

Efectividad y eficiencia de los chorros de ataque.

Parte 1

Ed Hartin, MS, EFO, MIFireE, CFO.

Texto original desarrollado por Ed Hartin. Traducido por Tomás Ricci y revisado por Martín Comesaña, Bomberos Voluntarios de San Martín de los Andes, Argentina, con permiso del autor.

Suele decirse y creerse que se necesitan gpm para contrarrestar Btu (o calorías). Si bien sospecho que el bombero entiende el significado subyacente de esta afirmación, es en realidad incorrecta, puesto que es similar a comparar manzanas con naranjas. El caudal se expresa en unidades de volumen y tiempo (gal/m ó l/m) y Btu (ó Joules) es una medida de cantidad (más similar en este sentido al volumen que al caudal)

Puede decirse que se necesitan galones (ó litros) para contrarrestar Btu (ó Joules), pero la tasa de absorción de energía de un chorro de ataque debe superar la tasa de liberación de calor (energía liberada/unidad de tiempo). Este concepto apunta a la necesidad de un mayor caudal cuando la tasa de liberación de calor es mayor. Esto conduce a otra afirmación típica del servicio de bomberos: "Gran cantidad de fuego, gran cantidad de agua". Si bien esto no es completamente incorrecto, puede generar cierta confusión, ya que no toma en cuenta qué tan eficiente es nuestro chorro de ataque para absorber energía. No toda el agua que abandona el pitón absorbe la misma cantidad de energía.

Capacidad de enfriamiento teórica.

El agua es un excelente agente extintor debido a su alto calor específico (energía necesaria para elevar su temperatura) y su alto calor latente de vaporización (energía necesaria para el cambio de estado de líquido a vapor). Como se ilustra en la Figura 1, el cambio de estado de líquido a vapor es muy significativo, puesto que absorbe 7,5 veces más calor que calentar la misma cantidad de agua de 20° C hasta el punto de ebullición.

Figura 1. Capacidad de enfriamiento teórica.

Efectividad y eficiencia de los chorros de ataque

Calentar agua de 20°C a 100°C	0,3 MJ/kg
Vaporizar agua a 100°C	2,3 MJ/kg

Capacidad de enfriamiento teórica	2,6 MJ/kg

Sin embargo esto sólo nos indica la capacidad de enfriamiento teórica de un único kilogramo de agua que es calentado de 20° C a 100° C y luego completamente vaporizado. Examinar la capacidad de enfriamiento teórica en términos de caudal requiere un poco más de trabajo.

El caudal se define en unidades de galones por minuto (gal/m) o litros por minuto (l/m) y la capacidad de enfriamiento teórica del agua fue definida en término de energía absorbida por unidad de masa (MJ/kg). Necesitaremos trabajar un poco para convertir las unidades y así todos poder usar las mismas.

Mientras que las unidades del SI son más simples de tratar, he expresado la capacidad de enfriamiento teórica tanto en litros por minuto (LPM) como en galones por minuto (GPM). Sin embargo el calor específico y el calor latente de vaporización están aplicados a una masa, y no a un volumen, y Watts equivalen a Joules por segundo. Es entonces necesario expresar caudal en términos de kg/s.

Figura 2. Caudal y capacidad teórica de enfriamiento.

<u>100 l/min</u>	<u>100 gal/min (378.43 l/min)</u>
100 l/min = 1.67 kg/s	100 gal/min = 6.31 kg/s
1.67 kg/s x 2.6 MJ/kg = 4.32 MW	6.31 kg/s x 2.6 MJ/kg = 16.41 MW

Este ejemplo asume una transferencia instantánea de calor y 100% de efectividad en el cambio de estado líquido a vapor. Ninguno de estos dos fenómenos se da en la vida real!

Factores que influyen la efectividad y la eficiencia en la transferencia de calor (Svenson 2002) son:

- Diámetro (en la capa de gases y en las superficies)
- Temperatura (en la capa de gases y en las superficies)
- Velocidad (en la capa de gases)
- Formación de película (en las superficies)
- Temperatura de la capa de gases
- Temperatura de las superficies.

Eficiencia de los chorros de ataque

El poder del bombero no tiene simplemente que ver con el caudal, si no más bien con el caudal efectivamente aplicado a la transferencia de calor de la capa de gases calientes y de las superficies resultando en su cambio de fase de líquido (agua) a gas (vapor).

Extinguir un incendio en un compartimiento generalmente consiste en convertir el caudal suficiente (gal/m o l/m) de agua en vapor. Si bien el vapor por sí sólo generalmente no extingue el incendio, la energía absorbida para convertir el agua en ese vapor es la que cumple la función más importante en la extinción.

