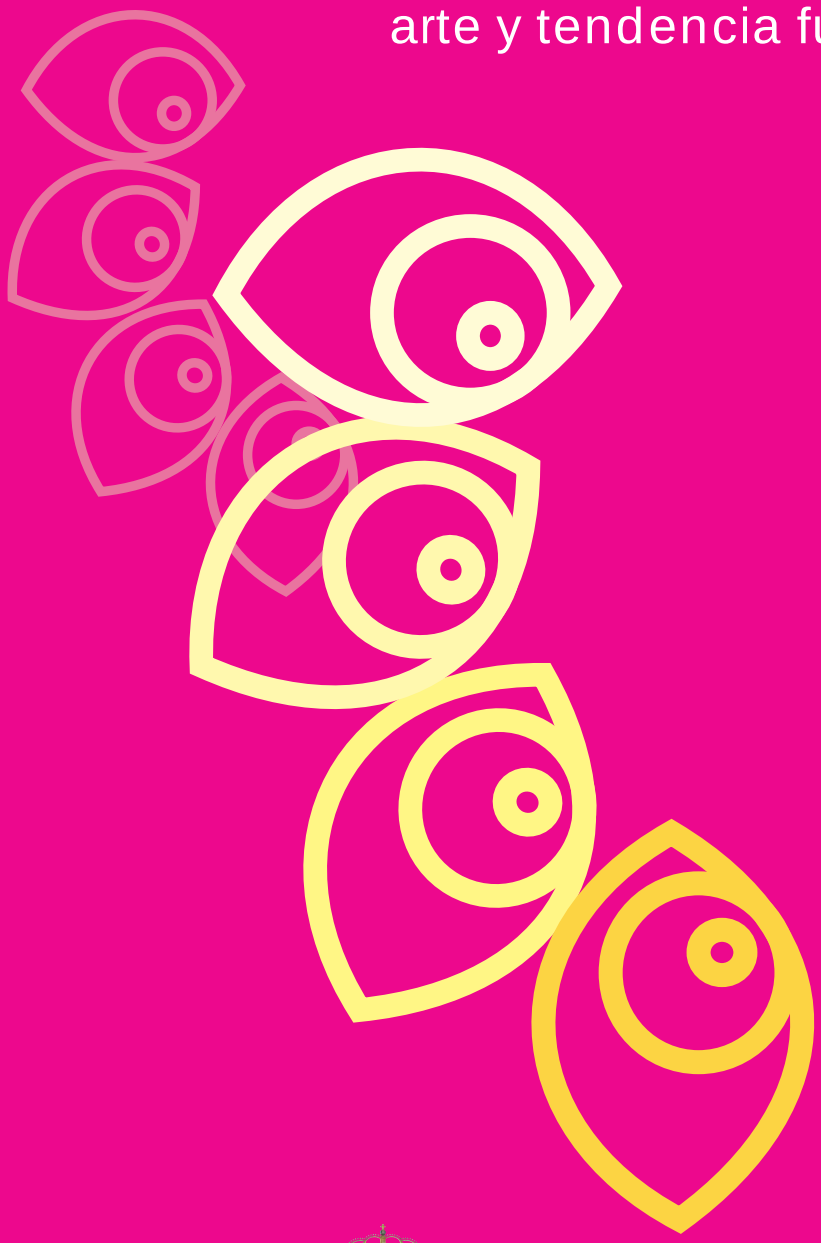
11 Monografías del SOPT

Detección e identificación de agentes de guerra química. Estado de arte y tendencia futura



MINISTERIO DE DEFENSA

11 Monografías del SOPT

Detección e identificación de agentes de guerra química. Estado de arte y tendencia futura

SOPT
SISTEMA DE OBSERVACIÓN Y PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

http://www.mde.es/areasTematicas/investigacionDesarrollo/sistemas/

MINISTERIO DE DEFENSA

CATÁLOGO GENERAL DE PUBLICACIONES OFICIALES
http://publicacionesoficiales.boe.es

Edita:

MINISTERIO DE DEFENSA
DIRECCIÓN GENERAL DE RELACIONES INSTITUCIONALES

NIPO: 075-11-267-3 (edición en papel)
Depósito Legal: M-44374-2011
Imprime: Imprenta del Ministerio de Defensa
Tirada: 300 ejemplares
Fecha de edición: noviembre 2011

NIPO: 075-11-268-9 (edición en línea)

administración electrónica

En esta edición se ha utilizado papel libre de cloro obtenido a partir de bosques gestionados de forma sostenible certificada.

DETECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE AGENTES DE GUERRA QUÍMICA. ESTADO DE ARTE Y TENDENCIA FUTURA

SUMARIO

PRÓLOGO 7

MOTIVACIÓN 9

1. HISTORIA DEL USO DE ARMAS QUÍMICAS 11

2. NORMATIVA DE REFERENCIA PARA LA PROHIBICIÓN DE ARMAS QUÍMICAS 17

3. AGENTES DE GUERRA QUÍMICA 21

3.1. Propiedades físico-químicas de los Agentes de Guerra Químicos 24

3.2. Factores que afectan a la Efectividad de las Armas químicas 26

3.3. Clasificación de Agentes de Guerra Químicos 28

3.3.1. Agentes Neumotóxicos o Sofocantes 29

3.3.2. Agentes Vesicantes 33

3.3.3. Agentes Nerviosos o Neurotóxicos 38

3.3.3.1. Agentes nerviosos serie G 38

3.3.3.2. Agentes nerviosos serie V 42

3.3.4. Agentes sanguíneos 43

3.3.5. Agentes Incapacitantes 45

3.3.5.1. Agentes neutralizantes 45

3.3.5.2. Agentes incapacitantes 49

4. FACTORES A CONSIDERAR EN LA SELECCIÓN DE UN DETECTOR 51

5. TECNOLOGÍAS DE DETECCION E IDENTIFICACIÓN DE AGENTES DE GUERRA QUÍMICA 57

5.1. Detección in situ 61

5.1.1. Detección colorimétrica 61
5.1.2. Espectrometría por movilidad iónica, IMS 69
5.1.3. Fotometría de Llama 83
5.1.4. Fotoionización, PID 85
5.1.5. Onda Acústica Superficial, SAW 90
5.1.6. Espectrometría por movilidad diferencial 94
5.1.7. Otras 96

5.2. Detección standoff o a distancia 101

5.2.1. Espectrometría Infrarroja 102
5.2.2. Espectrometría Infrarroja con Transformada de Fourier, FTIR 105
5.2.3. Espectroscopia de Absorción Infrarroja con Laser de Cascada Cuántica 108
5.2.4. CO_2 DIAL 110

5.3. Identificación de agentes de guerra química 112

5.3.1. Cromatografía de gases-Espectrometría de Masas en tandem 113
5.3.2. Espectrometría infrarroja con transformada de Fourier, FTIR 117
5.3.3. Espectroscopia Raman 121

6. TENDENCIAS TECNOLÓGICAS 125

7. ACRÓNIMOS 133

8. BIBLIOGRAFÍA 137

PRÓLOGO

La presente Monografía ha sido realizada por el Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica (SOPT) de la Subdirección General de Tecnología y Centros (SDGTECEN) de la Dirección General de Armamento y Material (DGAM).

Quiero felicitar a todos los que han hecho posible esta Monografía, y en concreto al técnico del Observatorio Tecnológico de Defensa Nuclear, Biológica y Química (NBQ), Angélica Acuña Benito, de la Gerencia de Planeamiento y Tecnología de ISDEFE, por su dedicación y esfuerzo. También, extender este agradecimiento al resto de colaboradores del Observatorio Tecnológico NBQ, en especial a Tcol. Alfredo Fernández y a Dª Inmaculada Bueno, además de al resto de miembros del SOPT, que han contribuido a que podamos tener hoy este trabajo en nuestras manos.

C.F. Ing. José María Riola Rodríguez
Jefe del SOPT
Subdirección General de Tecnología e Innovación
Dirección General de Armamento y Material

MOTIVACIÓN

Este documento pretende ser una guía de consulta sobre las tecnologías utilizadas actualmente en el desarrollo de los sistemas de detección e identificación de agentes de guerra química, las especificaciones técnicas de los principales equipos que incorporan dichas tecnologías y que actualmente están en uso, así como la situación actual y las tendencias tecnológicas futuras en el sector.

SOPT

SISTEMA DE OBSERVACIÓN Y PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

1. HISTORIA DEL USO DE ARMAS QUÍMICAS

1. HISTORIA DEL USO DE ARMAS QUÍMICAS

El empleo de agentes químicos como arma se conoce desde hace siglos. En documentos del siglo V a.C., se describe como la secta china Mohist introducía humos procedentes de semillas de mostaza y otros vegetales en los túneles que excavaban los ejércitos enemigos. En escritos chinos datados alrededor del año 1000 a.C., se describen cientos de recetas para producir humos tóxicos o irritantes y numerosos registros de su uso durante las guerras. Gracias a este tipo de documentos se conoce el empleo de la «niebla atrapa espíritus» que contenía arsénico y óxido de calcio pulverizado para disolver una revuelta campesina en el año 178 después de Cristo.

La noticia del uso de gases por primera vez en Occidente se remonta al siglo V antes de Cristo, durante la guerra del Peloponeso entre Atenas y Esparta. Las fuerzas espartanas durante el asedio a una ciudad ateniense encendieron fuegos con madera, alquitrán y azufre a los pies de las murallas con la esperanza de que el humo incapacitara a los atenienses para resistir el asalto que siguió a continuación. Esparta no fue la única en usar estas tácticas poco convencionales durante dichas guerras; se dice que el rey Solón de Atenas usó las raíces del eléboro blanco, planta venenosa muy común en Grecia, para envenenar el agua de un acueducto del río Pleistrus durante el sitio de Cirrha en el año 590 antes de Cristo.

En el siglo XVI, durante el Renacimiento, se retomo el interés por el uso de estos compuestos en la guerra, siendo Leonardo Da Vinci el primero que propuso usar polvo de sulfuro de arsénico y verdín.

En 1672, el obispo de Múnich empleó varios explosivos y dispositivos incendiarios durante el sitio de la ciudad de Groningen, en los Países Bajos. Algunos de estos dispositivos incluían Belladona, con objeto de producir humos tóxicos. Tres años después, el 27 de agosto de 1675, los franceses y alemanes firmaron el Acuerdo de Estrasburgo, en el que se incluía un artículo en el que se prohibía el uso de artefactos tóxicos.

En el siglo XVIII durante los sitios, los ejércitos intentaban provocar incendios lanzando proyectiles incendiarios rellenos de azufre, grasa animal, turpentina, sal de roca (nitrato de sodio o de potasio) y antimonio. Más adelante, se desarrollaron nuevos productos para rellenar los proyectiles que maximizaran los efectos del humo.

En 1854, un químico británico, Lyon Playfar, diseño un proyectil de artillería antibarco de cianuro de cacodilo con objeto de resolver la situación de empate existente en el sitio de la ciudad de Sebastopol (Ucrania) durante la guerra de Crimea. La propuesta fue apoyada por el Almirante Thomas Cochrane de la Armada Real Británica, pero el Departamento de Ordenación Británica la rechazó.

Durante la guerra de Secesión (1861-1865), el profesor neoyorquino John Doughty propuso el uso de gas cloro dispersado a través de proyectiles de 254 mm rellenos con 2-3 litros de cloro líquido, si bien se cree que su plan nunca se llevo a cabo.

El uso a gran escala de agentes químicos como arma se realizó por primera vez en la I Guerra Mundial (1914-1918), en la segunda batalla de Ypres, el 22 de abril de 1915, cuando los alemanes atacaron las tropas francesas, canadienses y argelinas con gas cloro. Desde entonces se utilizaron un total de 50.965 toneladas de agentes respiratorios, lacrimógenos y vesicantes por ambas partes, incluyendo cloro, fosgeno y gas mostaza. Las cifras oficiales fueron de aproximadamente 1.176.500 heridos y 85.000 muertos como consecuencia del empleo de este tipo de agentes durante esta guerra.

Durante el periodo de entreguerras, posterior a la primera guerra mundial, tras la derrota en 1917 del Imperio otomano, el antiguo Imperio se dividió entre las potencias victoriosas en el Tratado de Sevres. Los británicos ocuparon Mesopotamia y establecieron un gobierno colonial. En 1920, los pueblos árabes y kurdos de Mesopotamia se rebelaron contra esta ocupación causando grandes bajas en las líneas británicas, de forma que el secretario de las colonias, Winston Churchill, autorizó en 1920 el uso de gas mostaza, entre otros compuestos químicos, contra la resistencia.

En 1925, y como consecuencia de la repulsa mundial a las armas químicas, los principales países firmaron el Protocolo de Ginebra comprometiéndose a no usar armas químicas y/o biológicas. El senado de Estados Unidos no ratificó el protocolo hasta 1975.

Durante la guerra del Rif (1921-1927), en la que Marruecos estaba bajo el dominio de España, empresas alemanas asesoraron a las fuerzas armadas españolas en el desarrollo, producción y uso de agentes de guerra química.

En 1935, las fuerzas aéreas italianas lanzaron bombas con gas mostaza durante la invasión de Etiopía.

Durante la Segunda Guerra Mundial, Alemania revolucionó la guerra química al descubrir, de forma accidental, los agentes nerviosos Tabún, Sarin y Soman. Desarrollaron y fabricaron grandes cantidades de estos agentes pero no los utilizaron por temor a que las fuerzas aliadas contraatacaran utilizando sus propias armas químicas. No obstante, se cree que utilizaron un pesticida conocido como Zyclon B, que contiene cianuro de hidrogeno, en los campos de concentración.

Si bien entre ambos bandos no se emplearon armas químicas durante esta guerra, si se conocen algunos ejemplos de su uso en esta época, como es el caso de Japón que utilizó gas mostaza y Lewisita, junto con armas biológicas, contra China.

Después de la Segunda Guerra Mundial, los países aliados recuperaron proyectiles que contenían Tabún, Sarin y Soman, e iniciaron rápidamente multitud de investigaciones sobre agentes nerviosos y el desarrollo de armas químicas y biológicas.

En 1952 el ejército de Estados Unidos patentó un procedimiento para la preparación de Ricina, y en este mismo año Porton Down desarrolló el agente nervioso VX que vendió a Estados Unidos a cambio de información sobre el desarrollo de armas termonucleares. La producción de VX dio origen a los otros tres agentes nerviosos con los que forma la Serie V (VE, VG y VM).

Durante los años 60, Estados Unidos investigó el uso de agentes incapacitantes delirantes anticolinérgicos, y entre 1967 y 1968, decidió deshacerse de las armas químicas obsoletas, embarcándolas en barcos que fueron hundidos en el mar.

En 1969 se creó un incidente internacional en Okinawa, Japón, cuando 23 soldados americanos y un civil se expusieron a niveles bajos de Sarin mientras repintaban los almacenes de armamento y munición donde mantenían ocultos este tipo de armas. Dichas municiones se trasladaron en 1971 a Johnston Atoll bajo la Operación Sombrero Rojo.

El 4 de abril de 1984, el presidente de los Estados Unidos, Ronald Reagan, hizo un llamamiento para la prohibición internacional de armas químicas. El presidente George Bush y el líder de la Unión Soviética Mjhail Gorbachov firmaron el tratado bilateral el 1 de junio de 1990 que ponía fin a la producción de armas químicas e iniciaba la destrucción de las reservas de sus naciones. Tres años después se firmó la Convención multilateral de Armas Químicas (CWC), que entró en vigor en 1997.

Durante la guerra del Golfo, en 1991, Irak contaba con un arsenal químico que nunca utilizó por temor a un contraataque nuclear. Si bien Estados Unidos y sus aliados derrocaron el régimen de Saddam Hussein en el 2003, Irán continúa culpando a la coalición por haber ayudado a Irak en el desarrollo de su arsenal químico, y por no haberles sancionado por haber utilizado bombas con gas mostaza y tabún en sus ataques aéreos contra Irán.

Por otro lado, la obtención fácil de este tipo de agentes les hace ser buenos candidatos para su empleo en atentados terroristas. El primer incidente con éxito sobre la población civil fue el ejecutado en varias líneas de metro de Tokio el 20 de marzo de 1995 por la secta de Aum Shinrikyo. El atentado provocó doce muertes y más de cinco mil heridos, y las investigaciones realizadas tras el atentado mostraron evidencias de la autoría de este mismo grupo en el atentado de Matsumoto en junio de 1994 sobre individuos específicos.

Tras el atentado del 11 de septiembre del 2001 en Nueva York, Al-Qaeda mencionó sus planes de comprar armas nucleares, biológicas y químicas. Un ejemplo del posible uso de estos compuestos como agentes incapacitantes es el ocurrido en octubre del 2002, cuando las fuerzas especiales rusas utilizaron un derivado de fentanil aerosolizado, conocido como KOLOKOL-1, en el asalto contra los 42 terroristas chechenos que mantenían retenidos a 120 personas en un teatro de Moscú, con el resultado de algunos muertos tanto entre los terroristas como entre los rehenes, víctimas de esta sustancia química.

SOPT

SISTEMA DE OBSERVACIÓN Y PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

2. NORMATIVA DE REFERENCIA PARA LA PROHIBICIÓN DE ARMAS QUÍMICAS

2. NORMATIVA DE REFERENCIA PARA LA PROHIBICIÓN DE ARMAS QUÍMICAS

Durante las Conferencias de Paz de La Haya que tuvieron lugar en 1899 y 1907, se aprobaron los convenios que definían las leyes y el empleo de ciertos agentes durante la guerra, así como las declaraciones que prohibían determinadas prácticas, como el bombardeo de poblaciones indefensas o la utilización de gases venenosos. Sin embargo, en estas Conferencias no se llegó a ningún acuerdo sobre un sistema de arbitraje obligatorio como medio de resolver las controversias que suponen una amenaza para la paz. La idea general de estos convenios tenía como base la existencia de normas de prohibición de uso de compuestos químicos desde tiempos antiguos. Así por ejemplo, los griegos y los romanos tenían la costumbre de respetar la prohibición de emplear veneno y armas envenenadas, y en la India, hacia el año 500 a.C., en el Código de Manú se prohibía el empleo de dichas armas. Un milenio más tarde, los sarracenos tomaron del Corán normas sobre la conducción de la guerra que prohibían el envenenamiento.

El 15 de junio de 1925, aprovechando el rechazo público por el uso de este tipo de armas durante la I Guerra Mundial, se firma el Protocolo de Ginebra, tratado multilateral, que entra en vigor el 8 de febrero de 1928, y por el que se prohíbe el empleo de armas químicas y biológicas en guerra.

En 1992, y tras diez años de negociaciones, la Conferencia de Desarme acepta el texto de la Convención sobre la prohibición del desarrollo, la producción, el almacenamiento y el empleo de armas químicas y sobre su destrucción, también conocida como Convención para la Prohibición de Armas Químicas, CWC. El texto fue aprobado por la Asamblea General el 30 de noviembre del mismo año.

Posteriormente, la Convención fue abierta a firma en París, en 1993, entrando en vigor el 29 de abril de 1997. Esta Convención complementa y potencia el Protocolo de Ginebra de 1925, ya que también se prohíben

el desarrollo, la producción y el almacenamiento de las armas químicas, así como el empleo de éstas, y se exige la destrucción de las reservas existentes.

La Convención prohíbe cualquier desarrollo, producción, adquisición, almacenamiento, transferencia y empleo de armas químicas, exigiendo que cada Estado Parte destruya las que posea y las instalaciones para su producción. Las disposiciones de Verificación de la convención no sólo afectan al sector militar, sino también a la industria química de todo el mundo. Estas disposiciones serán verificadas mediante la combinación de la obligación de informar, de inspecciones rutinarias sobre el terreno de los sitios declarados y de inspecciones por denuncia con un plazo breve de preaviso. De forma que cada Estado Parte someterá a verificación las sustancias químicas tóxicas y sus precursores enumerados en tres listados así como las instalaciones relacionadas con esas sustancias.

La Organización encargada de comprobar la destrucción de las armas químicas existentes y de evitar su desarrollo es la Organización para la Prohibición de las Armas Químicas, OPAQ, con sede en La Haya. La OPAQ da asistencia y protección a sus Estados Partes si son víctimas de amenazas o ataque con armas químicas y promueve la cooperación internacional para el desarrollo químico con fines pacíficos. De acuerdo con la Convención, recibe información de los Estados miembros sobre la producción anual de sustancias y precursores químicos, y lleva a cabo inspecciones regulares en los Estados Parte, para verificar su cumplimiento.

A nivel nacional, el Real Decreto 663/1997, de 12 de mayo, regula la composición y funciones de la Autoridad Nacional para la Prohibición de Armas Químicas. La normativa nacional que da cumplimiento a las obligaciones derivadas de la Convención es la Ley 9/99 de 20 de diciembre sobre medidas de control de sustancias químicas susceptibles de desvío para la fabricación de armas químicas.

La Convención de Armas Químicas fue ratificada por España en 1994, y el laboratorio de referencia nacional para la verificación de su cumplimiento es el LAVEMA, laboratorio militar que forma parte de la Unidad de Defensa Química del Instituto Tecnológico la Marañosa. El Ministerio de Asuntos Exteriores es la Autoridad Nacional para la Prohibición de Armas Químicas, y delega sus competencias en el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

SOPT

SISTEMA DE OBSERVACIÓN Y PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

3. AGENTES DE GUERRA QUÍMICA

3. AGENTES DE GUERRA QUÍMICA

Según el artículo II de la CWC, se denomina arma química a: 1) las sustancias químicas tóxicas o sus precursores, salvo cuando se destinen a fines no prohibidos por la presente Convención, siempre que los tipos y cantidades de que se trate sean compatibles con esos fines; 2) las municiones o dispositivos destinados de modo expreso a causar la muerte o lesiones mediante las propiedades tóxicas de las sustancias especificadas en el apartado 1 que liberen el empleo de esas municiones o dispositivos; o 3) cualquier equipo destinado de modo expreso a ser utilizado directamente en relación con el empleo de las municiones o dispositivos especificados en el apartado 2. Según la CWC, los elementos descritos en 1, 2 y 3 deben estar presentes para constituir un arma química.

Según la CWC, una sustancia química tóxica es toda sustancia química que, por su acción química sobre los procesos vitales, pueda causar la muerte, la incapacidad temporal o lesiones permanentes a seres humanos o animales. Quedan incluidas todas las sustancias químicas de esa clase, cualquiera que sea su origen o método de producción, ya que se produzcan en instalaciones como municiones o de otro modo.

Un precursor es cualquier reactivo químico que intervenga en cualquier fase de la producción por cualquier método de una sustancia química tóxica.

