de masa combustible es directamente proporcional al calor de combustión (ΔH_c) e inversamente proporcional al calor de evaporación (ΔH_v).

$$\dot{m} = K \frac{\Delta H_c^{0.7}}{\Delta H_v^{0.2}}$$

● El valor de la velocidad de consumo de masa combustible a escala real (\dot{m}_r) se relaciona con el obtenido a escala de laboratorio (\dot{m}_a) mediante el factor 2,5.

$$\dot{m}_r = 2,5 \dot{m}_a \quad (D = 0,2 \text{ m})$$

● El riesgo y peligrosidad existentes en un incendio son función directa de la velocidad de consumo de masa combustible y del calor de combustión de la sustancia, es decir, de la mayor o menor cantidad de calor desprendida por unidad de tiempo.

EN RELACION AL COMPORTAMIENTO FISICO DE LOS LIQUIDOS INFLAMABLES

● Los líquidos inflamables y combustibles son menos densos que el agua. Los líquidos de esta naturaleza, no miscibles con el agua, flotan en ella, lo cual favorece su expansión durante el proceso de derrame. Sólo en el caso de incendio de alcoholes o cetonas de bajo peso molecular puede emplearse agua pulverizada como agente extintor.

● Los vapores que originan los líquidos inflamables son más pesados que el aire y difícilmente se diluyen en él y dan lugar a mezclas ricas en vapor inflamable que desplazan al aire, ocupando las zonas bajas del local donde se hallan.

● De utilizarse campanas extractoras, deben situarse en los muros del local donde se encuentran los líquidos inflamables a altura inferior a dos metros y no en el techo.

● Los líquidos inflamables, a excepción de los aceites y las grasas, poseen viscosidades de valor inferior al del agua y derraman muy rápidamente sobre superficies sólidas pulidas, y aún más sobre agua o superficies húmedas.

● En general, todos los líquidos inflamables (a excepción de alcoholes y cetonas de bajo peso molecular), son inmiscibles con el agua debido a su origen orgánico.

RESPECTO AL USO Y ALMACENAMIENTO DE LIQUIDOS INFLAMABLES

● En almacenamiento de líquidos inflamables, los envases que los contienen deben mantenerse alejados —en la medida de lo posible—, de fuentes de calor y radiación. Los líquidos inflamables son capaces de alcanzar y superar la temperatura de inflamación (aunque ésta se sitúe por encima de la temperatura ambiente), por acumulación de energía exterior, por lo general energía radiante.

● Grasas y aceites de altos valores del punto de inflamación pueden alcanzar la temperatura de autoinflamación puestos en contacto con superficies sometidas a fuerte rozamiento o a calentamiento (como placas y recipientes metálicos expuestos a radiación solar). Para estos compuestos el punto de inflamación y el de autoinflamación son valores muy próximos. ■