Datos experimentales (Hadjisophocleous & Richardson, 2005; Särđqvist, S., 1996) han demostrado que la eficiencia de enfriamiento del agua en experimentos en laboratorios y operaciones de la vida real, oscila entre 0,2 y 0,6. Särđqvist (1996) sugiere que un factor de eficiencia de 0,2 sea utilizado para ataques en interiores con pitones de niebla. Mi experiencia personal (no constatada experimentalmente) indica que el factor sugerido por Särđqvist (1996) de 0,2 puede ser muy bajo. Barnett (citado también en Grimwood 2005) sugiere que un factor de 0,5 sea utilizado para chorros lisos o rectos y que un factor de 0,75 sea utilizado para chorros de niebla. La siguiente tabla se aproxima de una manera un tanto más conservadora utilizando un factor promedio de 0,6.

Figura 3. Caudal y capacidad de enfriamiento ajustada.

Caudal			Capacidad de enfriamiento teórica (CET) en MW	Capacidad de enfriamiento ajustada (CET*0,6) en MW
gal/min	l/min	kg/s		
30	113.56	1.89	4.92	2.95
60	227.12	3.78	9.84	5.90
100	378.54	6.31	16.40	9.84
125	473.17	7.89	20.50	12.30
150	567.81	9.46	24.60	14.76
200	757.08	12.62	32.81	19.69
300	1135.62	18.93	49.21	29.53

La Figura 3 ilustra el impacto de la eficiencia (o la falta de ella) en la capacidad de un chorro de ataque para enfriar. El punto clave es que la capacidad de enfriamiento real es considerablemente menor a la teórica. Otra complicación es que sumado a la performance del pitón, la eficiencia del mismo también depende de la habilidad del operador, la manera en que el agua es aplicada (chorro liso, cono de niebla ancho o angosto) la configuración del lugar y las condiciones del fuego.

Efectividad y eficiencia de los chorros de ataque

Desafortunadamente, no hay aun patrones estándar de prueba que permitan probar los diferentes pitones y/o métodos en las mismas condiciones.

Sin embargo, el concepto de eficiencia da lugar a una pregunta muy interesante: ¿Tienen la misma capacidad de extinción un pitón que arroja 100 gpm con un factor 0,6 y un pitón que arroja 200 gpm con un factor 0,3? ¡Esto es simplemente matemática! La capacidad de enfriamiento debería ser idéntica. Pero la aplicación práctica es más compleja (puesto que desconocemos los factores de eficiencia de los dos pitones y la manera en la que están siendo utilizados). Esto es algo que merece ser discutido.

Caudal o tasa de absorción de energía?

Matt Leech, Instructor senior y entrenador de CFBT-US (LT Tualatin Valley Fire & Rescue) propuso (a medias en broma) que los pitones deberían ser etiquetados por su capacidad para enfriar, más que por su caudal. Si bien esta idea no tuvo mucha repercusión, es importante para los bomberos reconocer que el caudal y las características del chorro de agua generan un impacto significativo en la capacidad potencial para enfriar.

Efectividad de los chorros de agua

El control eficiente, efectivo y seguro del fuego requiere:

- Aplicación de agua para controlar los alrededores del fuego como así también un ataque directo al mismo.
- Utilizar el caudal necesario para la táctica empleada. (enfriar gases calientes que no han entrado en ignición aun puede ser logrado utilizando un caudal menor al utilizado para un ataque directo al fuego).
- Ataque directo al fuego para exceder el caudal crítico en función de la tasa de liberación de calor.
- Suficiente caudal de reserva para poder controlar cualquier aumento en la tasa de liberación de calor como consecuencia de las tareas de ventilación.
- Aplicar agua en la forma que corresponda según nuestro objetivo (Ej.: pequeñas gotas para enfriar la capa de gases o una fina capa de agua para cubrir superficies calientes).
- Aplicar agua que alcance el lugar deseado (niebla para ubicar agua en la capa de gases calientes o chorro liso* para penetrar dicha capa de gases y alcanzar superficies calientes)
- Controlar el incendio sin usar una cantidad excesiva de agua.

*Los términos "chorro liso" y "chorro pleno" se consideran equivalentes

Lograr esto implica utilizar diferentes chorros de ataque en diferentes momentos. El tipo de chorro óptimo para enfriar la capa de gases es por lo

Efectividad y eficiencia de los chorros de ataque

general bastante diferente al necesario para enfriar superficies calientes, particularmente cuando lidiamos con fuego generalizado en grandes compartimentos.

Ed Hartin, MS, EFO, MIFireE, CFO

www.cfbt-us.com

Bibliografía:

Grimwood, P. (2005) Firefighting Flow Rate: Barnett (NZ) – Grimwood (UK) Formulae. Retrieved January 26, 2008 from <http://www.fire-flows.com/FLOW-RATE%20202004.pdf>

Hadjisophocleous, G.V. & Richardson, J.K. (2005). Water flow demands for firefighting. *Fire Technology* 41, p. 173-191.

Särdqvist, S. (1996) *An Engineering Approach To Fire-Fighting Tactics* Sweden, Lund University, Department of Fire Safety Engineering

Svennson, S. (2002). *The operational problem of fire control* (Report LUTVDG/TVBB-1025-SE). Sweden, Lund University, Department of Fire Safety Engineering.