Aunque muchas sustancias encajan en la descripción de compuestos químicos tóxicos, en la práctica sólo unos pocos han sido seleccionados como posibles armas. Para que una sustancia química sea adecuada para su utilización como arma de guerra debe ser:

- *Suficientemente tóxica,* con objeto de inducir los efectos deseados a bajas concentraciones y de forma instantánea,
- *No corrosiva* con los materiales,

- *Capaz de hidrolizarse* lentamente,
- *Fácil de producir* en grandes cantidades, a nivel industrial, y a bajo coste
- Tener una alta *estabilidad química,* suficiente para preservar su toxicidad durante el almacenamiento,
- *Capaz de formar* armas binarias, y
- *Sobrevivir* al proceso de diseminación.

Por tanto, la toxicidad junto con la volatilidad de un compuesto dicta la eficacia de un agente de guerra química, si bien es necesario considerar el medio de dispersión, que en ocasiones neutraliza el efecto del mismo. Los términos usados más comúnmente para medir la toxicidad relativa de un agente son:

- **Nivel IDLH** (Inmediate Danger to Life and Health o Peligro Inmediato para la Vida y la Salud) o concentración de un compuesto químico en el aire que podrían causar efectos permanentes inmediatos o tardíos en la salud después de 30 minutos de exposición sin protección.
- **LCt_{50}** o concentración letal que podría causar la muerte al 50% de la población expuesta para un periodo de tiempo de exposición.
- **ICt_{50}** o concentración de agresivo que incapacita al 50% de la población expuesta para un periodo de tiempo de exposición.
- **TWA** (Media Tiempo-Peso) refleja el nivel de exposición durante un periodo de tiempo. Es la concentración media, ponderada en el tiempo, a la que se puede estar expuesto repetidamente, día tras día, sin sufrir efectos adversos.

Las principales vías de entrada de los agentes de guerra química en el organismo son: la inhalación y el contacto percutáneo. Otra ruta que es menos útil en campo de batalla pero que es válida para propósitos terroristas es el envenenamiento.

3.1. Propiedades físico-químicas de los Agentes de Guerra Químicos

Las propiedades físico-químicas a tener en cuenta en la selección de un agente de guerra químico como arma son:

- **Densidad de vapor absoluta:** Es el cociente de dividir el peso molecular de un gas por 22.4 litros que ocupa en condiciones normales, pero lo más útil es la densidad de vapor relativa frente al aire.

- **Densidad de vapor relativa (VD):** es el cociente entre la densidad de un gas o vapor (Dg) y la densidad del aire (Da) a las mismas condiciones de presión y temperatura. VD es directamente proporcional a su peso molecular, de forma que como el peso molecular medio del aire es de 29, todos los gases con peso molecular mayor a 29 tenderán a concentrarse a nivel del suelo, y los menores a 29 tenderán a ganar altura y disminuir su concentración a nivel del suelo. Prácticamente, todos los CWA tienen mayor densidad que el aire, los únicos gases tóxicos de VD inferior al aire son el Cianuro de Hidrogeno, amónico y el monóxido de carbono.
- **Presión de vapor:** Determina la concentración saturada de un vapor en el aire y la persistencia del agente químico. Un compuesto químico con una presión de vapor inferior a la presión atmosférica se evapora gradualmente a una cierta frecuencia. Presiones de vapor bajas indican baja volatilidad, y por tanto una persistencia elevada. Los agentes nerviosos y vesicantes tiene una presión de vapor inferior a 1 presión atmosférica, mientras que la mayoría de los TICs altamente tóxicos tienen una presión de vapor superior a 1 presión atmosférica.
- **Volatilidad:** Representa la cantidad máxima de compuesto químico que puede haber en un metro cúbico de aire a una temperatura específica. La volatilidad es directamente proporcional a la temperatura, de forma que a altas temperaturas, el compuesto puede tener una volatilidad relativamente alta. En espacio abierto, los vapores químicos se diluyen y se propagan en el aire. La volatilidad juega un papel muy importante en la eficacia de la dispersión y de la detección, ya que la volatilidad de todos los agentes de guerra químicos y algunos TICs es mucho mayor que los niveles de concentración IDLH, respectivamente, lo que sugiere que los compuestos químicos pueden alcanzar fácilmente concentraciones de vapor peligrosas en el aire circundante.
- **Toxicidad:** Mide la cantidad de sustancia requerida para lograr un determinado efecto siendo una de las características más importantes de un CWA. La dosis letal es un producto de la concentración por el tiempo (Ct). Los agentes químicos son realmente tóxicos y operan vía inhalación o por contacto con la piel. Así por ejemplo, 70 mg de gas Sarin causa la muerte del 50% de la población expuesta. El VX es el gas nervioso más tóxico, sólo se requieren 10 mg sobre la piel para causar la muerte en un hombre adulto.
- **Persistencia:** Tiempo en la que el agente mantiene su peligrosidad. Los agentes no persistentes tienden a volatilizarse y evaporarse rápi-

damente, disipándose en un periodo de tiempo muy corto, en pocos minutos o una hora. Los agentes semipersistentes generalmente perduran desde horas hasta un día. Por último, los agentes persistentes suelen ser densos, perdurando desde días hasta unas pocas semanas. Los agentes pueden incrementar su persistencia mediante la adición de materiales viscosos.

3.2. Factores que afectan a la Efectividad de las Armas químicas.

La efectividad de las armas químicas dependerá del modo de diseminación/dispersión, las condiciones meteorológicas, el nivel de protección de que dispone el objetivo y las propiedades físico-químicas del agente utilizado.

El *modo de diseminación* es crucial para las armas químicas. A menos que las sustancias tóxicas sean distribuidas eficientemente sobre el blanco, su impacto directo será probablemente insignificante. Generalmente, las sustancias tóxicas serán dispersadas en forma de aerosol o de líquido. En ataques lejos del objetivo, en los que se espera que la sustancia recorra una determinada distancia antes de dar en el blanco, se emplearán aerosoles compuestos de partículas menores de 10 micras de diámetro. De esta forma, los aerosoles podrán ser arrastrados por el viento y penetrar en el sistema respiratorio. Cuando se usan aerosoles es importante obtener el tamaño de partícula correcto, de modo que sí el tamaño es demasiado grande, las gotas se depositaran en la superficie antes de llegar al objetivo o serán bloqueadas por las defensas naturales del aparato respiratorio. Por el contrario, sí las partículas son demasiado pequeñas, se dispersarán rápidamente sin llegar a producir el efecto deseado. Sólo las partículas de 1 a 5 micras serán las que provoquen un daño al entrar en los alvéolos pulmonares. Por el contrario, para ataques directos sobre el blanco, cuando la sustancia cae directamente sobre él, lo que se utilizará serán líquidos compuestos de partículas de por lo menos 70 micras de diámetro. Los líquidos en esta forma son útiles cuando lo que se busca es un efecto percutáneo. En este caso, también es esencial obtener el tamaño de partícula correcto para que el ataque sea efectivo, de forma que las partículas muy pequeñas serán arrastradas por el viento y no alcanzarán el objetivo, y las partículas muy grandes no penetrarán la piel.

EFECTOS DE LOS FACTORES AMBIENTALES EN LA DISPERSIÓN DE LOS AGENTES QUÍMICOS	
INFLUENCIA DEL CLIMA EN LA DISPERSIÓN DE NUBES CONTAMINADAS	*INFLUENCIA DEL CLIMA EN LA DISPERSIÓN DE CONTAMINACIÓN DEL SUELO*
Factores que **disminuyen** el peligro de formación de una nube con agentes de guerra química en forma de aerosol: - Dirección del viento variable. - Velocidad del viento. - Aire inestable (turbulencias) - Precipitación - Temperatura	Factores que **disminuyen** el peligro de que se produzca la contaminación del suelo: - Temperaturas del suelo altas. - Velocidad del viento alta. - Aire inestable. - Precipitación copiosa
Factores que **incrementan** el peligro de formación de una nube con agentes de guerra química en forma de aerosol: - Dirección del viento estable. - Velocidad del viento < 3 m/sg - Temperatura >20ºC. - Humedad alta. - No precipitación	Factores que **incrementan** el peligro de que se produzca la contaminación del suelo: - Temperatura por debajo de los 0 ºC. - Baja velocidad del viento. - Aire estable. - Lluvia muy ligera.

FUENTE: Unidad sueca de Investigación en Defensa Nacional (FOI), Briefing Book on Chemical Weapons, 1992

Las *condiciones meteorológicas* determinan el existo o fracaso de un ataque con armas químicas. Las nubes de agresivos químicos pueden verse afectadas por la **temperatura del aire** (a temperaturas altas se produce la evaporación de las partículas, disminuyendo su tamaño e incrementando su probabilidad de ser inhalado y, por tanto, afectando a los pulmones) y la **humedad** (a humedades relativas altas se podría producir un aumento en el tamaño de de partículas de aerosol, y por tanto disminuir la cantidad de aerosol inhalado). Por otra parte, la combinación de altas temperaturas y alta humedad induce al incremento de la transpiración, lo que podría

intensificar los efectos cutáneos de los agentes mostazas y acelerar el traspaso de agentes nerviosos a través de la piel. Otros factores a considerar son la **lluvia** (en forma ligera, dispersa y propaga al agente químico, sin embargo la lluvia copiosa arrastra los agentes líquidos), la **dirección** y **velocidad del viento** (cruciales para el éxito de un ataque, con vientos a alturas elevadas, los líquidos, vapores y aerosoles se dispersan rápidamente, reduciendo el efecto de los mismos en el área blanco y el tiempo de exposición de los agentes. Por otro lado, con vientos fuertes se necesitan grandes cantidades de agente químico para que el ataque sea efectivo). Por último, la **naturaleza del suelo** juega un papel importante en la persistencia del agente químico e influirá en el grado en el que el mismo penetre o permanezca en la superficie. Así por ejemplo, la persistencia en un suelo arenoso es tres veces mayor que en un suelo arcilloso.

Por último, señalar que el *nivel de protección* de que disponga el objetivo también será determinante en el efecto de las armas químicas. Si no existe protección, éstas pueden tener efectos devastadores. Sin embargo, la detección a tiempo y la dotación de equipos de protección individual y colectiva adecuados consiguen invalidarlas en gran medida.

3.3. Clasificación de Agentes de Guerra Químicos

Los agentes de guerra química pueden clasificarse en función de:

- Su *persistencia*: Los agentes de guerra química persistentes serán aquellos agentes poco volátiles que provocan la contaminación duradera del terreno, material o instalación. Y sin embargo, los agentes no persistentes serán aquellos que tienen una volatilidad muy alta y por tanto pasan rápidamente al estado de vapor y se dispersan muy deprisa en la atmósfera.
- De los *efectos fisiológicos* que producen en los organismos vivos. Pudiendo ser letales o incapacitantes. Los agentes letales están diseñados para causar bajas en condiciones de batalla, aunque a dosis subletales pueden causar incapacidades físicas, psíquicas o neutralizar al enemigo (agentes estornudógenos, lacrimógenos, etc.).
    - Agentes Letales:
        - Neumotóxicos o Sofocantes.
        - Vesicantes.
        - Nerviosos o neurotóxicos.
        - Hemorrágicos o cianogénicos.

- Agentes Incapacitantes:
  - Físicos. Provocan incapacidad física.
  - Psíquicos. Trastornos mentales
  - Neutralizantes. Sus efectos desaparecen una vez que se deja de estar expuestos a ellos.

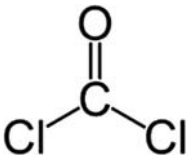
A continuación se describen los principales agentes químicos que han sido o pueden ser utilizados como armas químicas.

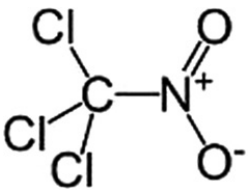
3.3.1. Agentes Neumotóxicos o Sofocantes

Sustancias que causan daño físico a los pulmones. La exposición es a través de la inhalación, y en los casos más graves las membranas se hinchan y los pulmones se llenan de líquido (edema pulmonar). La muerte es por falta de oxigeno. El Cloro, Fosgeno (CG), Difosgeno (DP) y Cloropicrina (PS) son los principales agentes sofocantes empleados que se caracterizan porque sus síntomas no aparecen hasta varias horas tras su exposición.

A continuación se describen las características principales de los agentes mencionados anteriormente.

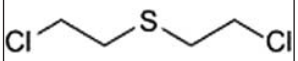
Cloro (Cl)	
Descripción	A temperatura ordinaria, es un gas amarillo verdoso que puede licuarse fácilmente bajo una presión de 6,8 atmósferas a 20 °C. En forma de gas tiene un olor irritante, y muy concentrado es peligroso; fue la primera sustancia utilizada como gas venenoso en la Primera Guerra Mundial. Raramente se emplean como arma, pero puede ser resultado de accidentes industriales o actividades militares destructivas. Este halógeno forma numerosas sales y se obtiene a partir de sus cloruros. Se combina fácilmente con la mayor parte de los elementos. Es ligeramente soluble en agua (unos 6,5 g de cloro por litro de agua a 25 ºC), formando ácido hipocloroso en parte. Se emplea para potabilizar el agua de consumo, pero también se usa como oxidante, blanqueante y desinfectante.
Exposición	Principalmente a través de la inhalación y contacto. El cloro gaseoso es irritante y corrosivo para las vías respiratorias, los ojos y la piel. Los efectos dependen de la cantidad a la que se expone y de la duración de la exposición. Su dosis letal es de 3000 LCt50.
Síntomas	La exposición a bajas concentraciones de cloro gaseoso (1 a 10 ppm) puede producir dolor de garganta, tos e irritación en ojos y piel. La exposición a niveles más altos produce quemaduras, respiración rápida, estrechamiento de los bronquios, jadeo, coloración azul de la piel, acumulación de líquido en los pulmones y dolor en ese área. La exposición a niveles aun más altos puede producir quemaduras graves en los ojos y la piel, colapso pulmonar y la muerte. Una concentración de 2,5 mg/l en el aire causa la muerte en pocos minutos. Se puede detectar por el olor a concentraciones que no son peligrosas. En ocasiones, se produce una reacción inflamatoria al cloro. Esta condición es conocida como Síndrome de Malfuncionamiento Reactivo de las Vías Respiratorias (RADS, por las siglas en inglés), que es un tipo de asma causado por ciertas sustancias irritantes o corrosivas. Por otro lado, si el cloro líquido entra en contacto con la piel, se puede producir congelación de la misma. La ingestión de algún producto que contiene hipoclorito de sodio, puede producir cloro gaseoso corrosivo en el estómago y causar graves lesiones.
Tratamiento	Es inespecífico. Recientemente se ha visto la utilidad de la administración de aerosoles de bicarbonato sódico para evitar el daño pulmonar, y de este modo se reducen las estancias y el número de hospitalizaciones.
Estabilidad / Persistencia	La duración de la efectividad es corta, y el rango de hidrólisis es bajo.
Descontaminación	Solución DS2 o agua con soluciones alcalinas (sosa cáustica o bicarbonato cáustico).

Fosgeno (CG)		
Descripción	El fosgeno o dicloruro de carbonilo es un gas incoloro, no inflamable, que huele a heno recién cortado. Es un gas a temperatura ambiente, sin embargo algunas veces se almacena en forma de líquido bajo presión o refrigeración. Más del 80% de las víctimas de la I Guerra Mundial fueron bajas causadas por el fosgeno.	
Exposición	La principal vía de entrada es la inhalación y su principal objetivo es el pulmón. El daño pulmonar es directamente proporcional al grado de concentración y al tiempo de exposición a este agente. La dosis letal de fosgeno es de 3.200 LCt50.	
Síntomas	A concentraciones superiores a 3 ppm, los síntomas son ardor y lagrimeo de los ojos, dolor o molestia de garganta, tos seca y opresión torácica. Estos síntomas son únicamente una guía aproximada de la posibilidad de lesiones pulmonares más importantes. Las exposiciones a 2 ppm durante 80 minutos no causan ninguna irritación pero repercuten en edema pulmonar a las 12-16 horas posteriores. A concentraciones altas, se pierde el sentido del olfato y, por tanto, la capacidad para evaluar el peligro. Cuando la concentración es superior se produce eritema de las membranas mucosas oral y faríngea. Y por encima de 200 ppm, el fosgeno atraviesa la barrera sangre-aire y causa hemólisis en los capilares pulmonares, congestión por fragmentos de eritrocitos y obstrucción de la circulación capilar. La muerte se presenta en unos pocos minutos. La mayoría de los sobrevivientes a la exposición aguda tienen buen pronóstico, pero la disnea y la actividad física reducida pueden persistir para el resto de su vida en algunos pacientes. El contacto con fosgeno líquido puede causar lesiones o ampollas en la piel.	
Tratamiento	La piel y los ojos se deben lavar con agua corriente durante 15-20 minutos. Hay que tener en cuenta que normalmente la irritación precede al edema pulmonar, pero no siempre.	
Estabilidad / Persistencia	La duración de su efectividad es corta. El fosgeno es muy persistente en la atmósfera, se estima que su vida media en la misma es de 113 años a nivel del mar. Su persistencia se debe a que no absorbe la luz UV por lo que no sufre fotolisis en la troposfera, aunque se cree que debe fotolisarse a altitudes superiores. Sin embargo, la lluvia y la vegetación abundante afectan a su eficacia porque favorecen su hidrólisis.	
Descontaminación	Solución DS2 o agua con soluciones alcalinas (sosa cáustica o bicarbonato cáustico).	

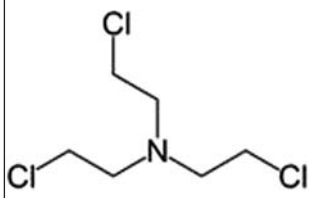
Cloropicrina (PS)		
Descripción	La Cloropicrina o Tricloronitro-metano es un gas lacrimógeno y un irritante pulmonar. Es un líquido oleoso, incoloro o verde-amarillento a temperatura ambiente. No se quema pero se descompone a altas temperaturas y con la exposición a la luz formando gases tóxicos como fosgeno, cloruro de hidrógeno, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono. Para fines de guerra química, la Cloropicrina se ha utilizado como agente letal, de hostigamiento y de entrenamiento.	
Exposición	Principalmente a través de la inhalación, pero también por contacto e incluso por ingestión. Su dosis letal es de 20.000 LCt50.	
Síntomas	Irritación de ojos, nariz y garganta que provocan lagrimeo y tos. Otros síntomas incluyen vértigo, fatiga, dolor de cabeza. Por contacto, las concentraciones de 0,3–1,35 ppm provocan irritación dolorosa de los ojos en 3–30 segundos, según la susceptibilidad del individuo. La inhalación de una concentración de 4 ppm durante unos segundos causa torpeza y de 15 ppm, durante el mismo periodo de tiempo, causa lesión en el tracto respiratorio. Las concentraciones de 15 ppm no se pueden tolerar por más de 1 minuto, aún en individuos acostumbrados a la Cloropicrina. Y la ingestión produce náuseas, vómito, cólicos y diarrea. Y la inhalación causa anemia en algunos individuos. Una exposición de 30 minutos a una concentración de 119 ppm y una exposición de 10 minutos a 297,6 ppm conllevan a la muerte del individuo expuesto. Concentraciones mayores son letales después de periodos de exposición más cortos. El umbral de olor de la Cloropicrina es de 1,1 ppm, por encima del cual causa irritación ocular. Las concentraciones de 1 a 3 ppm causan lagrimeo. Se puede presentar daño pulmonar importante que conduzca a edema pulmonar y lesión de las vías aéreas.	
Tratamiento	En caso de contaminación cutánea, se deben lavar las áreas afectadas con jabón y agua tibia. Puede ser necesario lavar durante 20 a 30 minutos y se debe retirar cualquier ropa contaminada. Si hay contacto con los ojos, se deben lavar repetidamente con agua tibia durante más de 20 minutos. Si se ha ingerido, no se debe inducir vómito, sino animar al paciente a que tome agua o líquidos. Se puede retardar el edema después de la inhalación pero debe ser detectable a las 48 horas. La presión positiva de las vías aéreas ayudará a la respiración. Se debe administrar oxígeno si el paciente se encuentra hipóxico o cianótico y líquidos si el paciente se encuentra hipotenso.	
Estabilidad / Persistencia	Poco persistente.	
Descontaminación	Solución DS2 o agua con soluciones alcalinas (sosa cáustica o bicarbonato cáustico).	

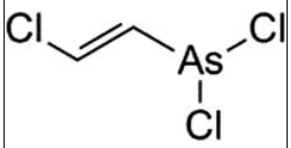
3.3.2. Agentes Vesicantes

Sustancias que causan quemaduras profundas en la piel que pueden destruir los tejidos internos. La exposición puede ser por contacto de líquido o vapor con cualquier tejido expuesto (ojos, piel o pulmones). Se tratan de sustancias alquilantes que reaccionan con las bases nitrogenas del ADN/ARN. Los principales agentes vesicantes son: Mostaza Azufrada o Iperita (HD), Mostaza Nitrogenada (HN) y Lewisita (L).

Gas Mostaza (HD)		
Descripción	También conocida como mostaza azufrada, Iperita o sulfuro bis (2-cloroetil). Es un líquido oleoso incoloro o color ámbar, de reacción neutra. A concentraciones altas, tiene un olor picante que se parece al del rábano, ajo o cebolla. Ligeramente soluble en agua, pero se puede disolver en solventes orgánicos y grasa. Cuando se disuelve en agua, primero se hidroliza y luego se oxida dando como resultado sulfóxido y sulfona, productos menos tóxicos. La hidrólisis del gas mostaza produce ácido clorhídrico y tioglicoles o tioeters. Y su combustión da lugar a ácido clorhídrico y óxidos de sulfuro. El ácido clorhídrico es altamente tóxico, produciendo la destrucción de los tejidos internos.	
Exposición	Por inhalación y contacto con la piel y ojos. El efecto en la piel se inicia tras una exposición de 10 minutos a concentraciones de 15 ppm y en los ojos con concentraciones de 3 ppm tras 10 minutos de exposición. La dosis letal por inhalación es de 1500 LCt50 y por contacto con la piel es de 4500 LD50.	
Síntomas	Los síntomas se desarrollan gradualmente después de un intervalo de varias horas, dependiendo de la forma de exposición y la temperatura ambiente. Los primeros síntomas definidos se presentan en los ojos, en un periodo de entre 30 minutos y 3 horas tras la exposición, apareciendo una conjuntivitis aguda, con dolor, lagrimeo, blefaro-espasmo y fotofobia. A continuación, se produce un aumento de las secreciones nasales, estornudos, dolor de garganta, tos y ronquera. Tras 4-16 horas de exposición, los síntomas anteriores se acentúan y aparecen nauseas, arcadas y vómitos asociados con dolores epigástricos. En casos graves, los síntomas anteriores pueden llegar a ser intensos y prolongados. Durante este periodo, la piel comienza a enrojecerse y a picar formándose un eritema. Con exposición grave o moderada pueden formarse ampollas amarillentas, que cuando se revientan provocan erosiones y pérdida del grosor total de la piel y ulceración. Las ampollas curan en 2 o 3 semanas y las erosiones de la piel en 6-12 semanas dejando una cicatriz hipersensible al trauma mecánico. Transcurridas 24 horas, todos estos síntomas pueden verse incrementados en intensidad. En los casos graves, la inflamación del tracto respiratorio superior e inferior se hace visible durante el segundo día. La expectoración se vuelve abundante y muco-purulenta, en ocasiones puede derivar en bronconeumonía, con muerte en cualquier momento entre el segundo día y la cuarta semana. La recuperación es lenta y la expectoración y la tos pueden persistir por varias semanas.	

Tratamiento	No existe ningún antídoto, sólo tratamiento sintomático. Los eritemas de la piel se tratan con solución de calamita, las ampollas de pequeño tamaño se dejan intactas y las de gran tamaño se rompen con mucho cuidado y la zona se trata 3 o 4 veces al día con solución salina estéril y antibiótico.
Estabilidad / Persistencia	El gas mostaza puede ser muy persistente en el ambiente, según la temperatura, siendo realmente peligroso a temperaturas inferiores a 0ºC, pudiendo permanecer en el suelo durante años si las condiciones son adecuadas. Las superficies pintadas pueden absorber este gas por un tiempo y liberarlo después.
Descontaminación	Solución de lejía, solución DS2 o polvos absorbentes neutros (tierra de batán, diatomeas, etc.).

Mostaza Nitrogenada (HN)		
Descripción	Los vesicantes nitrogenados pueden encontrarse en forma líquida o sólida. Los agentes sólidos no son utilizados en el marco militar. Los agentes líquidos pueden ser desde incoloros hasta de color amarillo oleoso. Este tipo de vesicantes pueden ser inodoros, tener olor a pescado o a humedad a bajas concentraciones, y a altas concentraciones puede tener olor afrutado. Algunas de las mostazas nitrogenadas que pueden ser utilizadas como agente de guerra químicos son: 2-cloro-etil-amina (HN3), 2-cloro-etil-metil-amina (HN2) o 2 cloro-etil-etil-amina (HN1). La hidrólisis de la mostaza nitrogenada genera ácido clorhídrico y etanol-amina y por combustión se genera ácido clorhídrico y óxidos de nitrógeno.	
Exposición	A través de la inhalación, por contacto con piel y ojos o incluso por ingestión accidental. La dosis letal por inhalación es de 1500 LCt50 y por contacto es de 4500 LD50.	
Síntomas	La exposición leve a vapor no produce lesiones de piel. Existe un periodo de latencia asintomático de 4 a 24 horas al que le sigue inflamación y rojez de la piel que antecede a la aparición de las vesículas. El efecto en los ojos, que aparece inmediatamente, incluye irritación, lagrimeo, sensibilidad a la luz e incluso inflamación. Grandes cantidades de vapor causan hinchazón de los parpados y el dolor de los ojos puede causar espasmos y en ocasiones ceguera total. Los síntomas por ingestión varían en función de la cantidad ingerida e incluye irritación nasal, garganta abrasiva, laringitis y sensación de ahogo.	
Tratamiento	No existe ningún antídoto contra la mostaza nitrogenada. El tratamiento es sintomático y es vital la descontaminación inmediata del individuo.	
Estabilidad / Persistencia	Su eficiencia depende de la munición usada y de las condiciones climáticas. Son los vesicantes más persistentes bajo condiciones apropiadas, pudiendo mantenerse en el suelo durante años. Este tipo de agentes tienen mayor densidad que el aire y tienden a depositarse en lugares bajos. En forma líquida persisten durante 2 días e incluso durante más de una semana en condiciones de baja temperatura, y pueden ser absorbidos por materiales porosos, incluyendo las superficies pintadas, pudiendo dispersar vapor incluso después de que la exposición haya cesado. La solubilidad en agua se encuentra en un rango que va desde solubilidad moderada a insoluble. La densidad líquida de esos agentes es mayor que la del agua.	
Descontaminación	El método de descontaminación a seguir es el mismo que para el gas mostaza	

Lewisita		
Descripción	También se la conoce como 2-clorovinildicloroarsina. Es un líquido oleoso incoloro que se congela a -18ºC e hierve a 190ºC. Prácticamente insoluble en agua pero soluble libremente en solvente orgánicos. Se hidroliza rápidamente cuando se mezcla con agua o se disuelve en soluciones alcalinas acuosas como la solución del hipoclorito de sodio. Tiene olor a geranios. La hidrólisis de este compuesto da lugar a ácido clorhídrico y a óxidos y sales de arsénico, algunos de los cuales pueden tener propiedades típicas de los agentes vesicantes. Su combustión también genera ácido clorhídrico y óxidos de arsénico.	
Exposición	Por inhalación o por contacto con la piel. Es aproximadamente 7 veces menos persistente que el gas mostaza. La dosis letal por inhalación es de 1300 LCt50 y por contacto es de 4500 LD50.	
Síntomas	Aun teniendo un periodo de latencia más corto que el gas mostaza, los síntomas son muy similares, comienza con irritación ocular inmediata y blefaroespasmo, seguidos rápidamente por tos, estornudos, lagrimeo y vómito. En concentraciones de 0.005 a 0.1 mg/cm2 produce eritema, a 0.2 mg/cm2 produce vesículas y una exposición de 15 minutos a una concentración de vapor de 10 mg/m3 produce conjuntivitis. En la piel, aparece una sensación de quemadura, eritema y ampollas que a las pocas horas son dolorosas y que alcanzan su tamaño máximo a los 4 días. Las lesiones oculares pueden ser serias e incluso llegar a ceguera si no se produce una rápida descontaminación. Los síntomas por inhalación comienzan con respiración difícil seguida, en casos graves, de formación de pseudomembranas y edema pulmonar. La toxicidad hepática y la sistémica por arsénico pueden aparecer después de una gran contaminación cutánea.	
Tratamiento	El tratamiento con Dimercaprol es el tratamiento estándar para la intoxicación con compuestos arsénicos ya que actúa como quelante y está disponible en inyecciones intramusculares, pomadas y gotas para los ojos. Las dosis intramusculares están limitadas debido a su toxicidad sistémica. Actualmente, existen dos análogos solubles en agua de este compuesto, el ácido meso-2,3-dimercaptosuccínico (DMSA) y el ácido 2,3-dimercapto-1-propanosulfónico (DMPS), menos tóxicos y administrables oralmente o vía endovenosa. Al igual que con el gas mostaza, se puede detectar Lewisita unido a hemoglobina y en orina hasta 12 horas después de la exposición.	
Estabilidad / Persistencia	Estos agentes son menos persistentes que las mostazas debido a que los vapores reaccionan rápidamente a humedades altas, perdiendo la mayoría de sus propiedades vesicantes. La solubilidad limitada reduce la hidrólisis de agentes líquidos.	
Descontaminación	La forma de actuación para su descontaminación es la misma que para otros agentes vesicantes.	

3.3.3. Agentes Nerviosos o Neurotóxicos

Son sustancias organofosforadas que actúan en el Sistema Nervioso Central bloqueando la acción de la Acetilcolinesteresa, enzima responsable del impulso nervioso. En condiciones normales son líquidos incoloros y su potencial como arma se basa en el átomo de fósforo, cuyos enlaces son fácilmente hidrolizados por compuestos como el agua o iones álcali.

Hay dos familias de gases nerviosos que se utilizan principalmente para fines militares, la serie G, que son esteres de alquilo del ácido metilfosfonofluorídico o del ácido dialquilfosforamidocianídico, y la serie V, que son principalmente ésteres de alquilo del ácido S-dialquilaminoetilmetilfosfonotiólico. Los agentes de la serie G están diseñados para que actúen por inhalación, mientras que los V actúan principalmente a través de la piel y de inhalación de aerosoles.

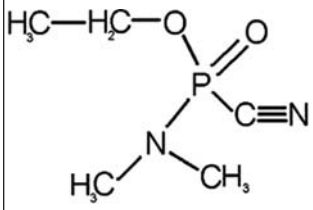
Los agentes nerviosos cuando se liberan al aire, son degradados por las sustancias que se encuentran en el aire, pudiendo persistir unos pocos días. En agua y suelo húmedo son rápidamente hidrolizados y sólo pequeñas cantidades se evaporarán. A través del suelo pueden contaminar el agua subterránea pero nunca se acumulan en la cadena alimentaría.

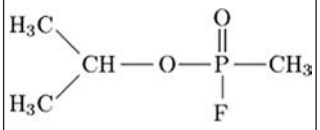
3.3.3.1. Agentes nerviosos serie G

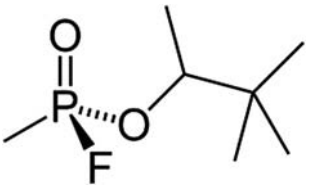
Los científicos alemanes fueron los primeros que sintetizaron los agentes de esta serie, el primero fue el Tabún (1936) a continuación descubrieron el Sarín (1938), seguido del Somán (1944) y por último el Cyclosarin (1949). Los síntomas que delatan su acción son: pupilas pequeñas, cefalea extrema, severa opresión del pecho, disnea, rinorrea, tos, salivación e insensibilidad.

Todos los agentes nerviosos de la serie G comparten un gran número de propiedades físicas y químicas. A temperatura ambiente, son líquidos volátiles, suponiendo un riesgo serio por inhalación o contacto. El Sarín es el más volátil y se evapora a la misma frecuencia que el agua, y el Somán es el segundo agente más volátil. Los vapores de estos agentes son más densos que el aire, haciéndolos particularmente peligrosos en áreas bajas.

Son solubles en agua y grasa, por lo que se absorben rápidamente a través de los ojos, tracto respiratorio y piel.

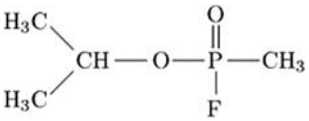
Tabún (GA)		
Descripción	El Tabún o dimetilamino-cianofosfato de etilo no se encuentra de forma natural en el medioambiente. Es un líquido claro, incoloro e insípido que tiene un ligero olor a frutas. Actualmente se considera poco efectivo y es poco usado como agente de guerra. Es barato y fácil de producir. El Tabún se descompone lentamente en el cuerpo, lo que significa que las exposiciones repetidas a Tabún o a otros agentes nerviosos pueden tener un efecto acumulativo. Los precursores clave del tabún son el Dietil-N,N-dimetilfosforamidato, el N,N-dimetilamidofosforildicloro, y, en general, el fosfórico, oxicloruro y la dimetilamina.	
Exposición	La exposición a Tabún en forma de vapor o aerosol puede ser a través del contacto con la piel y con los ojos o a través de la inhalación de los vapores. El Tabún se disuelve fácilmente en agua, de forma que puede ser utilizado para contaminar el agua y los alimentos, por lo que también es posible la exposición por ingestión. La dosis letal por inhalación es de 400 LCt50 y por contacto es de 1000 LD50.	
Síntomas	Los síntomas varían en función de la cantidad de agente al que se está expuesto. A una exposición débil del Tabún, en fase de vapor, los síntomas aparecen a los pocos minutos y son miosis, rinorrea y dificultad respiratoria. A niveles altos se pierde la consciencia de forma repentina, se producen convulsiones, apnea, náuseas, parálisis flácida y secreciones abundantes. Los síntomas por exposición moderada del Tabún en forma líquida en la piel aparecen desde los primeros minutos hasta 18 horas tras la exposición y provocan sudoración localizada, náuseas, vómitos, debilidad. La exposición continuada a este gas, ya sea en fase de vapor o en fase líquida, genera perdida de la consciencia de forma repentina, convulsiones, apnea, parálisis flácida y secreciones abundantes.	
Tratamiento	Se usa Atropina y Cloruro de Pralidoxima, que desplaza la acción del gas nervioso. En casos graves, hay que administrar Diazepam (anticonvulsivo), ventilación y aspiración por vías respiratorias.	
Estabilidad / Persistencia	Se trata de un gas altamente volátil.	
Descontaminación	El método que se utiliza para su neutralización es la disolución en agua o en medios de pH neutro, esta reacción es acelerada por los iones Álcali, transformando el tabún en ácido fosfórico, que no es tóxico. Se suele utilizar hipoclorito y grandes cantidades de agua o soluciones comerciales como el M291 o M258A1.	

Sarín (GB)		
Descripción	El Sarín o O-isopropil metilfosfonofluoridato fue desarrollado originalmente como pesticida en 1938. Se trata de un líquido claro, incoloro e insípido que no tiene olor en su forma pura. Puede volatilizarse y propagarse al Medioambiente.	
Exposición	Por inhalación o por contacto con la piel y los ojos. La dosis letal por inhalación es de 100 LCt50 y por contacto es de 1700 LD50.	
Síntomas	Los síntomas se presentan en cuestión de segundos al haber estado expuesto al agente en forma de vapor y en cuestión de minutos o hasta 18 horas después de una exposición a la forma líquida. Una sola gota de este agente en forma líquida puede causar sudoración y contracción muscular de la zona afectada. Los síntomas que aparecen ante una exposición a este tipo de agente nervioso son los mismos que para el Tabún. A dosis leves o moderadas se produce dolor de cabeza, mucosidad, exceso de salivación, pupilas indicativas, dificultad para respirar, presión en el pecho y convulsiones. Las personas que han estado expuestas en forma leve o moderada usualmente se recuperan completamente. Sin embargo, la exposición a dosis elevadas puede ocasionar pérdida de conciencia, convulsiones, parálisis y fallo respiratorio que puede derivar en la mayoría de los casos a la muerte de la persona afectada.	
Tratamiento	El primer paso a seguir consiste en retirar el Sarín del cuerpo tan pronto como sea posible y ofrecer atención médica de apoyo en una instalación hospitalaria. Posteriormente, el tratamiento consiste en la administración rápida de agentes reversibles de la Anticolinestera, es decir, agentes anticolinérgicos y anticonvulsivos como la Atropina y el Diazepam.	
Estabilidad / Persistencia	Es el agente nervioso más volátil debido a que puede pasar rápidamente de líquido a vapor. De esta forma, las personas pueden exponerse al vapor sin haber entrado en contacto con la forma líquida del Sarín. Por su rápida evaporación supone una amenaza inmediata pero de corta duración.	
Descontaminación	Mediante el lavado rápido y exhaustivo de la piel con agua y jabón. Este lavado deberá durar entre 5 y 10 minutos.	

Somán (GD)		
Descripción	El Somán o O-1,2,2-trimetilpropil metilfosfonofluoridato es un líquido claro, incoloro y sin sabor que tiene un leve olor a alcanfor o a fruta podrida. Fue desarrollado originalmente como insecticida por los alemanes en 1944.	
Exposición	Si se produce la liberación de Somán en el aire, las personas pueden estar expuestas por medio del contacto con la piel y los ojos o por la inhalación de los vapores. Se trata de un compuesto que se disuelve fácilmente en el agua por lo que se puede utilizar para contaminar agua y alimentos. La dosis letal por inhalación es de 70 LCt50 y por contacto es de 50 LD50.	
Síntomas	Los síntomas se presentan en cuestión de segundos al haber estado expuesto al agente en forma de vapor y en cuestión de minutos o 18 horas después de una exposición a la forma líquida. Una sola gota de este agente en forma líquida puede causar sudoración y contracción muscular de la zona afectada. Los síntomas que aparecen ante una exposición a este tipo de agente nervioso son los mismos que para el tabún. Las personas que han estado expuestas a dosis bajas o moderadas de somán por inhalación, ingestión o contacto con la piel pueden experimentar alguno o todos los síntomas siguientes en un período de segundos a horas después de la exposición: moqueo, lagrimeo, pupilas pequeñas, dolor en los ojos, visión borrosa, salivación y sudor excesivo, tos, presión en el pecho. Las personas que han estado expuestas en forma leve o moderada usualmente se recuperan completamente. La exposición a dosis elevadas de Somán puede ocasionar pérdida de conciencia, convulsiones, parálisis y fallo respiratorio que puede derivar en la mayoría de los casos a la muerte de la persona afectada.	
Tratamiento	El primer paso a seguir consiste en retirar el Somán del cuerpo tan pronto como sea posible y ofrecer atención médica de apoyo en una instalación hospitalaria. Posteriormente, el tratamiento consiste en la administración rápida de Atropina y Diazepam.	
Estabilidad / Persistencia	El Somán es un agente muy volátil, por lo que presenta una amenaza inmediata pero de corta duración, no permaneciendo por largo tiempo en el ambiente. La ropa contaminada con Somán o cualquier agente nervioso puede continuar liberando el agente durante los 30 minutos siguientes después de haberse contaminado. Sin embargo, el Somán en forma de vapor es más pesado que el aire, por lo que se expande a las áreas más bajas creando mayor peligro en estos lugares.	
Descontaminación	Mediante el lavado rápido y exhaustivo de la piel con agua y jabón. La ducha es un buen método. Este lavado deberá durar entre 5 y 10 minutos.	

3.3.3.2. Agentes nerviosos serie V

Los agentes V son principalmente ésteres de alquilo del ácido S-dialkilaminoetilmetilfosfonotiólico y actúan principalmente a través de la penetración de la piel y de la inhalación de aerosoles.
En esta categoría se encuentra el VX.

VX		
Descripción	El VX, también conocido como O-etil S-2-(diisopropilamino) etil metiltiofosfonotiolato, fue desarrollado originalmente en Reino Unido a principios de 1950. Es un líquido oleoso, sin olor, ni sabor, de color ámbar, que tarda mucho en evaporarse.	
Exposición	Por inhalación o por contacto con la piel y los ojos. La dosis letal por inhalación es de 50 LCt50 y por contacto es de 10 LD50.	
Síntomas	Los efectos discapacitantes aparecen rápidamente, dentro de los primeros 10 minutos tras la exposición, y los efectos letales ocurren entre las 4 y 42 horas tras la exposición. Una sola gota de este agente en forma líquida puede causar sudoración y contracción muscular de la zona afectada. A dosis leves o moderadas se producen calambres musculares difusos, rinorrea, disnea, dolor ocular, visión borrosa y sudoración. La exposición a dosis elevadas provoca los síntomas anteriores más pérdida brusca de conciencia, convulsiones, parálisis flácida y fallo respiratorio que puede derivar en la mayoría de los casos a la muerte de la persona afectada.	
Tratamiento	La exposición con este tipo de agentes se debe tratar con anticolinérgicos como la atropina, anticonvulsivos como el Diazepam y con activadores de la acetilcolinesterasa, como la Pralidoxima.	
Estabilidad / Persistencia	A pesar de que el VX no se disuelve en el agua tan fácilmente como lo hacen otros agentes nerviosos, también puede ser liberado de esa forma. El mayor riesgo de exposición es en forma líquida, pero si se calienta a altas temperaturas, pequeñas cantidades pueden transformarse en gas.	
Descontaminación	Lavado exhaustivo de la piel con agua y jabón.	

3.3.4. Agentes sanguíneos

Los agentes sanguíneos son sustancias que provocan daños en el hombre por interferencia en la respiración celular (intercambio de oxígeno y dióxido de carbono entre la sangre y los tejidos). El Cianuro de Hidrógeno (AC) y el Cloruro de Cianógeno (CK) son dos agentes sanguíneos utilizados como armas químicas. Los síntomas más relevantes causados por los mismos son: dolor al respirar, cefalea, insensibilidad, ataque y coma.

Cianuro de Hidrogeno (AC)	
Descripción	El cianuro de hidrógeno (HCN), también conocido como ácido cianhídrico o con el término militar AC es un gas incoloro que bajo el nombre de Zyklon B se utilizó como agente genocida en la II Guerra Mundial por los alemanes, y según varios informes posiblemente fue utilizado, junto con otros agentes químicos, contra los habitantes de la ciudad kurda de Halabja, al noreste de Irak, durante la guerra Irán-Irak en la década de los 80. Es un agente letal de acción rápida que inhibe la respiración aerobia a nivel celular, mediante la inhibición de la Citocromo Oxidasa, impidiendo la utilización del oxígeno y acumulándose ácido láctico en las células, que finalmente mueren de anoxia histotóxica. Su olor, a bajas concentraciones, es similar a almendras amargas o mazapán, lo que facilita su detección. Disponible en la industria química como producto intermedio, se utiliza para producir papel, textiles y plásticos. También presente de forma natural en algunos alimentos y en ciertas plantas como el Cazabe. Se usa como plaguicida, rodenticida y fumigante.
Exposición	La vía de entrada principal es la inhalación y el contacto con la piel.
Síntomas	Los síntomas se inician rápidamente debido a que el gas se absorbe rápidamente desde los pulmones provocando hiperventilación, que aumenta con la dosis inhalada. A dosis bajas, los individuos pueden experimentar disnea, dolor de cabeza y vértigo, notando un sabor metálico en la boca. A concentraciones altas, se produce pérdida de la conciencia, convulsiones y pérdida de reflejo córneo, sobreviniendo la muerte por paro cardiaco o respiratorio.
Tratamiento	El primer paso a seguir es la administración pronta de oxigeno, seguido de antídotos que disocien el ión cianuro de la citocromo oxidasa como por ejemplo Tiosulfato de Sodio, Nitrito de Sodio, el 4-dimetilaminofenol o Cobalto.
Estabilidad / Persistencia	El cianuro de hidrógeno es inestable, altamente volátil y no persistente, que se degrada lentamente en la atmósfera y si se mezcla con agua.
Descontaminación	La descontaminación de la ropa o el equipo no es necesaria debido a su alta volatilidad.

Cloruro de Cianógeno (CK)		
Descripción	El cloruro de cianógeno (ClCN) o CK (término militar) es un gas incoloro de olor acre. Fue el primer agente sanguíneo propuesto por los franceses para su uso como agente de guerra químico.	
Exposición	Vía inhalación, por contacto con la piel y los ojos o ingestión de alimentos o agua contaminada.	
Síntomas	A bajas dosis los síntomas iniciales son debilidad, cefalea, confusión, náuseas, vómitos y rigidez de la mandíbula. Si el cuadro se agrava aparecen convulsiones violentas sin pérdida de conocimiento, tras las que puede presentarse parálisis. Cuando la intoxicación es grave, los síntomas que aparecen son la cianosis, midriasis, bradicardia seguida de taquicardia, aumento de la presión arterial y respiración irregular. La inhalación de altas concentraciones de este compuesto puede derivar en inconsciencia y muerte por parálisis respiratoria.	
Tratamiento	Debe considerarse la inmediata administración de oxigeno al 100% y la administración de antídotos que disocien el ión cianuro de la citocromo oxidasa como el kit de cianuro (mezcla de nitratos y fosfatos), edetato dicobáltico o hidroxicobalamina. En caso de ingestión se recomienda un lavado gástrico y la administración de carbón activo.	
Estabilidad / Persistencia	Reacciona con muchos metales en presencia de humedad, liberando hidrógeno, un gas extremadamente inflamable. En contacto con el agua puede formar soluciones acuosas muy tóxicas. Su peligrosidad reside en que se cree que atraviesan los filtros de los cartuchos de las máscaras NBQ.	
Descontaminación	La descontaminación de la ropa o el equipo no es necesaria debido a su alta volatilidad.	

3.3.5. Agentes Incapacitantes

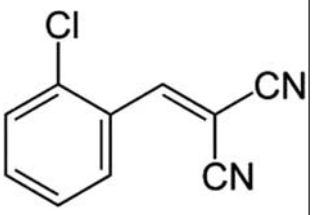
Los agentes incapacitantes son todas aquellas sustancias que provocan incapacidad mental o física temporal. A lo largo de los años se ha intentado clasificar de diferentes formas a los agentes incapacitantes desde el punto de vista militar. Actualmente, la distinción clave reside en la duración de la incapacidad, de modo que se pueden distinguir dos clases de agentes:

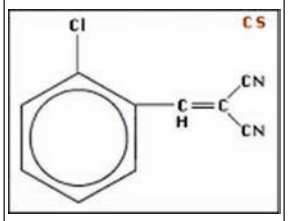
- Los productos químicos que causan invalidez durante algún tiempo mayor al de la exposición, como es el caso de la mayor parte de los agentes irritantes utilizados por la policía para el control de disturbios. A este grupo se le conoce como neutralizantes, «irritantes» o «agentes hostigadores».
- Aquellos productos químicos que causan incapacidad durante un periodo bastante mayor al de la exposición. A este grupo se les conoce comúnmente como «incapacitantes» o «calmantes», este último término es el que se está utilizando actualmente.

En ambas categorías el tiempo de inicio de la incapacidad es también un determinante importante de su utilidad.

3.3.5.1. Agentes neutralizantes

Producen irritación fundamentalmente en los ojos y sistema respiratorio. Los más utilizados militarmente son los gases lacrimógenos CN y CS.

CN		
Descripción	El CN o 2-clororacetofenona es un sólido cristalino blanco con olor similar a las flores del manzano. Se desarrollo a finales de la Primera Guerra Mundial y poco tiempo después era usado ampliamente por las Fuerzas de Seguridad del Estado. Es intensamente irritante para los ojos, las membranas mucosas de la nariz y el tracto respiratorio superior. El CN puede dar lugar a cloruro de hidrogeno por descomposición térmica. Está ampliamente disponible comercialmente como agente antidisturbios o mecanismo de protección personal.	
Exposición	Por inhalación o por contacto con la piel y ojos.	
Síntomas	Puede causar dos efectos: normalmente produce dermatitis irritante, pero también puede producir edema. La exposición a CN aerosolizados provoca síntomas que se desarrollan en dos etapas: primero, enrojecimiento y sensación de ardor en los ojos y la cara, y al día siguiente, aparece un edema (secreción de líquido dentro de los tejidos celulares) con hinchazón de los párpados. La secreción rápidamente forma costras y, si no se administra tratamiento, se puede producir infección. La curación requiere hasta 10 a 15 días de tratamiento. A exposiciones repetidas se pueden producir reacciones alérgicas. Las lesiones pulmonares sólo se presentan en los casos en los que se ha usado CN en espacios muy reducidos, y los síntomas tardan unos días hasta aparecer. Lo normal, es la aparición de edema pulmonar y bronco-espasmo, e incluso puede derivar en la muerte del afectado.	
Tratamiento	El ojo se debe lavar con una solución débil de ácido bórico. La piel contaminada se debe lavar con una solución de carbonato sódico o con abundante agua y jabón. A continuación se pueden utilizar soluciones calmantes como la calamina en la piel lesionada.	
Estabilidad / Persistencia	Poco persistente. En el suelo probablemente la permanencia sea de moderada a alta, aunque no se dispone de datos suficientes para realizar una predicción real. En agua se puede descomponer por fotolisis. Reacciona con radicales de hidroxilo producidos fotoquímicamente y tiene una vida media de 9.2 días en fase de vapor.	
Descontaminación	Mediante una solución de sosa cáustica. Se deben lavar los ojos y la cara inmediatamente con agua abundante. La mayoría de los jabones contienen sustancias oleosas por lo que no deben usarse para lavar el área ya que esta sustancia atrapa al agente en la piel y puede causar una erupción cutánea o quemadura severa. Las ropas afectadas deben cambiarse.	

CS		
Descripción	En su forma pura, el CS o 2-clorobenzalmalononitrilo es un polvo blanco, cristalino, que se asemeja al talco y cuyo olor es algo acre. Como se compone de partículas sólidas, debe ser dispersado en el aire, mezclado con otro agente o en forma de polvo fino. Fue preparado por primera vez en 1928, sin embargo hubo que esperar hasta 1956 para su desarrollo y aplicación civil como agente antidisturbios. En 1960, el CS fue adoptado oficialmente por el ejército de los Estados Unidos como agente antidisturbios. Por descomposición térmica puede dar lugar a fosgeno o cloruro de hidrogeno.	
Exposición	Vía inhalación o por contacto con la piel o los ojos.	
Síntomas	Los síntomas oculares y del tracto respiratorio se presentan muy rápidamente a concentraciones de 4 mg/m3. Los primeros síntomas que aparecen son ardor en ojos, lagrimeo, rinorrea, salivación, blefaroespasmo, inyección de la conjuntiva, estornudos y tos que se desarrollan rápidamente a concentraciones de hostigamiento. La piel expuesta, en particular en las áreas húmedas, comienza a arder y a sentir quemazón después de unos pocos minutos, siguiéndole la aparición de un eritema. Algunos individuos pueden sentir náuseas y vómitos. Cuando se disemina el CS en un solvente transportador, la exposición a este último puede complicar aún más el cuadro clínico, de forma que la irritación de los ojos y de la piel será más persistente. A altas concentraciones puede producirse el síndrome de disfunción reactiva de las vías aéreas (RADS).	
Tratamiento	El tratamiento dependerá de la vía de exposición. Si se dispersa como un polvillo fino, es preferible mantenerlo seco y retirarlo del individuo soplando tanto como sea posible con el uso de un secador de pelo. Cuando la administración es en spray con un solvente se recomienda la irrigación de las áreas afectadas con agua tibia, por lo menos durante 15 minutos. Cualquier partícula depositada en los ojos después de la evaporación del solvente debe lavarse con cantidades abundantes de agua tibia. El contacto breve con agua hidroliza el CS y puede agravar los síntomas de quemadura. Se puede usar agua y jabón para lavar la piel, pero debe ser seguida de irrigación con agua tibia durante 15 minutos. El CS se disuelve rápidamente en una solución de metabisulfito de sodio y tales soluciones se pueden usar para eliminar las partículas sólidas del irritante. Las soluciones salinas o débiles de ácido bórico pueden aliviar los síntomas oculares y las lociones calmantes como la calamina se pueden usar sobre la piel lesionada. Los apósitos húmedos que permiten que haya evaporación, pueden calmar la piel, y se deben cambiar cada 2 a 3 horas. Cualquier infección de la piel se debe tratar con antibióticos.	

Estabilidad / Persistencia	Poco persistente. Existen formulaciones de CS que incrementan su permanencia en el ambiente. Se han desarrollado dos formulaciones en polvo hidrofóbicas y anti-aglomerativas, CS1 y CS2, respectivamente. El CS1 contiene un aerogel de sílice hidrofóbico al 5% y persiste cerca de 2 semanas bajo condiciones normales de clima. El CS2, una forma siliconizada de CS1, tiene mayor resistencia al clima y puede permanecer activo hasta por 48 días. Debido a su persistencia, es posible que estas dos formas de CS se usen en un contexto militar exclusivamente. El polvo de CS, utilizado como antidisturbios, y el polvo derivado de él se puede asentar en el suelo y permanecer activo durante 5 días. En ocasiones la permanencia de trazas de CS supera los 5 días.
Descontaminación	El CS causa un problema grave. Las partículas diseminadas se adhieren a la persona, ropas, muebles o equipos durante largos períodos. Las condiciones húmedas causarán que el olor y el efecto irritante perduren indefinidamente. La descontaminación se logra usando una solución alcalina. Normalmente se emplea para este fin una solución de agua y bisulfito de sodio al 5%.

3.3.5.2. Agentes incapacitantes

El agente incapacitante mejor conocido es el Benzilato de 3-quinuclidinilo (BZ), agente anticolinérgico cuyos efectos psíquicos y fisiológicos pueden persistir durante días.

BZ	
Descripción	El BZ es la sal hidrocloruro del 3-quinuclidinil benzilato. Es un compuesto anticolinérgico similar estructural y farmacológicamente a la Atropina, que afecta tanto el Sistema Autónomo Periférico como al Sistema Nervioso Central. La diferencia con respecto a la atropina es que es 100 veces más potente. El 3-quinuclidinil benzilato se produce comercialmente como un producto intermedio del medicamento bromuro de clidinio.
Exposición	La inhalación es la vía más probable, pero otras posibles vías son la intravenosa, intramuscular y oral. Como aerosol, las partículas que oscilan en un rango de 0,6 a 0,8 µm son más eficaces que las partículas de mayor tamaño. Es posible que se presenten efectos acumulativos tras exposiciones repetidas.
Síntomas	Los síntomas, que aparecen rápidamente y perduran por más de 90 horas, consisten en aumento de la frecuencia cardiaca y de la presión sanguínea, piel y boca seca, midriasis, visión borrosa, ataxia, desorientación y confusión. A concentraciones bajas, los individuos se vuelven más lentos en reaccionar, menos alertas y más somnolientos. A medida que aumenta la dosis, los síntomas se intensifican, deteriorándose la coordinación motora, aumentando la confusión, la aprensión y la inquietud, de forma que se pierde el contacto con la realidad.
Tratamiento	En casos de intoxicaciones leves o moderadas solo se debe realizar una estrecha vigilancia, descender la temperatura corporal y esperar 24-48 horas para la eliminación metabólica de la droga. En casos más graves, se deben administrar agentes parasimpáticomiméticos como la Anticolinesterasa. Se opta por la administración de Fisostigmina, por vía intravenosa, de forma que atraviesa con mayor facilidad la barrera hematoencefálica y suprima las alucinaciones, la excitación y el coma. Si hubiera convulsiones, puede ser conveniente la administración de Diazepam por vía intravenosa.
Estabilidad / Persistencia	Es muy persistente, la aparición de los síntomas se produce a aproximadamente las 4 horas. La hidrólisis de las soluciones de BZ depende del tiempo y del pH. Al incrementar el pH aumenta la tasa de hidrólisis. Un pH alcalino >13, que se obtenga con soluciones al 5% de hidróxido de sodio, origina una hidrólisis rápida. Es probable que el BZ permanezca en el ambiente por algún tiempo. No hay datos disponibles de su vida media sobre el suelo.
Descontaminación	Uso de sustancias detergentes que lavan las superficies contaminadas y que son dispersadas en forma de aerosol o de ducha sobre los individuos o equipos contaminados.

SOPT

SISTEMA DE OBSERVACIÓN Y PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

4. FACTORES A CONSIDERAR EN LA SELECCIÓN DE UN DETECTOR

4. FACTORES A CONSIDERAR EN LA SELECCIÓN DE UN DETECTOR

A la hora de seleccionar un detector hay que tener en cuenta una serie de factores relacionados con la capacidad de detección (selectividad, sensibilidad, límite de detección, tiempo de respuesta, etc.) y con el rendimiento (tiempo de calentamiento, requerimientos de calibración, portabilidad y requerimientos energéticos).

- **SELECTIVIDAD:** Describe la capacidad del detector para responder exclusivamente a los compuestos químicos blanco iguales a los que se encuentran en su librería. Los detectores menos selectivos pueden responder a más compuestos químicos que los selectivos pero sus respuestas no pueden ser atribuidas de forma inmediata a un CWA, TIC o sustancia tóxica específica, lo que te indican es que hay algo, pero no qué es exactamente lo que hay.
- **SENSIBILIDAD:** Mide la capacidad de discriminar entre diferencias pequeñas en la concentración de un analito. Un detector es más sensible cuando se observa un gran cambio en la intensidad de la señal para un cambio pequeño en la concentración.
- **LÍMITE DE DETECCIÓN (LOD):** Es la concentración más baja a la que se puede detectar un analito con un cierto grado de confianza.
- **CAPACIDAD DE ANÁLISIS CUANTITATIVO:** Los sistemas analíticos de laboratorio proporcionan resultados cuantitativos fiables ya que las condiciones de laboratorio pueden ser controladas y las curvas de calibración se obtienen de muestras estándar. Los detectores que se usan en campo son precalibrados en laboratorio asumiendo que su comportamiento es similar a las condiciones de laboratorio. Esto realmente no es así, puesto que el comportamiento del detector puede verse afectada por multitud de factores: temperatura, polvo, humedad, interferentes, etc., de forma que los resultados cuantitativos y cualitativos puedan variar. Afortunadamente, en muchos casos no se requiere de un análisis cuantitativo, y es suficiente con llevar a cabo análisis

cualitativos o semicuantitativos que permitan determinar si el agente que estamos detectando supera los límites a partir de los cuales supone una amenaza.

- **TASA DE FALSAS ALARMAS:** Las falsas alarmas pueden ser positivas o negativas, y ambas han de tenerse en cuenta cuando se toman decisiones a partir de los resultados obtenidos de un detector.
  - Un ***falso positivo*** se produce cuando el equipo da una señal de detección de un agente químico de guerra en la muestra cuando en realidad no está. Este tipo de falsas alarmas pueden deberse a varios factores, dependiendo de la especificidad de las técnicas utilizadas para la detección. La mayoría de los sistemas de detección están diseñados para detectar múltiples compuestos, por lo tanto puede ser necesario otra técnicas de detección diferente para confirmar los resultados y reducir el potencial de falsos positivos. Los laboratorios de referencia deben realizar análisis forenses para verificar de forma inequívoca el uso de un agente de guerra química.
  - Un ***falso negativo*** aparece cuando los equipos no detectan la presencia de agentes químicos de guerra que se encuentran en la muestra. Alguna de las causas por las que se producen falsos negativos son: cambios en las condiciones ambientales, la humedad, presencia de interferentes que enmascaran las capacidades de detección normales, malfuncionamiento del detector debido a una mala calibración o a desviaciones del algoritmo de detección. La frecuencia de falsos negativos tiene grandes implicaciones en campo, donde no detectar la presencia de un agresivo químico puede suponer bajas en la Unidad.
- **TIEMPO DE RESPUESTA:** Tiempo requerido para que se produzca una respuesta frente a un compuesto químico blanco una vez iniciado el ciclo de análisis. El tiempo de respuesta depende de la concentración del compuesto, de forma que a altas concentraciones la respuesta esperable debe ser rápida e inmediata, mientras que a muy bajas concentraciones los tiempos de respuesta son mayores.
- **TIEMPO DE ARRANQUE Y CALENTAMIENTO:** El *tiempo de arranque* es el tiempo necesario para que el detector se ponga en marcha y el *tiempo de calentamiento* es el tiempo requerido para que el detector esté listo para el análisis tras el arranque. Para responder a una situación de emergencia es deseable que el tiempo de arranque y de

calentamiento de un detector sean los más cortos posibles. En detectores portátiles, el tiempo de arranque es normalmente mínimo, sin embargo, sí requiere de un periodo de tiempo de calentamiento para que el detector alcance su estado operacional. Este tiempo puede oscilar entre pocos segundos a media hora o incluso más, dependiendo de las condiciones ambientales y parámetros operacionales.

- **CALIBRACIÓN / VERIFICACIÓN EN APLICACIONES EN CAMPO:** La calibración es el procedimiento de comparación entre lo que indica un instrumento y lo que «debiera indicar» de acuerdo a un patrón de referencia con valor conocido. Para calibrar / verificar la capacidad de un detector químico se usan compuestos químicos no tóxicos conocidos simulantes de los agentes de guerra química. Lo ideal sería utilizar un único simulante para el chequeo, que no requiere de procedimientos complicados de correlación de la calibración antes de cada uso.

Otras características o factores que se tienen en cuenta en la selección de un detector y no otro son: *Dependencia de materiales* (hace referencia a cómo es de dependiente el equipo de los suministros de baterías, compuestos químicos, filtros, etc.), *portabilidad y facilidad de uso* (el detector debe ser extremadamente fácil de desplegar, de pequeño tamaño y que requiera un mínimo de entrenamiento del personal sin que su uso haga necesario personal especializado), autonomía, bajo coste, capacidad de alarma (visual y/o audible), suministro de energía, ambiente operacional, durabilidad, requisitos de entrenamiento, etc.

SOPT

SISTEMA DE OBSERVACIÓN Y PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

5. TECNOLOGÍAS DE DETECCION E IDENTIFICACIÓN DE AGENTES DE GUERRA QUÍMICA

5. TECNOLOGÍAS DE DETECCION E IDENTIFICACIÓN DE AGENTES DE GUERRA QUÍMICA

La tecnología ideal debería *detectar* la presencia e *identificar* a gran velocidad el agente de forma que el usuario disponga de tiempo para *proteger* la zona y al personal antes de ser afectados por el agente. Con las tecnologías actuales, es difícil lograr las tres tareas en un período corto de tiempo. Por lo tanto, el reto en este escenario es generalmente dividido en varios segmentos de conveniencia: por un lado la detección individual y puntual para una alerta temprana, y su posterior identificación y verificación.

Normalmente, se asocian tres funciones con la tecnología de detectores: «detectar para advertir», «detectar para proteger» y «detectar para tratar». La estrategia «Detectar para advertir» ha tendido a ser utilizada en situaciones en que hay tiempo suficiente para la protección y evacuación de personas. La estrategia «detectar para proteger» sin embargo se emplea cuando no da tiempo de advertir que un incidente va a suceder pero sin embargo se dispone del tiempo necesario para tomar las medidas de protección adecuadas. Mientras, la estrategia «detección para tratar» ha tendido a ser utilizado en situaciones donde la exposición ya se ha producido o es inminente y el tratamiento es el único curso de acción lógico. Las tecnologías de detección deben ser capaces de cumplir estos tres criterios, y cualquier obstáculo reduce la eficiencia del dispositivo. La solidez del sistema depende de su capacidad de soportar las condiciones adversas del medio ambiente (agua, calor). Las iniciativas de desarrollo en este sector debe incluir el desarrollo de detectores que sean capaces de hacer frente a las amenazas actuales y de próxima generación.

Inicialmente, la detección de agentes de guerra química se realizaba mediante papeles reactivos y medios absorbentes, y posteriormente estos medios se automatizaron para la generación de alarmas acústicas frente ataques y se comenzaron a incorporar tecnologías para el muestreo del aire.

Los usuarios necesitan un sistema de alarma temprana que minimice el impacto de un ataque químico. Hoy en día hay varias soluciones disponibles que de alguna manera detectan directamente los agentes de guerra química, bien a través de la medición de su efecto sobre material sensible o bien mediante el análisis de sus características a nivel molecular. Las estrategias de detección necesitan tener en cuenta la dinámica ambiental y los diferentes escenarios posibles, asegurando que el usuario de primera intervención sea inicialmente advertido y por tanto consciente del cambio en el nivel de peligro.

Muchos de los detectores utilizados hoy en día están basados en métodos IR y láser, mientras que otros incorporan técnicas de muestreo de vapor de aire que pasa al receptor a través de un inyector. Por tanto, el rango de distancia a la que se permite la detección con estos métodos es de centímetros, no permite la detección a distancia, si bien son altamente sensibles y en situaciones de despliegue ofrecen la mejor solución coste-beneficio.

Las tecnologías utilizadas para la detección de agentes de guerra química son las mismas que se están incorporando en los equipos de detección de Compuestos Químicos Tóxicos Industriales o TIC. La mayoría de los desarrollos actuales ya permiten la detección simultánea de agentes de guerra química y de determinados TIC, por lo que tienen una aplicación dual.

Desde el punto de vista operacional, los detectores de agentes químicos de guerra pueden clasificarse en:

- Detector *in situ* o puntual: Aquellos que permiten la detección de agentes de guerra química sobre superficies, materiales o personal en puntos concretos donde se haya podido producir la contaminación.
- Detector *standoff* o a distancia: Son aquellos que están específicamente diseñados para la monitorización de la presencia de agentes de guerra química en la atmósfera a distancia (desde cientos de metros hasta kilómetros), advirtiendo a la unidad de la proximidad de nubes contaminadas. Estos sistemas típicamente requieren uno o dos individuos para operaciones de monitorización.
- Detector remoto: Detector puntal o standoff que se maneja de forma remota, y de este modo se evita que el usuario del equipo esté en contacto con la contaminación.

Así mismo, atendiendo al uso que se le den, los equipos de detección también se pueden clasificar en:

– *Portátiles*. Son equipos de uso en campo. Suelen ser equipos suficientemente ligeros para ser llevados por el personal de primera intervención y pueden trabajar en movimiento.
– *Estacionarios*. Son equipos portables, para operaciones estacionarias. Son suficientemente ligeros para ser llevados a cabo por personal de primera intervención pero sólo pueden operar en estado estacionario.
– *Montados en vehículos*. Equipos en uso en o desde vehículos móviles y generalmente usados con baterías de los mismos vehículos para el suministro de energía. El equipo se diseña para monitorización del interior o del ambiente circundante de los vehículos.
– *Fijos*. Sistemas de detección que trabajan solos y que están diseñados específicamente para operar en el interior de edificios. La duración de la operación de estos equipos es indefinida, y los requisitos de energía son cubiertos por la infraestructura del edificio. Se requieren consumibles para una operación continua.

5.1. Detección in situ

Algunas de las técnicas utilizadas hoy en día en los equipos de detección in situ son las siguientes:

- Técnicas colorimétricas.
- Espectrometría por movilidad iónica.
- Fotometría de llama.
- Fotoionización
- Ondas acústicas superficiales.
- Otras.

En algunos equipos se incorporan varias técnicas para ampliar el espectro de detección o incluso para la confirmación simultanea de los resultados por un mismo equipo.

A continuación se describen las tecnologías mencionadas anteriormente y los equipos que las incorporan y que están en uso por las Fuerzas Armadas de la OTAN, e incluso por algunos cuerpos y fuerzas de seguridad del estado.

5.1.1. Detección colorimétrica

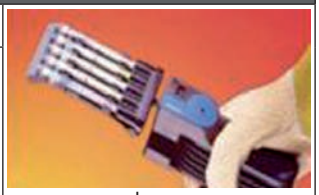
Los detectores colorimétricos analizan los cambios de color resultantes de una reacción entre un reactivo y el agente químico objeto de detec-

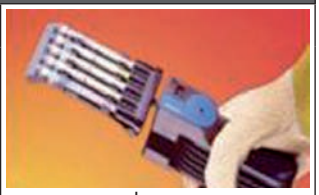
ción. En la mayoría de los casos el cambio colorimétrico se detecta a simple vista en otras ocasiones se utilizan lectores portátiles. En cualquier caso se trata de equipos pequeños, simples y baratos, y la mayoría de ellos son selectivos, es decir, el reactivo que utilizan es especifico de una determinada clase de agentes químicos, de forma que la tasa de falsos positivos es muy baja, pero sin embargo, se requieren muchos detectores en aplicaciones en campo para barrer toda la posible gama de agentes químicos.

El principio de operación es muy simple, los detectores están hechos de material absorbente, como el papel, o de tubos de cristal que están impregnados con el reactivo colorimétrico, y en presencia del agente químico específico se produce un cambio de color. La concentración del compuesto químico blanco puede ser estimada en base a la intensidad del color o la longitud de la banda coloreada en función del tiempo de exposición.

Este tipo de detectores también pueden estar basados en reacciones enzimáticas, de forma que en el material absorbente se encuentra un enzima unida a un fluorofloro o cromóforo y en presencia del agente químico correspondiente se producirá un cambio de color permitiendo detectar su presencia.

A continuación se describen algunos de los detectores colorimétricos existentes en el mercado y que están siendo ampliamente utilizados por los ejércitos.

Tubos Colorimétricos	
EMPRESA: Dräger Safety.	
DESCRIPCIÓN: Kits desechables para la detección manual de agentes químicos de guerra en forma de vapor y aerosol.	www.draeger.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Colorimetría.	
PESO: < 0.5 kg.	
DIMENSIONES: 48.8 cm x 39.3 cm x 19.05 cm.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Detección de agentes de guerra química nerviosos (GA, GB, GD, VX), vesicantes, sanguíneos y sofocantes. También detecta TIC de alta prioridad (Arsina, Cloro, Acido Cianhídrico y fosgeno) y baja prioridad (DA, DX, DC, DM).	
TIEMPO DE RESPUESTA: 5 minutos.	
SENSIBILIDAD: Desde pocas ppb a algunas ppm (sustancias específicas).	
SELECTIVIDAD: Sólo reacciona frente a agentes químicos y TIC.	
VOLUMEN DE MUESTREO: 100 ml de aire. El muestreo de aire se lleva a cabo gracias a la bomba Accuro.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: N/A.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: N/A.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: No se dispone de datos. Temperatura de almacenamiento: No se dispone de datos. Humedad: No se dispone de datos.	
DISPLAY: N/A.	
SOFTWARE: N/A.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: N/A.	
APLICACIONES: Utilizado por el combatiente para reconocimiento y evaluación de si la zona es segura.	
TEST DE EVALUACIÓN: Evaluado por el Edgewood Chemical and Biological Center, ECBC.	
REFERENCIAS MILITARES: Ampliamente distribuido por todos los ejércitos del entorno OTAN.	

Tubos Colorimétricos	
EMPRESA: RAE Systems.	 www.draeger.com
DESCRIPCIÓN: La selección de Tubos Colorimétricos de RAE Systems ofrecen la posibilidad de hacer mediciones puntuales de muchos gases y vapores a un bajo costo. Los tubos son tubos graduados de fácil lectura, con viraje de color y proporcionan precisión sin necesidad de calibración.	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Colorimetría.	
PESO: < 0.5 kg.	
DIMENSIONES: N/A.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Detección de TIC.	
TIEMPO DE RESPUESTA: 5 minutos.	
SENSIBILIDAD: Desde pocas ppb a algunas ppm (sustancias específicas).	
SELECTIVIDAD: Sólo reacciona frente a agentes químicos y TIC.	
VOLUMEN DE MUESTREO: 50 y 100 cc de aire. La Bomba Manual de Pistón de RAE Systems es para usar con nuestra línea de tubos colorimétricos. Los tubos colorimétricos de RAE son compatibles con las bombas de GASTEC y KITAGAWA.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: N/A.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: N/A.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: No se dispone de datos. Temperatura de almacenamiento: No se dispone de datos. Humedad: No se dispone de datos.	
DISPLAY: N/A.	
SOFTWARE: N/A.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: N/A.	
APLICACIONES: Utilizado por el combatiente para reconocimiento y evaluación de si la zona es segura.	
TEST DE EVALUACIÓN: N/A.	
REFERENCIAS MILITARES: Ampliamente distribuido por todos los ejércitos del entorno OTAN.	

Papeles de detección M8	
EMPRESA: Tradeways Ltd.	
DESCRIPCIÓN: Kits desechables de detección manual de agentes químicos de guerra en forma líquida.	www.tradewaysusa.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Colorimetría.	
PESO: < 0.5 kg.	
DIMENSIONES: 9.9 x 5 cm.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Detección de agentes nerviosos, tipo G y VX y vesicantes en líquidos. Se observa un cambio de color en presencia del agente, de forma que si el color es: Verde: Agentes Nerviosos tipo V. Amarillo: Agentes nerviosos tipo G. Rojo: Agentes Vesicantes.	
TIEMPO DE RESPUESTA: 30 segundos.	
SENSIBILIDAD: 100µl gotas para agentes G, VX y vesicantes.	
SELECTIVIDAD: Falsas alarmas frente a algunos interferentes comunes en el campo de batalla como el amoniaco, DS2, altas temperaturas y derivados del petróleo.	
VOLUMEN DE MUESTREO: 0.02 ml (1-2 gotas).	
INTERFAZ / CONEXIÓN: N/A.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: N/A.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: No se dispone de datos. Temperatura de almacenamiento: No se dispone de datos. Humedad: No se dispone de datos.	
DISPLAY: N/A.	
SOFTWARE: N/A.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: No se dispone de datos.	
APLICACIONES: Militar y civil. Utilizado por el combatiente para reconocimiento de áreas y evaluación de si la zona es segura.	
TEST DE EVALUACIÓN: No se dispone de datos.	
REFERENCIAS MILITARES: Ampliamente distribuido por todos los ejércitos del entorno OTAN.	

Papeles de detección M9	
EMPRESA: Tradeways Ltd.	www.tradewaysusa.com
DESCRIPCIÓN: Kit de detección manual de agentes químicos de guerra en superficies contaminadas.	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Colorimetría.	
PESO: 218 gramos.	
DIMENSIONES: 9.1 x 5 cm.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Detección de agentes químicos de guerra nerviosos tipo G (GA, GB, GD) y V (VX,), así como de vesicantes (HD y L) en forma de líquida.	
TIEMPO DE RESPUESTA: Igual o menor a 20 segundos.	
SENSIBILIDAD: 100µ gotas tanto para los agentes nerviosos como para los vesicantes.	
SELECTIVIDAD: Falsas alarmas frente a algunos interferentes comunes en el campo de batalla como el amoniaco, DS2, altas temperaturas y derivados del petróleo.	
VOLUMEN DE MUESTREO: No se dispone de datos.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: N/A.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: N/A.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: No se dispone de datos. Temperatura de almacenamiento: No se dispone de datos. Humedad: No se dispone de datos.	
DISPLAY: N/A.	
SOFTWARE: N/A.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: No se dispone de datos.	
APLICACIONES: Militar y civil. Utilizado por el combatiente para reconocimiento y evaluación de zonas.	
TEST DE EVALUACIÓN: No se dispone de datos.	
REFERENCIAS MILITARES: Ampliamente distribuido por todos los ejércitos del entorno OTAN.	

Papeles de detección 3-way	
EMPRESA: Tradeways, ltd.	www.anachemia.com
DESCRIPCIÓN: Kit de detección manual de agentes químicos de guerra en forma líquida.	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Colorimetría.	
PESO: No se dispone de datos.	
DIMENSIONES: 10 x 6 mm.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Detección de agentes nerviosos (tipo G y VX) y vesicantes (iperita) en forma de aerosol.	
TIEMPO DE RESPUESTA: Igual o menor a 20 segundos.	
SENSIBILIDAD: 0.02 ml para agentes G, Vx y vesicantes.	
SELECTIVIDAD: No se dispone de datos.	
VOLUMEN DE MUESTREO: No se dispone de datos.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: N/A.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: N/A.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: No se dispone de datos. Temperatura de almacenamiento: No se dispone de datos. Humedad: No se dispone de datos.	
DISPLAY: N/A.	
SOFTWARE: N/A.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: No se dispone de datos.	
APLICACIONES: Militar y civil. Utilizado por el combatiente para reconocimiento y evaluación de zonas.	
TEST DE EVALUACIÓN: No se dispone de datos.	
REFERENCIAS MILITARES: Ampliamente distribuido en países OTAN. En uso por las FAS españolas.	

M256A1 Detector Kit	
EMPRESA: Tradeways Ltd.	
DESCRIPCIÓN: Kit de detección manual de agentes de guerra en forma líquida y en vapor.	www.tradewaysusa.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Colorimetría.	
PESO: 0.54 kg.	
DIMENSIONES: 17.7 x 7.6 x 12.7 cm.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Detección simultanea de agentes nerviosos (V y G), sanguíneos (AC, CK) y vesicantes (H, HN, HD, CX, L). Incluye los papeles de detección M8.	
TIEMPO DE RESPUESTA: 15 - 25 minutos.	
SENSIBILIDAD: Varía en función del agente químico de guerra. Agentes Nerviosos: GA, GB, GD, GF: 0.02 ml (M8), 0.005 mg/m^3 (vapor). Agentes Vesicantes: H, HD: 0.02 ml (M8), 2 mg/m^3 (vapor). CX: n/a, 3 mg/m. L: 0.02 ml, 9 mg/m^3. Agente Sanguíneos: AC: n/a, ……9 mg/m^3. CK: n/a, ……8 mg/m^3.	
SELECTIVIDAD: Falsas alarmas frente a determinados humos, altas temperaturas, DS2 y derivados del petróleo.	
VOLUMEN DE MUESTREO: No se dispone de datos.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: N/A.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: N/A.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: No se dispone de datos. Temperatura de almacenamiento: No se dispone de datos. Humedad: No se dispone de datos.	
DISPLAY: N/A.	
SOFTWARE: N/A.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: No se dispone de datos.	
APLICACIONES: Militar y civil. Utilizado por el combatiente para reconocimiento y evaluación de zonas.	
TEST DE EVALUACIÓN: No se dispone de datos.	
REFERENCIAS MILITARES: Ampliamente distribuido por todos los ejércitos del entorno OTAN.	

5.1.2. Espectrometría por movilidad iónica, IMS

La mayoría de los equipos de detección de agentes de guerra química nerviosos y vesicantes utilizados en la actualidad están basados en esta tecnología. Se trata de una técnica analítica que separa y detecta, a temperatura ambiente y presión atmosférica, partículas cargadas eléctricamente (iones) en función de su velocidad para atravesar un gas portador bajo la influencia de un campo eléctrico.

Las moléculas de la muestra pasan a través de una fuente de ionización (generalmente radiactiva) y forman «clusters» cargados eléctricamente que son atraídos por un pulso de campo eléctrico de signo contrario. El tiempo que tardan (tiempo de vuelo) en llegar hasta el detector, que dependerá de su masa y tamaño, permite determinar el CWA. Existen alternativas al uso de isótopos radiactivos como fuente de ionización como son la descarga de corona, fotoionización por presión atmosférica o la ionización por electrospray.

Esta tecnología también se emplea en detección de explosivos y drogas, y más recientemente, en la detección de compuestos químicos tóxicos industriales, TIC.

A continuación se describen los principales detectores existentes en el mercado que incorporan esta tecnología y que están siendo ampliamente utilizados por los ejércitos.

RAID-M-100	
EMPRESA: Bruker Daltonics.	www.bdal.com
DESCRIPCIÓN: Equipo portátil para monitorizar, detectar, clasificar identificar y cuantificar bajas concentraciones de CWA y TIC de forma continua.	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Espectrometría de Movilidad iónica, IMS, con membrana y tubo drift.	
PESO: 2.9 kg (sin incluir la batería); 3.4 kg (incluida la batería).	
DIMENSIONES: 400 x 115 x 165 mm.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Detección simultanea o independiente de 5-10 agentes químicos de guerra (sofocantes, nerviosos, vesicantes y sanguíneos) y 20-50 TIC, en forma de gas o vapor. Los niveles de peligro son cuantificados por incremento de los niveles de barras (hasta 8 barras).	
TIEMPO DE RESPUESTA: Segundos.	
SENSIBILIDAD: Desde pocas ppb a algunas ppm (sustancias específicas).	
SELECTIVIDAD: Puede verse afectado por altas concentraciones de JP8, gasolina, cera del suelo, etc.	
FUENTE DE IONIZACIÓN: Radiactiva, de Ni ^{63}, con una actividad de 370 MBq / 100 MBq.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: No se dispone de datos.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: Red eléctrica (Modulo detector: 12 ....24 V dc; Cable de datos y energía: 100-240 V AC / 47 – 63 Hz). Batería (Tipo: Ión litio recargable; Peso: 560 gramos; Dimensiones: 130 mm x 70 mm x 36 mm; Vida útil: 6 horas de forma intermitente (de 10-49ºC). A menos de 20ºC la vida útil de la batería no es menor que el 75% de la alcanzada a 10ºC.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: Desde -25 a +55 ºC. Temperatura de Almacenaje: Desde -30 a +70 ºC. Humedad: 0 – 90 % Humedad relativa. Shock & Vibración: Acorde con el VG 95332 Bl 16 & 24. Tiempo de servicio de operación con la batería: 5.5 horas (-30 ºC), 8 horas (20ºC). Flujo de aire: Acorde con el BAIII 90–66-6530 (LB). Vida media de consumibles: No menos de 500 horas.	
DISPLAY: Display del estado del estado del detector en varías visiones, dependiendo del campo de aplicación. Monitorización por periodos largos y registro de datos de los equipos simultáneamente. Formación de informes resumibles a partir de los datos recogidos. Información de alarma visual y acústica. Interfaz con el usuario en varias lenguas: Inglés, alemán y francés.	
SOFTWARE: Sistema de control y datos XIMS NT: Adquisición de datos y análisis de espectros de 2 o 3 dimensiones. Identificación de la sustancia. Editor de librería para creación de librerías propias. Incorporación de sustancias desconocidas. Sistema de monitorización NC: Permite el control remoto vía interfaces estándares de un RAID y un SVG2.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: No requiere cambio de consumibles. Los filtros pueden ser cambiados por el operador.	
APLICACIONES: Antiterrorismo, Defensa Nacional, en intervenciones de primera respuesta, control de contaminación en personas y/o equipos en campo o dentro de sistemas COLPRO, e incluso para la gestión de desastres químicos. También se puede integrar en vehículos o barcos.	
TEST DE EVALUACIÓN: Evaluado por los laboratorios estadounidenses Edgewood, EPA y Johns Hopkins; por el laboratorio sueco y el checo.	
REFERENCIAS MILITARES: Países de la OTAN: Bomberos y personal de primera intervención.	

RAID-XP	
EMPRESA: Bruker Daltonics.	
DESCRIPCIÓN: Equipo de detección portátil que monitoriza, detecta, clasifica y cuantifica niveles de concentración de amenazas químicas y radiológicas en campo al combinar la tecnología RAID-M para la detección química con la tecnología SVG-2 para la detección gamma.	www.bdal.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Espectrometría de Movilidad iónica, IMS.	
PESO: 6.7 kg (sin incluir la batería).	
DIMENSIONES: 160 x 220 x 280 mm.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Detección simultanea o independientemente agentes G, H. Los niveles de peligro son cuantificados por incremento de los niveles de barras (hasta 8 barras). CWA: GA, GB, GD, GF, VX, VXR, HD, HN, L, AC. TICs: CL_2, Cloro, cianuro, SO_2, Diisocianato de Tolueno. Sustancias control antidisturbios: DPM, MSAL.	
TIEMPO DE RESPUESTA: Datos no disponibles.	
SENSIBILIDAD: Desde pocas ppb a algunas ppm (sustancias específicas).	
SELECTIVIDAD: Datos no disponibles.	
FUENTE DE IONIZACIÓN: Radiactiva, de Ni ^{63}, con una actividad 100 MBq.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: RS232. Permite GPS.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: Externa o a red eléctrica. Externa (Tipo: Batería ión litio MnO_2 ; Peso: 3.3 kg para baterías no recargables, 1.4 kg para baterías recargables). Red eléctrica 230 V 50 Hz (110V 60 Hz) AC.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: Desde -20 a +50 ºC.	
DISPLAY: Display del estado del estado del detector en varías visiones, dependiendo del campo de aplicación. Monitorización por periodos largos y registro de datos de los equipos simultáneamente. Formación de informes resumibles a partir de los datos recogidos. Información de alarma visual y acústica. Interfaz con el usuario en varios lenguas: Inglés, alemán y francés.	
SOFTWARE: Sistema de control y datos XIMS NT: Adquisición de datos y análisis de espectros de 2 o 3 dimensiones. Identificación de la sustancia. Editor de librería para creación de librerías propias. Incorporación de sustancias desconocidas. Sistema de monitorización NC: Permite el control remoto vía interfaces estándares de un RAID y un SVG2.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: Bajo mantenimiento. No requiere cambio de consumibles.	
APLICACIONES: Antiterrorismo, Defensa Nacional, intervenciones de primera respuesta, control de la contaminación en personas y/o equipos en campo o dentro de sistemas COLPRO, e incluso para la gestión de desastres químicos. Integrado en vehículos o barcos.	
TEST DE EVALUACIÓN: Evaluado por laboratorios estadounidenses (Edgewood, EPA y Johns Hopkins), por el laboratorio sueco y el checo.	
REFERENCIAS MILITARES: No se dispone de datos.	

RAID-1	
EMPRESA: Bruker Daltonics.	
DESCRIPCIÓN: Equipo de detección portátil que monitoriza, detecta, clasifica y cuantifica niveles de concentración de CWA y TIC.	www.bdal.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Espectrometría de Movilidad iónica, IMS.	
PESO: 2.6 kg (sin incluir la batería).	
DIMENSIONES: 75 x 165 x 70 mm.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Detección simultanea o independientemente agentes G y H. Los niveles de peligro son cuantificados por incremento de los niveles de barras (hasta 8 barras). CWA (GA, GB, GD, VX, HD, HN, L, HC), TIC (CL_2, Cloro, amonio, SO_2), Sustancias control antidisturbios (DPM, MSAL).	
TIEMPO DE RESPUESTA: No se dispone de datos.	
SENSIBILIDAD: Desde pocas ppb a algunas ppm (sustancias específicas).	
SELECTIVIDAD: No se dispone de datos.	
FUENTE DE IONIZACIÓN: Radiactiva, de ^{63}Ni, con una actividad 555 MBq.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: RS232, RS 485 (opt.), RS 422 (opt.). Permite GPS.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: No se dispone de datos.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: Desde -20 a +50 ºC.	
DISPLAY: Display del estado del estado del detector en varías visiones, dependiendo del campo de aplicación. Monitorización por periodos largos y registro de datos de los equipos simultáneamente. Formación de informes resumibles a partir de los datos recogidos. Información de alarma visual y acústica. Interfaz con el usuario en varios lenguas: Inglés, alemán y francés.	
SOFTWARE: Sistema de control y datos XIMS NT: Adquisición de datos y análisis de espectros de 2 o 3 dimensiones. Identificación de la sustancia. Editor de librería para creación de librerías propias. Incorporación de sustancias desconocidas. Sistema de monitorización NC: Permite el control remoto vía interfaces estándares de un RAID y un SVG2.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: Bajo mantenimiento. No requiere cambio de consumibles.	
APLICACIONES: Protección personal, detección de CWA en ambientes peligrosos, detección móvil en vehículos de reconocimiento o monitorización continua del aire en ambientes marinos mediante su integración en barcos.	
TEST DE EVALUACIÓN: Evaluado por los laboratorios estadounidenses Edgewood, EPA y Johns Hopkins; por el laboratorio sueco y el checo	
REFERENCIAS MILITARES: Ministerio de Defensa sueco, fuerzas armadas danesas, lituanas, alemanas, estadounidenses, checas, y de los Emiratos Árabes y Arabia Saudí. Instalados en barcos: Fragatas F-123 y F-124 alemanas. Instalados en vehículos: En los anfibios españoles y en los piraña irlandeses, junto con un SVG-2. Seguridad Nacional: Japón, Suecia, Alemania, Francia, Grecia, Republica Checa, Arabia Saudí, Australia y España.	

µRAID	
EMPRESA: Bruker Daltonics.	www.bdal.com
DESCRIPCIÓN: Equipo de detección portátil que monitoriza, detecta, clasifica y cuantifica niveles de concentración de CWA y TIC de forma constante o periodica.	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Espectrometría de Movilidad iónica, IMS, con membrana y tubo drift.	
PESO: 1.3 kg.	
DIMENSIONES: 75 x 165 x 70 mm.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Detección simultanea o independientemente de 5-10 CWA y 50-100 TIC, en forma de vapor o gas.	
TIEMPO DE RESPUESTA: segundos.	
SENSIBILIDAD: Desde pocas ppb a algunas ppm (sustancias específicas).	
SELECTIVIDAD: No se dispone de datos.	
FUENTE DE IONIZACIÓN: Radiactiva, de ^{63}Ni, con una actividad 555 MBq.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: RS232, RS 485 (opt.), RS 422 (opt.). Permite GPS.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: Concepto de batería flexible: Pilas AA, pilas recargables.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: Desde -20 a +50 ºC.	
DISPLAY: No se dispone de datos.	
SOFTWARE: 5 librerías que pueden ser ampliadas o modificadas por requerimiento del cliente.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: No se dispone de datos.	
APLICACIONES: Civil y militar. Personal de primera intervención.	
TEST DE EVALUACIÓN: No se dispone de datos.	
REFERENCIAS MILITARES: No se dispone de datos, se trata de un nuevo producto que se está promocionando.	

M90	
EMPRESA: Environics.	
DESCRIPCIÓN: Equipo de monitorización continua y detección en tiempo real de agentes químicos de guerra.	www.environics.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Espectrometría de Movilidad iónica, IMS.	
PESO: 4.7 kg (con la batería).	
DIMENSIONES: 280 x 105 x 280 mm.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Agentes químicos de guerra nerviosos, vesicantes, sanguíneos y sofocantes (GA, GB, GD, GF, VX, HN, L, HCN, Fosgeno y cloro).	
TIEMPO DE RESPUESTA: No se dispone de datos.	
SENSIBILIDAD: Nerviosos: 0.1 mg/m3 y Vesicantes: 2 mg/m3.	
SELECTIVIDAD: No se dispone de datos.	
FUENTE DE IONIZACIÓN: Radiactiva,Americio ^{241}.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: RS232 o RS-485 para la monitorización de datos, diagnóstico de fallos y reprogramación.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: Batería recargable (NiMH) o NSN. También suministro de energía externa: 12Vdcs, 85….264 VAC.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación:-35 a +55 ºC. Temperatura de almacenamiento: -40 a 55ºC. Shock: MIL-STD-810D. Vibración: MIL-STD-810D. EMI: MIL-STD-461C. EMP: MIL-STD-462.	
DISPLAY: No se dispone de datos.	
SOFTWARE: No se dispone de datos.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: El coste del ciclo de vida es muy bajo.	
APLICACIONES: Para monitorización continua en instalaciones fijas, tanto en ambientes terrestres como marinos. También se puede integrar en vehículos de reconocimiento.	
TEST DE EVALUACIÓN: No se dispone de datos.	
REFERENCIAS MILITARES: Ampliamente distribuido en todos los ejércitos de la OTAN.	

CAM – Chemical Agent Monitor	
EMPRESA: Smiths Detection.	
DESCRIPCIÓN: Equipo de detección portátil de agentes químicos de guerra.	www.smithsdetection.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Espectrometría de Movilidad iónica, IMS.	
PESO: 1.9 kg (con la batería).	
DIMENSIONES: 380 x 80 x 145 mm.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: 5-10 Agentes químicos de guerra nerviosos, vesicantes, sanguíneos y sofocantes y 5-10 TICS. La detección puede ser independiente o simultánea.	
TIEMPO DE RESPUESTA: 1-10 segundos.	
SENSIBILIDAD: Los niveles de detección alcanzados por este equipo se encuentran dentro de los establecidos por la normativa OTAN.	
SELECTIVIDAD: Puede dar falsas alarmas (elevado número de falsos negativos en espacios cerrados o cuando se pone en contacto con vapores fuertes como el humo denso).	
FUENTE DE IONIZACIÓN: Radiactiva, ^{63}Ni.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: RS232 para la monitorización de datos, diagnóstico de fallos y reprogramación. Y GPS.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: Batería recargable, baterías simples de 6V o baterías celulares 4 x D con adaptador para entrenamiento. Tiempo de vida de la batería:14 horas continuas.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación:-30 a +55 ºC. Temperatura de almacenamiento: -55 a 70ºC. Operable en un amplio rango de condiciones ambientales.	
DISPLAY: No se dispone de datos.	
SOFTWARE: La detección puede ser reprogramable para reunir requisitos específicos de los clientes.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: No se dispone de datos.	
APLICACIONES: Monitorización de personal químicamente expuestos, vehículos, equipamiento y terreno. También permite la determinación de la extensión de cualquier contaminación cruzada y la confirmación de la eficacia de la descontaminación.	
TEST DE EVALUACIÓN: No se dispone de datos.	
REFERENCIAS MILITARES: Ampliamente distribuido (organizaciones militares, policía y defensa civil de más de 40 países).	

CAM-2TM – Chemical Agent Monitor

EMPRESA: Smiths Detection.

DESCRIPCIÓN: Equipo de detección portátil, robusto y ergonómico que proporciona una capacidad de detección mejorada con respecto al CAM original.

www.smithsdetection.com

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

TECNOLOGÍA: Espectrometría de Movilidad iónica, IMS.

PESO: Inferior a 1.9 kg (con la batería).

DIMENSIONES: 350 x 80 x 145 mm.

CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Agentes químicos de guerra nerviosos, vesicantes, sanguíneos y sofocantes (GA, GB, GD, GF, VX, HD, L, HCN, Fosgeno y cloro) además de TIC específicos.

TIEMPO DE RESPUESTA: Segundos.

SENSIBILIDAD:
GA Y GB: 0.02 ppm.
GD Y VX: 0.02 ppm.
HD: 0.02 ppm.

SELECTIVIDAD: Puede dar falsas alarmas (elevado número de falsos negativos en espacios cerrados o cuando se pone en contacto con vapores fuertes como el humo denso).

FUENTE DE IONIZACIÓN: Radiactiva, ^{63}Ni.

INTERFAZ / CONEXIÓN: RS232 para la monitorización de datos, diagnóstico de fallos y reprogramación. GPS. No se requiere una formación técnica para su uso, sólo un mínimo entrenamiento formal.

SUMINISTRO DE ENERGÍA: Batería recargable, baterías simples de 6V o baterías celulares 4 x D con adaptador para entrenamiento. Tiempo de vida de la batería:14 horas continuas.

PARÁMETROS AMBIENTALES:
Temperatura de operación:-25 a +55 ºC.
Temperatura de almacenamiento: -55 a 70ºC.
Operable en un amplio rango de condiciones ambientales.

DISPLAY: No se dispone de datos.

SOFTWARE: La detección puede ser reprogramable para reunir requisitos específicos de los clientes.

CARACTERÍSTICAS

MANTENIMIENTO: No requiere calibración pero sí consumibles: baterías y filtros.

APLICACIONES: Monitorización de personal químicamente expuestos, vehículos, equipamiento y terreno. También permite la determinación de la extensión de cualquier contaminación cruzada y la confirmación de la eficacia de la descontaminación.

TEST DE EVALUACIÓN: Reúne las especificaciones MIL-STAND.

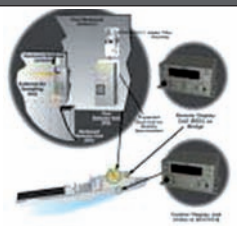
REFERENCIAS MILITARES: Este equipo forma parte de la dotación de la mayoría de los ejércitos.

APD2000	
EMPRESA: Smiths Detection.	
DESCRIPCIÓN: Sistema de detección portátil ergonómico y robusto que detecta agentes de guerra química y radiológica.	www.smithsdetection.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Espectrometría de Movilidad iónica, IMS.	
PESO: Inferior a 3 kg (con la batería).	
DIMENSIONES: 10 x 9 x 28 cm.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Detección simultanea de agentes nerviosos (GA, GB, GD,VX) y vesicantes (HD, L), así como agentes incapacitantes (gas pimienta) y otros compuestos peligrosos. Además de detectar, proporciona la identificación del agente. También permite la detección de radiación gamma.	
TIEMPO DE RESPUESTA: <30 segundos.	
SENSIBILIDAD: GA: 0.015 ppm. GB: 0.015 ppm. GD: 0.015 ppm. VX: 0.015 ppm. HD y HN: 0.300 ppm. L: 0.200 ppm.	
SELECTIVIDAD: Baja frecuencia de falsas alarmas.	
FUENTE DE IONIZACIÓN: Radiactiva, ^{63}Ni.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: RS232 para la monitorización de datos, diagnóstico de fallos y reprogramación.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: 6 baterías recargables o simples. Baterías simples de 6V o baterías celulares 4 x D con adaptador para entrenamiento. Fuente externa: 9-18 V dc.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: -30 a +52 ºC. Temperatura de almacenamiento: -62 a 71ºC.	
DISPLAY: No se dispone de datos.	
SOFTWARE: Proporciona comunicación remota de las señales de alarma vía radiofrecuencia. Modo de operación seleccionable. Alarma visual y sonora. Proporciona mayor resistencia a los interferentes.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: Permite el autochequeo. Requiere consumibles (filtros, baterías).	
APLICACIONES: Militar y civil. Equipo de primera intervención.	
TEST DE EVALUACIÓN: No se dispone de datos.	
REFERENCIAS MILITARES: Entre otros, está en uso por las fuerzas armadas estadounidenses.	

LCD- Lightweight Chemical Agent Detector 3.3	
EMPRESA: Smiths Detection.	
DESCRIPCIÓN: Sistema de monitorización, detección e identificación de amenazas químicas a tiempo real portátil, pequeño y ligero.	www.smithsdetection.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Espectrometría de Movilidad iónica, IMS, avanzada.	
PESO: 0.65 kg (con la batería).	
DIMENSIONES: 10.54 x 17.93 x 4.72 cm.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Detección simultanea o independiente de 10.20 agentes químicos de guerra (nerviosos, vesicantes, sanguíneos y sofocantes) y 10-20 TIC.	
TIEMPO DE RESPUESTA: 3 segundos.	
SENSIBILIDAD: A nível de ppm (partes por millón).	
SELECTIVIDAD: Frecuencia de falsas alarmas < 5%.	
FUENTE DE IONIZACIÓN: La ionización es por descarga de corona.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: RS232 y RS422.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: 4 x batería AA de ión de litio o 4 x batería AA alcalina de dióxido de manganeso (baterías AA recargables pueden ser usados) o conexión a la red eléctrica 8-32 V dc o 110/240V AC.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: -30 a +40 ºC.	
DISPLAY: pantalla de cristal líquida.	
SOFTWARE: Visualiza la clase de agente, concentración del agente en formato bar y acumulación de dosis, además de los fallos y el estado de la batería. Alarma visual y sonora. Opcionable el uso de cascos auditivos. Incluye una librería de químicos tóxicos industriales (TIC) detectables. Modo de operación seleccionable: Modo CWA o modo TIC. Puede almacenar 72 horas de datos obtenidos.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: Hasta 72 horas de operación continua. Los tiempos de limpieza y autochequeo son cortos.	
APLICACIONES: Militar y civil. Equipo de 1ª respuesta para monitorización continua.	
TEST DE EVALUACIÓN: Evaluado en campo por las Fuerzas armadas de EE.UU., Reino Unido y Canadá.	
REFERENCIAS MILITARES: Este equipo forma parte de la dotación de la mayoría de los ejércitos del entorno OTAN, incluido el español.	

GID-3	
EMPRESA: Smiths Detection.	
DESCRIPCIÓN: Sistema de alarma y detección continua de agentes químicos de guerra y TIC en tiempo real. No sólo indica la presencia de los agentes, también indica el nivel de amenaza. Se trata de un sistema bastante fiable, robusto y preciso.	www.smithsdetection.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Espectrometría de Movilidad iónica, IMS.	
PESO: 6.5 kg (con la batería).	
DIMENSIONES: 168 x 178 x 273 mm.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Detección de agentes de guerra nerviosos y vesicantes (GA, GB, GD, GF, VX, HD, HN, L) además de TIC.	
TIEMPO DE RESPUESTA: 3 segundos.	
SENSIBILIDAD: GA, GB, GD y GF: 0.1 mg/m3. VX: 0.075 mg/m3. AC, CK, CG: 10 mg/m3. HD, HN, L: 2 mg7m3.	
SELECTIVIDAD: Frecuencia de falsos positivos < 5%.	
FUENTE DE IONIZACIÓN: Radiactiva, de ^{63}Ni.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: Amigable para el usuario. Fácil uso. Alarma visual y/o sonara y remota.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: Baterías SO2 de litio, recargable o conexión a fuentes de 110v a 220v AC. Tiempo de vida de la batería es de 14 horas.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: -30 a +50 ºC. Temperatura de almacenamiento: -40 a +70 ºC.	
DISPLAY: No se dispone de datos.	
SOFTWARE: No se dispone de datos.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: Más de 40 horas de operación continua. Los tiempos de limpieza y autochequeo son cortos.	
APLICACIONES: Militar y civil. Esta diseñado específicamente para su uso como sistema de detección puntual, integrado en vehículos o desplegados alrededor de sitios fijos como un sistema de defensa perimetral.	
TEST DE EVALUACIÓN: Ha superado satisfactoriamente las pruebas realizadas sobre el daño producido por el shock, vibración, EMP Y EMC. Este sistema es resistente a lluvia, polvo y arena.	
REFERENCIAS MILITARES: En uso por las fuerzas armadas estadounidenses, canadienses y británicas, entre otras.	

SABRE FRTM	
EMPRESA: Smiths Detection.	
DESCRIPCIÓN: Sistema portátil que permite la detección e identificación de trazas de más de 40 agentes químicos de guerra, explosivos, TIC y narcóticos.	www.smithsdetection.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Espectrometría de Movilidad iónica, IMS.	
PESO: 3.2 kg (con la batería).	
DIMENSIONES: 36.3 x 11 x 13 cm.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Partículas o vapores de agentes de guerra química (CWA) y de compuestos químicos tóxicos industriales (TIC). CWAs: Nerviosos (GA, GB, GD, GF, VX), Vesicantes (H, L), Sanguíneos (HCN) y sofocantes (Fosgeno). TIC: SO2, NH3, ETOX, HNO3, HCL, CL2 Y HF.	
TIEMPO DE RESPUESTA: <15 segundos.	
SENSIBILIDAD: No se dispone de datos.	
SELECTIVIDAD: No se dispone de datos.	
FUENTE DE IONIZACIÓN: Radiactiva, de ^{63}Ni.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: Fácil de usar y de visualizar los resultados. También incluye impresora. Alarma visual y sonara.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: baterías de 4 horas de vida.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: -30 a +50 ºC. Temperatura de almacenamiento: -40 a +70 ºC.	
DISPLAY: Display mediante pantalla color TFT de 3.5´´.	
SOFTWARE: Software de gestión IM32 para la visión y programación de datos.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: Más de 40 horas de operación continua.	
APLICACIONES: Militar y civil. Diseñado como sistema de respuesta a emergencias.	
TEST DE EVALUACIÓN: No se dispone de datos.	
REFERENCIAS MILITARES: En uso por las fuerzas armadas estadounidenses, canadienses y británicas.	

IPDS Naval Detection System	
EMPRESA: Tradeways Ltd.	
DESCRIPCIÓN: Sistema de detección y muestreo continúo de aire para el análisis de vapores tóxicos a bajas concentraciones.	www.tradewaysusa.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Espectrometría de Movilidad iónica, IMS. Utiliza células de movilidad iónica para lograr una resolución superior y contrarrestar falsas alarmas.	
PESO: Unidad externa para muestro de aire: 21.3 kg (con la batería). Unidad de detección: 38.6 kg. Unidad de control de display: 6.8 kg. Unidad display remota: 6.8 kg.	
DIMENSIONES: Unidad externa para muestro de aire: 50.8 x 63.5 x 30.5 cm. Unidad de detección: 33 x 63.5 x 30.5 cm. Unidad de control de display: 24.2 x 17.9 x 34.3 cm. Unidad display remota: 24.2 x 17.9 x 34.3 cm.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Detecta automáticamente niveles bajos de vapor de agentes de guerra nerviosos y vesicantes.	
TIEMPO DE RESPUESTA: Menos de 60 segundos.	
SENSIBILIDAD: Agentes Nerviosos: 0.1 mg/m^3 o superior. Agentes Vesicantes (serie H): 10 mg/m^3 o superior.	
SELECTIVIDAD: No se dispone de datos.	
FUENTE DE IONIZACIÓN: No se dispone de datos.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: Está conectado por vía remota al puesto de mando para la entrega de información y alarmas auditiva y visual, identificando el tipo de agente. 1 Unidad de Control de pantalla (CDU) en el centro de control de daños. Interruptor de control de fallos para la evaluación y operación del sistema. Visualiza mensajes de estado, alarma, detección y error. 2 ensambles de unidad de detección (DU) montadas internamente muy próximas a las EASU. 2 vías de análisis de muestras separadas que operan simultáneamente con las células IMS.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: 115 VAC +/- 10%. 60 Hz +/- 5%.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación (en el interior del barco): 0 a +50ºC, sin falsas alarmas o mensajes de error. Temperatura de almacenamiento: -40 a 70ºC.	
DISPLAY: 1 Unidad de Pantalla remota (RDU) en el puente que visualiza información sobre el estado, la alarma y la detección.	
SOFTWARE: Unidad de procesado de datos con una librería de algoritmos que permite la detección y alarma a bajos niveles de concentración. Estado operacional automática que chequea al inicio y cada cuatro horas.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: No se dispone de datos.	
APLICACIONES: Monitorización de contaminación en barcos.	
TEST DE EVALUACIÓN: Requisitos según normativa MIL estadounidense. Diseñado y testado para sobrevivir a ambientes marinos y a efectos electromagnéticos extremos.	
REFERENCIAS MILITARES: En uso por las fuerzas navales americanas.	

ACADA	
EMPRESA: Smiths Detections.	
DESCRIPCIÓN: Sistema estándar de detección puntual a tiempo real de agentes de guerra químicos.	www.smithdetection.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: 2 células de Espectrometría de Movilidad iónica, IMS.	
PESO: 11.79 kg (con la batería).	
DIMENSIONES: 152.4 x 152.4 x 381 mm.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Vapores de agentes de guerra química nerviosos (GA, GB, VX) y vesicantes (HD, GD) a bajas concentraciones.	
TIEMPO DE RESPUESTA: Menos de 3 segundos.	
SENSIBILIDAD: Dentro de los límites establecidos por la normativa OTAN.	
SELECTIVIDAD: Frecuencia de falsos positivos <5%.	
FUENTE DE IONIZACIÓN: No se dispone de datos.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: 1 Unidad de Control de pantalla (CDU) en el centro de control de daños. Interruptor de control de fallos para la evaluación del sistema. Visualiza mensajes de estado, alarma, detección y error.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: Batería: 115 V AC, 60 Hz. Para uso como equipo fijo: AC. Opera durante aprox. 3 horas sin necesidad de recargar la batería y de forma indefinida cuanto está conectado a la red eléctrica AC.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: No se dispone de datos. Temperatura de almacenamiento: No se dispone de datos. Humedad: No se dispone de datos.	
DISPLAY: 1 Unidad de Pantalla remota (RDU) en el puente que visualiza sobre el estado, la alarma y la detección.	
SOFTWARE: Puerto de cable RS 232. Sistema adaptable a nuevos agentes de guerra. Alarma visual y sonora.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: Se recomienda cada 1.500 horas de operación una reparación del equipo.	
APLICACIONES: Monitorización de la contaminación. Diseño especifico para uso en barco.	
TEST DE EVALUACIÓN: Requisitos según normativa MIL estadounidense.	
REFERENCIAS MILITARES: De uso por las fuerzas navales estadounidenses. Está sustituyendo al IPDS.	

5.1.3. Fotometría de Llama

Se trata de una técnica de espectroscopia atómica basada en la emisión de luz de átomos o clusters excitados cuando éstos retornan a sus estados de baja energía. Utiliza una llama como fuente de excitación y un fotodetector electrónico como dispositivo de medida.

Esta técnica permite la detección de agentes nerviosos (G y V) y vesicantes, por la emisión de luz característica de los átomos de azufre o fósforo. También se puede utilizar para todos aquellos TIC que incorporan en sus moléculas este tipo de átomos.

La fotometría de llama se emplea principalmente para análisis cuantitativos ya que para análisis cualitativos es necesario examinar todas las longitudes de onda del espectro de emisión. Sus dos desventajas más importantes son que la energía de excitación es demasiado baja para la mayoría de los elementos y por tanto la sensibilidad de la técnica no es muy alta y la muestra debe estar disuelta.

A continuación se describe el único detector puntual de agentes de guerra química portátil que actualmente incorpora esta tecnología.

AP2C/AP4C

EMPRESA: Proengin.

DESCRIPCIÓN: Detector portátil que muestrea el aire directamente, pudiendo detectar rápida y simultáneamente compuestos que contienen fósforo y azufre.

www.proengin.com

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

TECNOLOGÍA: Fotometria de llama.

PESO: 2 kg (con la batería).

DIMENSIONES: 152.4 x 152.4 x 381 mm.

CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Detección continua y simultánea de agentes de guerra química (nerviosos y vesicantes) y TICs en forma de vapor, aerosol, gotas, polvo, líquidos, sólidos e incluso en muestras congeladas. Detecta más de 5000 TIC y entre 20 y 50 CWA.

TIEMPO DE RESPUESTA: 2 segundos.

SENSIBILIDAD:

Para vapores, aerosoles, gotas y polvo en aire:

- 1.5ppm (10 µg/m^3) para agentes G.
- 60 ppb (420 µg/m^3) para HD.
- 3 µg/m^3 para contaminación superficial.

Para líquidos en superficie:

- 2µg/cm^2 de VX (para contaminación absorbida después de 15 minutos).
- 30µg/l de GB – 25 µg/l de VX – 1.5 mg/l de HD.

En piel (aplicaciones médicas): 0.04 µg/cm^2 de VX – 0.35 µg/cm^2 de HD.

SELECTIVIDAD: Baja frecuencia de falsas alarmas.

INTERFAZ / CONEXIÓN: Uso simple. Alarma visual y sonora.

SUMINISTRO DE ENERGÍA: Batería, por suministro externo (9.32 V DC) o batería recargable.

PARÁMETROS AMBIENTALES:

Temperatura de Operación: -32 a 55 ºC.
Temperatura de almacenaje: 3 a 71 ºC.
Humedad relativa: 0-95%.

DISPLAY: No se dispone de datos.

SOFTWARE: Puede ser transformado en un sistema de alarma añadiéndoles un módulo de alarma en lugar del cajón de la batería. La alarma puede controlarse remotamente hasta una distancia de 1.000 metros.

CARACTERÍSTICAS

MANTENIMIENTO: No necesita recalibrado ni cambio de filtro tras una detección positiva. Sólo necesita las baterías y el gas hidrogeno como consumibles.

APLICACIONES: Utilizado tanto en Defensa militar como civil, e incluso por agencias ambientales para control de contaminación en situaciones de emergencias, como equipo de primera intervención, y en catástrofes o accidentes industriales.

TEST DE EVALUACIÓN: Evaluado frente a agentes químicos de guerra por el TNO (Holanda), CEB (Francia), Israel, Suecia y Singapur.

REFERENCIAS MILITARES: En uso por el ejército francés y por el de otros 40 países, entre los que se encuentra España.

5.1.4. Fotoionización, PID

Los detectores de fotoionización (PID) usan una fuente de luz ultravioleta de alta energía para ionizar sustancias orgánicas volátiles en muy bajas concentraciones (partes por millón, ppm). Las sustancias ionizadas son conducidas al detector a través de un gradiente eléctrico. El potencial de ionización es específico para cualquier compuesto o especie atómica y proporcional a la concentración de la sustancia, de forma que el detector mide esta corriente y muestra la concentración de la sustancias en partes por millón.

La fotoionización es una técnica que se viene utilizando desde hace más de treinta años en múltiples aplicaciones de detección de compuestos orgánicos volátiles. Muy usada en los sistemas de cromatografía de gases para el análisis de sustancias orgánicas en muestras. Su desventaja reside en su baja sensibilidad debido a que su límite de detección se encuentra en el rango de las ppm-ppb. Para aumentar su sensibilidad empleando una técnica de separación previa.

La fotoionización también se utiliza de forma rutinaria en laboratorio para el análisis de hidrocarburos y compuestos que contienen heteroátomos, y su principal aplicación en campo es para la detección de compuestos químicos orgánicos volátiles.

La PID no es selectiva, de forma que cualquier molécula con un potencial de ionización bajo puede ser ionizada con una fuente de ionización de alta energía. Las fuentes UV pueden mejorar la selectividad en compuestos con altos potenciales de ionización.

A continuación se describen algunos equipos de detección portátiles que emplean esta tecnología para la detección de agentes químicos de guerra.

MultiRAE Plus

EMPRESA: RAE Systems.

DESCRIPCIÓN: Detector portátil de agentes químicos de guerra y TIC en estado gaseoso.

www.raesystems.com

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

TECNOLOGÍA: Hasta 5 sensores, incluyendo: Detector de fotoionización para compuestos orgánicos volátiles (COV) lámpara estándar de 10,6 eV; Perla catalítica protegida para gases combustibles; 2 Sensores electroquímicos intercambiables para oxígeno y gases tóxicos (CO, H2S, SO2, NO, NO2, Cl2, HCN, NH2, PH2).

PESO: 454 g con batería.

DIMENSIONES: 11.8 x 7.6 x 4.8 cm.

CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Detección simultánea (500-1000) o independiente. CWA (10-20) y TIC (500-1000).

TIEMPO DE RESPUESTA: Menos de 3 segundos.

SENSIBILIDAD: De 0 a 2.000 ppm de COV (compuestos orgánicos volátiles) con una resolución de 0,1 ppm.

SELECTIVIDAD: No se dispone de datos.

INTERFAZ / CONEXIÓN: El detector MultiRAE Plus se puede convertir en un dispositivo inalámbrico si se combina con RAELink2. Esto permite que la información de monitorización en tiempo real procedente del detector se integre en un sistema AreaRAE existente. Un módem de RF (radiofrecuencia) inalámbrico permite que los detectores equipados con un firmware versión 1.20 o superior se comuniquen para transmitir lecturas y otros datos en tiempo real a un controlador base AreaRAE remoto situado a una distancia de hasta 3,2 km.

SUMINISTRO DE ENERGÍA: Paquetes de baterías alcalinas y de ión Li intercambiables, y Unidades recargables, incluyendo el paquete de bateria de ión litio con cargador interno inteligente, adaptador para pared de 120 V CA/CC y paquete de baterías alcalinas adicional. 14 h de func. continuo con baterias de ión litio (estándar). La unidad funcionará y se cargará al mismo tiempo.

PARÁMETROS AMBIENTALES:
Temperatura de operación: -20 a 45°C
Humedad: 0% a 95% de humedad relativa (sin condensación).

DISPLAY: LCD de 2 líneas y 16 dígitos con luz de fondo automática en condiciones de alarma o luz atenuada.

SOFTWARE: Almacena hasta 80 horas de datos en un intervalo de un minuto para los 5 sensores, que se pueden cargar en un ordenador (con el sistema de registro de datos opcional). Alarma sonora de 90 dB y LED rojo parpadeante para indicar que se han sobrepasado los límites prefijados: Reinicio automático o bloqueo con anulación manual. Alarmas de diagnóstico adicionales y mensajes en pantalla para batería baja y bloqueo de bomba.

CARACTERÍSTICAS

MANTENIMIENTO: No se dispone de datos.

APLICACIONES: Militar y civil. Seguridad para materiales peligrosos / Homeland (evaluación inicial del equipo de protección personal, detección de fugas, establecimiento de perímetros y mantenimiento, delimitación de derrames y descontaminación), entrada a espacios reducidos (entrada a tanques en las alas de aviones con combustible de aviación, espacios reducidos de astilleros con combustible diesel, industria del papel y cartón para entrada a espacios reducidos en entornos con trementina), medio ambiente (análisis de espacio de cabeza del suelo y el agua, fugas en tanques de almacenamiento, subterráneos (LUST), control de vertederos), higiene industrial, salud y seguridad industrial (entrada a espacios reducidos y calidad del aire en interiores).

TEST DE EVALUACIÓN: No se dispone de datos.

REFERENCIAS MILITARES: Unidades de defensa civil y militar y agencias gubernamentales.

MiniRAE 3000	
EMPRESA: RAE Systems.	
DESCRIPCIÓN: Monitor portátil de compuestos orgánicos volátiles (COV).	www.raesystems.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Fotoionización.	
PESO: 738 g.	
DIMENSIONES: 25.5 cm x 7.6 cm x 6.4 cm.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Detección simultanea de 200-500 TIC y CWA.	
TIEMPO DE RESPUESTA: 3 segundos.	
SENSIBILIDAD: de 0 a 15.000 ppm.	
SELECTIVIDAD: No se dispone de datos.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: Transmisión inalámbrica de datos en tiempo real con módem integrado RF o Bluetooth. El módem RAELink3 opcional proporciona capacidad GPS para realizar un seguimiento y mostrar las lecturas de los detectores remotos y también permite realizar una transmisión de larga distancia de hasta 3 kilómetros. Registro de los datos de hasta 6 meses a intervalos de un minuto.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: Paquete de bateria recargable externa de íon lítio sustituible en el sitio. Adaptador para baterias alcalinas. 16 horas de funcionamiento (12 horas com bateria alcalina).	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: -20 a 50 ºC. Humedad: 0-95% de humedad relativa.	
DISPLAY: pantalla con retroiluminación de LED para mejor lectura de la pantalla. Lectura instantánea de ppm por volumen, valores altos, voltaje de la batería y voltaje de conexión, fecha, hora y temperatura. Alarma visual luminosa parpadeante en rojo y sonora de 90 dB.	
SOFTWARE: Software estándar ProRAE Remote puede controlar los datos enviados por hasta 64 monitores remotos, incluidos el MiniRAE 3000 o AreaRAE, entre otros. Lista integrada de factores de corrección de RAE Systems para más dde 200 compuestos.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: Diseñado para que las reparaciones sean sencillas. Fácil acceso a la lámpara y al sensor en cuestión de segundos, sin herramientas. Tecnología de autolimpieza Duty-cycling™ de la lámpara y el sensor.	
APLICACIONES: Militar y civil. Aplicaciones en medioambiente, higiene industrial, para detección de fugas y para equipos de materiales peligrosos.	
TEST DE EVALUACIÓN: No se dispone de datos.	
REFERENCIAS MILITARES: En muchos países OTAN.	

PpRAE3000	
EMPRESA: RAE Systems.	
DESCRIPCIÓN: Detector portátil de agentes químicos de guerra y TIC en estado gaseoso.	www.raesystems.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Fotoionización.	
PESO: 738 g.	
DIMENSIONES: 25.5 cm x 7.6 cm x 6.4 cm.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Detección simultánea (500-1000) o independiente. CWA (10-20) y TIC (500-1000).	
TIEMPO DE RESPUESTA: < 3 segundos.	
SENSIBILIDAD: De 1 ppb a 10.000 ppm.	
SELECTIVIDAD: No se dispone de datos.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: Transmisión inalámbrica de datos en tiempo real con módem integrado RF o Bluetooth. El módem RAELink3 opcional proporciona capacidad GPS para realizar un seguimiento y mostrar las lecturas de los detectores remotos y también permite realizar una transmisión de larga distancia de hasta 3 kilómetros. Registro de los datos de hasta 6 meses a intervalos de un minuto.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: Paquete de bateria recargable externa de íon lítio sustituible en el sitio. Adaptador para baterias alcalinas. 16 horas de funcionamiento (12 horas com bateria alcalina).	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: -20 a 50 ºC. Humedad: 0-95% de humedad relativa.	
DISPLAY: pantalla gráfica de 4 líneas, 28 x 43 mm, con retroiluminación de LED apra mejor lectura de la pantalla. Lectura instantánea de ppm por volumen, valores altos, voltaje de la batería y voltaje de conexión, fecha, hora y temperatura. Alarma visual luminosa parpadeante en rojo y sonora de 95 dB.	
SOFTWARE: El software estándar ProRAE Remote puede controlar los datos enviados por hasta 64 monitores remotos, incluidos el MiniRAE 3000 o AreaRAE, entre otros. Lista integrada de factores de corrección de RAE Systems para más dde 200 compuestos.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: Diseñado para que las reparaciones sean sencillas. Fácil acceso a la lámpara y al sensor en cuestión de segundos, sin herramientas. Tecnología de autolimpieza Duty-cycling™ de la lámpara y el sensor.	
APLICACIONES: Militar y civil. Aplicaciones de higiene industrial, para detección de fugas y para equipos de materiales peligrosos.	
TEST DE EVALUACIÓN: No se dispone de datos.	
REFERENCIAS MILITARES: En muchos países OTAN.	

ToxiRAE Plus PID	
EMPRESA: RAE Systems.	www.raesystems.com
DESCRIPCIÓN: Detector portátil de agentes químicos de guerra y TIC en estado gaseoso de tamaño bolsillo.	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Fotoionización.	
PESO: 180 g.	
DIMENSIONES: 15.2 cm x 4.4 cm x 2.5 cm.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Detección simultanea de 200-500 TIC y CWA.	
TIEMPO DE RESPUESTA: 5 segundos.	
SENSIBILIDAD: De 0 a 99 con 0.1 ppm.	
SELECTIVIDAD: No se dispone de datos.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: amigable, de fácil uso para aplicaciones simples y suficientemente flexible para operaciones sofisticadas.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: Bateria recargable 2,4 V, paquete de bateria de NiCad. Adaptador para baterias alcalinas. 10 horas de monitorización continua e instantánea de compuestos orgánicos volátiles (COV).	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: -20 a 45 ºC. Humedad: 0-95% de humedad relativa.	
DISPLAY: Pantalla de fácil lectura con retroiluminación.	
SOFTWARE: Software estándar ProRAE Remote. Lista integrada de factores de corrección de RAE Systems para más de 300 compuestos.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: Diseñado para que las reparaciones sean sencillas. Fácil acceso a la lámpara y al sensor en cuestión de segundos, sin herramientas. Tecnología de autolimpieza Duty-cycling™ de la lámpara y el sensor.	
APLICACIONES: Militar y civil. Aplicaciones de materiales peligrosos, saneamiento ambiental o entornos industriales.	
TEST DE EVALUACIÓN: No se dispone de datos.	
REFERENCIAS MILITARES: En muchos países OTAN.	

5.1.5. Onda Acústica Superficial, SAW

Los sensores de onda acústica superficial, SAW, se llaman así porque su mecanismo de detección es una onda mecánica o acústica. Cuando esta onda acústica se propaga a través o sobre la superficie de un material, cualquier cambio en las características del curso de propagación afecta a la velocidad y/o amplitud de la onda. Los cambios en la velocidad pueden ser monitorizados a través de la medida de la frecuencia o las características de fase del sensor, de forma que por correlación finalmente se obtiene una cantidad física medible.

Los sistemas o sensores basados en ondas acústicas usan material piezoeléctrico para generar dicha onda. El término piezoeléctrico hace referencia a la producción de cambios eléctricos por la imposición de estrés mecánico. El fenómeno es reciproco, de forma que cuando se aplica un campo eléctrico a un material piezoeléctrico crea estrés mecánico. Los sensores piezoeléctricos de onda acústica aplican un campo eléctrico oscilante para crear una onda mecánica, que se propaga a través del sustrato para reconvertirse posteriormente a un campo eléctrico para su medida

Los sensores SAW químicos tienen la ventaja de su sensibilidad superficial para actuar como sensores físicos y químicos. Si un dispositivo SAW es cubierto con una película de polímero muy fina, se verá afectado de forma que el sistema pierde frecuencia e inserción. Si ese sistema, con su película polimérica, es después sometida a vapores químicos, estos serán absorbidos en el material polimérico, y la perdida de frecuencia e inserción será mucho mayor. Este cambio final es lo que permite al sistema funcionar como sensor químico, que tienen una buena respuesta para un amplio rango de compuestos químicos, desde compuestos orgánicos hasta compuestos con volatilidad variable. La capacidad de detectar diferentes vapores viene determinada por el peso molecular y la presión parcial de vapor. Así mismo, la selectividad de la capa polimérica a una compuesto químico en forma de vapor depende del tipo de interacción entre ellos.

A continuación se describen las características técnicas de algunos equipos comerciales que incorporan este tipo de sensores

HAZMADCAD PLUS	
EMPRESA: MSA.	
DESCRIPCIÓN: Detector portátil de trazas de agentes de guerra química nerviosos y TIC.	www.msanorthamerica.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Array sensor SAW. La serie plus usa una combinación de array sensor SAW para la detección e identificación rápida de los agentes nerviosos y TIC y una célula electroquímica para la detección de agentes sanguíneos y asfixiantes.	
PESO: 1.5 kg.	
DIMENSIONES: 5.8 x 20.1 x 24.9 cm.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Detecta y clasifica en función de la configuración agentes de guerra nerviosos, vesicantes, sanguíneos, asfixiantes y TIC. La serie plus incluye 4 células electroquímicas para detectar agentes sanguíneos (CN/CA), asfixiantes (fosgeno/CG), halógeno y gases híbridos.	
TIEMPO DE RESPUESTA: Modo altamente sensible: 2 minutos. Modo rápido: 20 segundos.	
SENSIBILIDAD: GA: 0.0133 ppm ; GB:0.017 ppm; GD: 0.015 ppm; GF y VX: 0.01 ppm; AC: 5 ppm; HD: 0.09 ppm. HN: 0.06 ppm; CG: 2 ppm; CL: 3.44 ppm; HCN: 9 ppm.	
SELECTIVIDAD: Baja frecuencia de falsas alarmas.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: Puerto RS-232. Fácil de usar. Totalmente automatizado. Modo dual: rápido o altamente selectivo.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: 115 VAC +/- 10%. 60 Hz +/- 5% o 2 baterías de ión litio.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: No se dispone de datos. Temperatura de almacenamiento: No se dispone de datos. Humedad: No se dispone de datos.	
DISPLAY: No se dispone de datos.	
SOFTWARE: Incluye modo de entrenamiento. Alarma sonora.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: Se requiere un cambio anual del sensor de la célula electroquímica.	
APLICACIONES: Militar y civil. Diseñado para actuaciones de primera intervención.	
TEST DE EVALUACIÓN: Testado contra agentes de guerra químicos, SBCCOM en enero del 2003.	
REFERENCIAS MILITARES: No se dispone de datos.	

CW SentryTM 3G	
EMPRESA: Microsensor System Inc.	
DESCRIPCIÓN: Sistema fijo de detección de trazas de agentes de guerra química nerviosos y vesicantes.	www.microsensorsystem.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Usa un array sensor SAW para la detección e identificación rápida de los agentes nerviosos y vesicantes. La serie plus incorpora también una célula electroquímica que permite la detección semiselectiva de CN, fosgeno y algunos TIC.	
PESO: No se dispone de datos.	
DIMENSIONES: No se dispone de datos.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Detecta simultáneamente agentes de guerra nerviosos y vesicantes. La serie plus permite la detección simultanea de agentes nerviosos, vesicantes, sanguíneos y asfixiantes y la identificación de algunos TIC específicos.	
TIEMPO DE RESPUESTA: No se dispone de datos.	
SENSIBILIDAD: Dentro de los límites establecidos por la normativa OTAN.	
SELECTIVIDAD: Baja frecuencia de falsas alarmas.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: Fácil de usar. Totalmente automatizado. Permite el uso de múltiples detectores en red.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: 115 VAC +/- 10%. 60 Hz +/- 5%.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: No se dispone de datos. Temperatura de almacenamiento: No se dispone de datos. Humedad: No se dispone de datos.	
DISPLAY: No se dispone de datos.	
SOFTWARE: Ejecuta autodiagnósticos y control de verificación del sistema.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: Bajo mantenimiento.	
APLICACIONES: Militar y civil. Monitorización continua de instalaciones (edificios, metro, aeropuerto) para control de contaminación y sistemas de alarma.	
TEST DE EVALUACIÓN: No se dispone de datos.	
REFERENCIAS MILITARES: En uso por agencias federales estadounidenses.	

ChemSentry 150C Chemical Detection System	
EMPRESA: RAE Systems.	Foto no disponible www.raesystems.com
DESCRIPCIÓN: Sistema de detección puntual, pequeño, ligero y robusto de agentes químicos de guerra.	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Sensores de onda acústica superficial (SAWs) y una célula electroquímica.	
PESO: 0.90 kg (con batería incluida).	
DIMENSIONES: 11.7 x 18.8 x 6.4 cm.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Permite la detección simultanea de agentes nerviosos (serie G y V), agentes vesicantes (HJD, HN_3, L) y agentes sanguíneos (AC). Informa cuando los vapores amenazantes aumentan, disminuyen o se disipan.	
TIEMPO DE RESPUESTA: Pocos segundos, en función de la concentración del CWA.	
SENSIBILIDAD: Agentes Nerviosos: 0.1 mg/m^3. Agentes Vesicantes: 2 mg/m^3. Agentes sanguíneos: 22 mg/m^3.	
SELECTIVIDAD: Baja frecuencia de falsas alarmas. Está diseñado para detectar en presencia de interferentes.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: Interfaz con el usuario seleccionable. Interfaz externa: Conectividad Rs-232. Alarma visual y sonora.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: Batería recargable: 12-18 horas de operación continua. Batería no recargable: 12-20 horas de operación continua. Energía externa: opera con energía AC (90V - 265 V ac, 50-400 Hz) o DC (10.5-35 V ac).	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: -32 a 49ºC. Temperatura de almacenamiento: -39 a 52 ºC. Humedad Relativa: 0-100%. Altitud de operación: 0 a 7620 metros.	
DISPLAY: LCD, alerta LED, audio mutable.	
SOFTWARE: Registro de datos para 100 eventos y 10 horas de operación. Capacidad de auto-diagnóstico.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: No requiere consumibles ni calibración y la limpieza es rápida. Bajo mantenimiento. Filtros internos de repuesto.	
APLICACIONES: Militar y civil. Como detector individual o fijo tanto en ámbito militar como civil (protección civil: cuerpos de primera intervención como bomberos o policía). Se puede montar en vehículos, aviones, barcos, edificios y conectar con redes, fuentes de energía externas y unidades de alarma remota.	
TEST DE EVALUACIÓN: Ha sido evaluado tanto en laboratorio como en campo. Diseñado para reunir los requerimientos de detección química militares y de protección civil.	
REFERENCIAS MILITARES: No se dispone de datos.	

5.1.6. Espectrometría por movilidad diferencial

La *Espectrometría por Movilidad Diferencial* es una técnica analítica que supone una mejora, en cuanto a resolución y sensibilidad, con respecto a la espectrometría de movilidad iónica o IMS. Esta técnica permite la clasificación y selección continua de partículas cargadas según su movilidad eléctrica «Z» (velocidad que adquiere una partícula cargada ante un determinado valor de campo eléctrico). La movilidad eléctrica es un parámetro muy útil en la clasificación de partículas de interés y compuestos orgánicos volátiles, porque es característica de cada partícula.

El fundamento de esta técnica consiste en que los iones, moléculas o partículas cargadas que se quieren analizar son arrastrados a través de una región ocupada por un fluido debido a la presencia de un campo eléctrico. Estos iones o partículas cargadas son desviados por el desplazamiento del fluido en una corriente perpendicular al campo eléctrico. La mayor o menor separación de su trayectoria respecto a las líneas de campo eléctrico depende de la movilidad eléctrica de la partícula.

Actualmente es una tecnología que se está investigando aunque ya hay un equipo comercial.

JUNO	
EMPRESA: General Dynamics Armament and Technical Products.	
DESCRIPCIÓN: Sistema portátil de monitorización continua, detección, identificación y cuantificación de gases químicos. No sólo permite monitorizar los niveles de exposición sino que también permite determinar la eficacia de la descontaminación.	www.gdatp.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Espectrometría por movilidad diferencial de nueva generación.	
PESO: 0.907 kg.	
DIMENSIONES: No se dispone de datos.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Detección de agentes de guerra química (5-10) y TIC (5-10) en forma de vapor.	
TIEMPO DE RESPUESTA: De segundos a minutos.	
SENSIBILIDAD: Partes por trillón.	
SELECTIVIDAD: Altamente selectivo. Muy baja frecuencia de falsas alarmas. La frecuencia de falsos positivos es muy baja, casi inexistente.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: Alarma audible o visual.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: Batería o 110 VAC.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: No se dispone de datos.	
DISPLAY: No se dispone de datos.	
SOFTWARE: Actualizable. La librería puede ser ampliada.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: No se dispone de datos.	
APLICACIONES: Equipo de primera intervención.	
TEST DE EVALUACIÓN: No se dispone de datos.	
REFERENCIAS MILITARES: No se dispone de datos.	

5.1.7. Otras

Algunos detectores comerciales integran varias tecnologías con objeto de mejorar sus capacidades de detección y su fiabilidad.

A continuación se describe un equipo que incorpora 4 tecnologías distintas que pueden actuar por separado o simultáneamente para la confirmación del resultado. Estas tecnologías son: IMS (con una fuente de ionización radiactiva de Ni63), otra es un fotoionizador (10.2 eV), una célula electroquímica y dos sensores de óxido de metal o semiconductor.

ChemPro 100i	
EMPRESA: Environics.	
DESCRIPCIÓN: Equipo portátil de uso en campo para la detección, clasificación y medición de agentes de guerra química y TIC seleccionados.	www.environics.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Array de sensores: Espectrometría de movilidad iónica, IMS, 6 sensores semiconductores y sensores de presión, temperatura, humedad y flujo de masa.	
PESO: 880 gramos (incluida la batería).	
DIMENSIONES: 23 x 10.1 x 17 cm.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Detección de agentes de guerra química y TIC seleccionados.	
TIEMPO DE RESPUESTA: Segundos.	
SENSIBILIDAD: Desde pocas ppb a algunas ppm (sustancias específicas).	
SELECTIVIDAD: Baja frecuencia de falsas alarmas.	
VOLUMEN DE MUESTREO: 1.3 lpm (bomba interna con flujo de aire continuo).	
FUENTE DE IONIZACIÓN: Radiactiva. Americio 241.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: Interfaz de fácil uso. Conexión RS. 232 / Puerto de conexión USB. Opcional programa de interfaz con el usuario. Alarma audible y visual.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: Batería ión lítio recargable de 8 horas continuas de duración y pilas alcalinas (6 x AA) de 5 horas continuas de duración. 110-250 VAC, 50-60 Hz o 9.5 – 32 VDC en vehículo.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de Operación: Desde -30a +55 ºC. Temperatura de Almacenaje: Desde -40 a +71 ºC. Humedad: 0 – 95 % no condensada. Resistencia a shock y vibración: MIL-STD-810E.	
DISPLAY: LCD gráfico con 3 operaciones clave.	
SOFTWARE: Librería estándar de agentes de guerra química y librerías opciones de first responders, TIC, precursores de agentes de guerra química y compuestos orgánicos volátiles.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: Simple. No requiere calibración ni cambio de consumibles. Los filtros pueden ser cambiados por el operador.	
APLICACIONES: Civil y militar. Respuesta a emergencias, vigilancia y reconocimiento y monitorización y detección en campo.	
TEST DE EVALUACIÓN: No se dispone de datos.	
REFERENCIAS MILITARES: Países de la OTAN: Bomberos y personal de primera intervención.	

ChemProFXi	
EMPRESA: Environics.	
DESCRIPCIÓN: Equipo fijo para para la detección, clasificación y medición de agentes de guerra química y TIC seleccionados en barcos.	www.environics.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Array de sensores: Espectrometría de movilidad iónica, IMS, 6 sensores semi-conductores y sensores de presión, temperatura, humedad y flujo de masa.	
PESO: 8.3 kg (incluida la batería).	
DIMENSIONES: 27 x 36 x 11 cm.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Detección de agentes de guerra química y TIC seleccionados.	
TIEMPO DE RESPUESTA: Segundos.	
SENSIBILIDAD: Desde pocas ppb a algunas ppm (sustancias específicas).	
SELECTIVIDAD: Baja frecuencia de falsas alarmas.	
VOLUMEN DE MUESTREO: 1.3 lpm (bomba interna con flujo de aire continuo).	
FUENTE DE IONIZACIÓN: Radiactiva. Americio 241.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: Interfaz de fácil uso. Eternet RS. 485- Bus. Alarma audible y visual.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: 110-250 VAC, 50-60 Hz o 9.5 – 32 VDC.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de Operación: Desde -30a +55 ºC. Temperatura de Almacenaje: Desde -40 a +71 ºC. Humedad: 0 – 95 % no condensada. Resistencia a polvo y agua: IP65.	
DISPLAY: LCD gráfico con 3 operaciones clave.	
SOFTWARE: Librerías estándar de agentes de guerra química y de TIC.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: Simple. No requiere calibración ni cambio de consumibles. Los filtros pueden ser cambiados por el operador.	
APLICACIONES: Civil y militar. Protección de infraestructuras fijas, monitorización del aire interno y externo en barcos, monitorización aérea, sistemas de seguridad de zonas subterráneas.	
TEST DE EVALUACIÓN: No se dispone de datos.	
REFERENCIAS MILITARES: Países de la OTAN: Bomberos y personal de primera intervención.	

ChemPro DM	
EMPRESA: Environics.	
DESCRIPCIÓN: Equipo fijo (instalaciones y vehículos) para la detección, clasificación y medición de agentes de guerra química y TIC seleccionados.	www.environics.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Array de sensores: Espectrometría de movilidad iónica, IMS, 6 sensores semiconductores y sensores de presión, temperatura, humedad y flujo de masa.	
PESO: Aprox. 1 kg (incluida la batería).	
DIMENSIONES: 13 x 9 x 6 cm.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Detección de agentes de guerra química y TIC seleccionados.	
TIEMPO DE RESPUESTA: Segundos.	
SENSIBILIDAD: Desde pocas ppb a algunas ppm (sustancias específicas).	
SELECTIVIDAD: Baja frecuencia de falsas alarmas.	
VOLUMEN DE MUESTREO: 1.3 lpm (bomba interna con flujo de aire continuo).	
FUENTE DE IONIZACIÓN: Radiactiva. Americio 241.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: Interfaz de fácil uso. Puertos RS. 232 / RS-485. Alarma audible y visual programables.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: 9 – 36 VDC (vehículo) o vía remota (100-260 VAC).	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de Operación: Desde -30a +55 ºC. Temperatura de Almacenaje: Desde -40 a +71 ºC. Humedad: 0 – 95 % no condensada. Resistencia a shock y vibración: MIL-STD-810E y 461E.	
DISPLAY: LCD gráfico con 3 operaciones clave.	
SOFTWARE: Más de 20 librerías con más de 50 compuestos cada una. Permite la localización por GPS.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: Simple. No requiere calibración ni cambio de consumibles. Los filtros pueden ser cambiados por el operador. Autochequeo integrado.	
APLICACIONES: Civil y militar. Protección de infraestructuras críticas.	
TEST DE EVALUACIÓN: No se dispone de datos.	
REFERENCIAS MILITARES: Países de la OTAN: Bomberos y personal de primera intervención.	

GDA2	
EMPRESA: Airsense Analitics.	www.airsense.com
DESCRIPCIÓN: Sistema de monitorización, detección e identificación de gases químicos. También permite la detección de contaminación en superficie.	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Incorpora 4 tecnologías que trabajan simultáneamente o de forma separada: Un IMS (con una fuente de ionización radiactiva de Ni^{63}), un *fotoionizador* (10.2 eV), una célula electroquímica y 2 sensores de óxido de metal o semiconductores.	
PESO: 4.2 kg (con batería).	
DIMENSIONES: 395 x 112 x 210 mm.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Detección de vapores y aerosoles de agentes nerviosos (GA, GB, GD, GF, VX), vesicantes (HD, HN, L) y sanguíneos (AC) y TICs mediante tecnología IMS. El *fotoionizador* o PID, que ioniza por luz ultravioleta, permite detectar los hidrocarburos aromáticos (mayor interferente en un sistema militar. Los *sensores de óxido de metal o semiconductores* funcionan a 200-400ºC y miden la resistencia electrónica que cambia cuando hay sustancias orgánicas y algunas sustancias inorgánicas en el ambiente. Se le añaden dopantes para cambiar y mejorar su respuesta. La *célula electroquímica* al actuar en combinación con el IMS y el foto-ionizador confirma los resultados del IMS.	
TIEMPO DE RESPUESTA: 15 minutos.	
SENSIBILIDAD: IMS: Desde 1 ppm hasta 3000 ppm, en función del compuesto. PID: Desde 20 ppm hasta 3000 ppm, en función del compuesto. Célula electroquímica: desde 0.1 ppm hasta 100 ppm, en función del compuesto. Semiconductores: Desde 0.2 ppm hasta 3000 ppm, en función del compuesto.	
SELECTIVIDAD: Baja frecuencia de falsos negativos, sin embargo la frecuencia de falsos positivos es mayor al detectar como CWA aquellos compuestos de naturaleza química, grupo funcional y tamaño molecular similares.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: Alarma audible o visual. Requiere entrenamiento o personal especialista para su uso.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: Batería de ión litio recargable, aunque están diseñados para poder utilizar baterías militares (superior a 4 horas). También es posible el suministro externo AC.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: -15 a 35 ºC.	
DISPLAY: No se dispone de datos.	
SOFTWARE: Incluye tres librerías, una correspondiente a los agentes de guerra química, la lista ETW que contiene 32 compuestos químicos facilitados por los bomberos y la lista AEGL que contiene 139 compuestos frente a los que uno puede estar expuesto sin mascara en un tiempo determinado (4 horas).	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: El tiempo de vida de las células electroquímicas es de 1 año de vida y el de los semiconductores es de 5-6 años. Requiere consumibles: Soluciones de evaluación y sustancias de calibración.	
APLICACIONES: Equipo de primera intervención en uso por Policía, Bomberos y Fuerzas Armadas para monitorización de zonas o superficies contaminadas.	
TEST DE EVALUACIÓN: No se dispone de datos.	
REFERENCIAS MILITARES: Actualmente está siendo evaluado en campo por las Fuerzas armadas alemanas e italianas.	

5.2. Detección standoff o a distancia

Los detectores standoff pueden ser pasivos o activos, y el principio físico de detección se basa principalmente en las propiedades espectrales de los agentes de guerra químicos en la región infrarroja del espectro. Los detectores *pasivos* graban el espectro infrarrojo emitido o absorbido por los agentes de guerra químicos diferenciable a causa del gradiente térmico que existe entre la nube de CWA y el fondo atmosférico. Sin embargo, los detectores *activos* analizan las propiedades atmosféricas mediante el impacto en la atmósfera de un láser remoto como fuente de excitación.

Entre estos tipos de detectores hay una diferencia fundamental relacionada con la capacidad de identificar la fuente de la señal. En los detectores *pasivos* la fuente de la señal no puede ser predicha con precisión y por tanto no se pueden obtener modelos para el proceso de medida y de incertidumbre. Sin embargo, en los detectores *activos* la señal puede ser determinada matemáticamente en función de las características del sistema de detección, de la dispersión y absorción de los aerosoles y gases, así como, de las características del blanco topográfico presentes, permitiendo obtener un modelo completo del proceso de medida e incertidumbres. No obstante, los equipos de detección a distancia activos no son lo ideal desde el punto de vista militar porque son fácilmente detectables por el enemigo.

Los detectores pasivos trabajan mejor cuando los agentes de guerra químicos se encuentran en fase de vapor, mientras que la respuesta de los detectores activos es mejor cuando los agentes de guerra químicos se encuentran en fase de aerosol. Algunos de los detectores infrarrojos pasivos que se encuentran hoy en día disponibles comercialmente permiten el reconocimiento y vigilancia de nubes químicas a una distancia de 5 kilómetros. En nuevos desarrollos se están incorporando sensores infrarrojos con resolución multiespectral e hiperespectral con aplicación en respuesta ante situaciones de emergencias.

El control y evaluación de estos detectores, para certificar su idoneidad y fiabilidad en aplicaciones en campo, supone una serie de retos, entre los que cabe destacar la imposibilidad de evaluar frente a agentes de guerra química en este tipo de ambientes, teniendo que utilizar agentes simulantes. Por otro lado, los cambios ambientales pueden afectar significativamente al funcionamiento del equipo. La energía láser es atenuada por la atmósfera natural, los agentes de guerra química y otros aerosoles

y gases que se encuentren en el medio. En ambos tipos de detectores, la radiación detectada es analizada espectral y temporalmente con algoritmos sofisticados para extraer la señal procedente de los agentes de guerra química presentes.

A continuación se describen algunas de las tecnologías de detección pasiva que están incorporadas en los equipos disponibles en el mercado.

5.2.1. Espectrometría Infrarroja

La espectrometría en el infrarrojo es sumamente útil para determinaciones cualitativas de compuestos orgánicos y para deducir estructuras moleculares, a partir de los grupos funcionales de compuestos orgánicos e inorgánicos. En el análisis cualitativo la espectroscopia de infrarrojo puede usarse para la identificación de sustancias puras o para la absorción, localización e identificación de impurezas y productos de reacción gracias a su especificidad molecular.

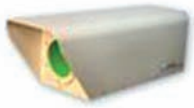
La mayoría de los materiales orgánicos e inorgánicos demuestran absorción y el espectro es originado principalmente por el alargamiento vibracional y flexión dentro de la molécula. El espectro infrarrojo es una de las propiedades más características de un compuesto, es una «huella dactilar» del compuesto ya que no existen dos espectros iguales para dos compuestos diferentes.

Dentro de la región del IR existen dos regiones, una de ellas corresponde a la de los grupos funcionales de 4000 cm-1 a 1300 cm-1, y la otra a la región dactilar de 1300 cm-1 a 670 cm-1. En la región de los grupos funcionales la posición del pico de absorción es mayor o menor dependiendo solamente del grupo al que llega la absorción y no depende de la estructura molecular completa. Por tanto, la posición de los picos en la región dactilar es dependiente de la estructura molecular completa.

La medición de radiación infrarroja es difícil debido a la baja intensidad de las fuentes disponibles y a la poca energía del fotón infrarrojo. Como consecuencia de estas propiedades, la señal eléctrica de un detector infrarrojo es pequeña y su edición requiere grandes factores de amplificación. Generalmente, el sistema detector en un espectrofotómetro IR es el que limita la sensibilidad y la precisión. Los detectores utilizados en infrarrojo son detectores térmicos y detectores de fotoconducción.

A continuación se describen las características de algunos equipos disponibles comercialmente o en desarrollo que incorporan esta tecnología.

Second Sight® MS	
EMPRESA: Bertin Technologies.	
DESCRIPCIÓN: Sistema pasivo de detección a distancia de nubes de agentes de guerra química, compuestos orgánicos volátiles y TIC. La monitorización es continua (día y noche) y en tiempo real.	www.bertin.fr
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Camará Infrarroja (mide em el infrarrojo lejano) no refrigerada.	
PESO: 18 kg.	
DIMENSIONES: 67 cm x 28 cm x 33 cm.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Detección e identificación de agentes de guerra química, compuestos orgánicos volátiles y TIC. El rango de detección es de 1 km hasta 3 km.	
TIEMPO DE RESPUESTA: 2 segundos.	
SENSIBILIDAD: No se dispone de datos.	
SELECTIVIDAD: Baja frecuencia de falsas alarmas.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: Uso sencillo, com monitorización em tiempo real.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: 4 horas de autonomía.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: -20 a 55ºC. Temperatura de almacenamiento: -20 a 70ºC. Humedad: No se dispone de datos.	
DISPLAY: No se dispone de datos.	
SOFTWARE: Libreria de gases químicos de campo, actualizable.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: No se dispone de datos.	
APLICACIONES: Militar y civil. Vigilancia (día y noche) y protección de áreas críticas frente a agentes de guerra química y TIC.	
TEST DE EVALUACIÓN: Evaluado por CBE, Dugway, y Brno. El equipo ha sido evaluado en campo por el DSTL. También se han realizado pruebas en ambiente urbano en Singapur.	
REFERENCIAS MILITARES: En uso por las FAS de Francia entre otros.	

ChemSight Model CS450	
EMPRESA: Avir Sensors.	
DESCRIPCIÓN: Sistema de detección activo a distancia (máximo de 45 metros). No sólo detecta, también identifica y mide los niveles de concentración.	www.avirsensors.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Espectrometria de absorción infrarroja de patrón abierto.	
PESO: 8.2 kg (detector); 4.5 kg (lámpara infrarroja).	
DIMENSIONES: 17cm x 57 cm x 19 cm (detector); 35 cm x 27 cm x 35 cm (lámpara infrarroja).	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Cualquier compuesto químico que absorba en el IR en el rango de 3 a 5 µm y de 8 a12 µm.	
TIEMPO DE RESPUESTA: 1 segundo, y el tiempo de identificación es de 1 a 30 segundos.	
SENSIBILIDAD: De partes por millón. Desde 0.04 ppm hasta 4.4 ppm.	
SELECTIVIDAD: No se dispone de datos.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: No se dispone de datos.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: 100-240 VAC, 50-60 Hz.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: 0 a 50 ºC. Temperatura de almacenamiento: No se dispone de datos. Humedad: Del 0 al 95% de humedad relativa.	
DISPLAY: No se dispone de datos.	
SOFTWARE: Comercial. Site Protector™, que proporciona una evaluación de la amenaza, identifica el gas y mide los niveles de concentración. Marca el tiempo y otros datos para una monitorización independiente o su inclusión en tros software de integración estándar de la industria. Realiza patrones de autodiagnóstico.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: Simple. Limpieza de la ventana de germanio dependiendo del ambiente.	
APLICACIONES: Militar y civil.	
TEST DE EVALUACIÓN: Evaluado en campo por las Fuerzas armadas de EE.UU.	
REFERENCIAS MILITARES: En uso por el gobierno e industrias estadounidenses.	

5.2.2. Espectrometría Infrarroja con Transformada de Fourier, FTIR

La desventaja de la espectrometría de absorción en el infrarrojo es que sólo es posible obtener buena información cuando se irradia la molécula con una sola frecuencia IR. Una forma de aumentar la sensibilidad de la Espectrometría infrarroja es aplicar la Transformada de Fourier, algoritmo que permite la descomposición de una señal en componentes de frecuencias distintas y medibles, de forma que cuando se irradia a la molécula con cada frecuencia de luz infrarroja a la vez, se obtiene en minutos el espectro de absorción completo de la muestra para cada longitud de onda.

La incorporación de este algoritmo permite la mejora de la resolución de los espectros de absorción y la obtención de una mayor sensibilidad debido a la mayor energía de flujo de haz de luz que llega al detector y la mejora de la relación señal / ruido por promediación de las curvas.

A continuación se describen las principales características y especificaciones técnicas de varios equipos que incorporan esta tecnología.

I-SCAD	
EMPRESA: General Dynamics Armament and Technical Products.	Foto no disponible www.gdatp.com
DESCRIPCIÓN: Sistema pasivo de detección a distancia (superior a 5 kilómetros) de nubes de agentes de guerra química. La monitorización es continua (día y noche).	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Espectrometría Infrarroja com Transformada de Fourier, FTIR.	
PESO: 18.6 kg.	
DIMENSIONES: Modular.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Detección, identificación y clasificación de agentes de guerra química y TIC, siendo capaz de discriminar agentes naturales de interferentes.	
TIEMPO DE RESPUESTA: No se dispone de datos.	
SENSIBILIDAD: No se dispone de datos.	
SELECTIVIDAD: Baja frecuencia de falsas alarmas.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: Amigable, con monitorización em tiempo real. Alarma visual y audible.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: 4 horas de autonomía.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: No se dispone de datos.	
DISPLAY: No se dispone de datos.	
SOFTWARE: Liberaria de gases químicos, actualizable en campo.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: No se dispone de datos.	
APLICACIONES: Militar y civil. Sistema fijo de vigilancia integrado en plataformas terrestre.	
TEST DE EVALUACIÓN: Evaluado por las fuerzas armadas de Estados Unidos.	
REFERENCIAS MILITARES: En uso por las FAS de Estados Unidos.	

RAPID	
EMPRESA: Bruker Daltonics.	
DESCRIPCIÓN: Sistema de detección a distancia, a tiempo real, de nubes de todos los agentes de guerra química conocidos y los TIC más importantes. Permite la monitorización automática de nubes a distancias de hasta 5 kilómetros.	www.bdal.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Espectrometría infrarroja con Transformada de Fourier.	
PESO: - SEM-360º: 18.6 kg. - SEM-60º: 19.5 kg. - PA: 6.8 kg. - ODU: 5 kg.	
DIMENSIONES: - SEM-360º: 83,8 x 20,3 cm. - SEM-60º: 81,2 x 20,3 cm. - PA : 27,9 x 33,9x12,7 cm.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Permite la detección de agentes nerviosos (GA, GB, GD, GV, VX, Vx), vesicantes (HD, HN_3, L) y sanguíneos (AC, CK). Distingue agentes de guerra químicos de agentes naturales o interferentes de batalla producidos por el hombre.	
TIEMPO DE RESPUESTA: No se dispone de datos.	
SENSIBILIDAD: Dentro de los límites establecidos por la normativa OTAN. La sensibilidad para los agentes sanguíneos es de: AC 6.600 mg/m^2; CK 6.600 mg/m^2.	
SELECTIVIDAD: No se dispone de datos.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: Alarma sonora y/o visual.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: 28 Vdc para vehículo o 115Vac.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de Operación: -32ºC a 49ºC. Temperatura de Almacenamiento: -39ºC a 71ºC. Humedad relativa: 0 a 95%.	
DISPLAY: N/A.	
SOFTWARE: Uso de algoritmos sofisticados de reconocimiento de patrones. Elabora informes NBQ detallados a través de una red conjunta de alarma e informe.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: Simple.	
APLICACIONES: Militar y civil. Sistema fijo de vigilancia integrado en vehículos, barcos y helicópteros. Permite la monitorización de perímetros mediante el uso de varios equipos en red.	
TEST DE EVALUACIÓN: Normativa para condiciones ambientales y a bajas y altas temperaturas: MIL-STD-810E (método 514.4). Para interferencia electromagnética: MIL-STD-461/462 y el test de gota según MIL-STD-810.	
REFERENCIAS MILITARES: Incorporado en el VRAC español.	

5.2.3. Espectroscopia de Absorción Infrarroja con Laser de Cascada Cuántica

Otra forma de aumentar la sensibilidad de los espectrómetros de absorción en el infrarrojo es mediante la incorporación de láseres de alta potencia, como es el caso de los láseres de cascada cuántica (QCL). Estos láseres pueden emitir luz sobre una amplia gama del espectro electromagnético. La estructura cristalina de un láser QCL contiene hasta 1000 capas que se alternan entre dos diversos semiconductores. Adaptando el grueso de estas capas, la longitud de onda del láser se puede variar a través de una gama sin precedente usando la misma combinación de materiales.

Los láseres de cascada cuántica presentan una excelente alternativa para el mediano infrarrojo. El proceso se basa en utilizar un electrón para producir muchos fotones en un ciclo. La variedad de longitudes de onda que pueden emitirse con un mismo material representan una enorme ventaja. Por otro lado, puede emitirse a temperaturas ambiente, con altas potencias y eficiencias relativamente altas.

A continuación se describe un nuevo equipo comercial que incorpora esta tecnología.

LaserScan	
EMPRESA: Block Engineering.	
DESCRIPCIÓN: Sistema activo de detección a distancia (de hasta 0.6 metros) de agentes químicos sobre superficies.	www.blockeng.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Espectroscopia de absorción infrarroja (IR medio) que incluye um láser de nueva generación, se trata de un laser en cascada cuántica, que opera em dos rangos diferentes del espectro de absorción, de 6 a 10 micras y de 7 a 12 micras.	
PESO: 4.3 kg.	
DIMENSIONES: 25 cm x 20 cm x 12 cm.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Agentes químicos de guerra y explosivos en forma líquida o vapor sobre superficies. El sustrato puede ser material altamente absorbente o material difuso.	
TIEMPO DE RESPUESTA: Unos pocos segundos.	
SENSIBILIDAD: Partes por billón. Detecta concentraciones em superfície inferiores a 2 µg/cm². Normalmente desde películas de submicrones a 50 micrones, dependiendo del material.	
SELECTIVIDAD: No se dispone de datos.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: Interfaz a través de puerto USB a un ordenador. Interfaz eléctrica 120 voltios e interfaz óptica compatible con accesorios estándar de FTIR.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: No se dispone de datos.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: 10ºC a 30ºC. Temperatura de almacenamiento: -10ºC a 30ºC. Humedad: No se dispone de datos.	
DISPLAY: No se dispone de datos.	
SOFTWARE: Software comercial: LaserScan.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: No se dispone de datos.	
APLICACIONES: Militar y civil.	
TEST DE EVALUACIÓN: Evaluado en campo por el Gobierno de EE.UU.	
REFERENCIAS MILITARES: Se trata de un producto nuevo en uso por el Gobierno de EE.UU.	

5.2.4. CO_2 DIAL

Se trata de una tecnología que identifica los agentes químicos en base a sus propiedades de absorción en el espectro infrarrojo. El principio de operación se basa en que cualquier agente a ser detectado es posible encontrarlo en dos longitudes de onda, una de ellas (ION) se absorbe fuertemente, mientras que la otra (IOFF) sólo es absorbida ligeramente y se usa para distinguir la atenuación causada por las moléculas del agente detectado de otras fuentes de atenuación. Los pulsos láser son transmitidos a través de la nube química, se reflejan en alguna característica del terreno, atraviesan la nube otra vez y son recibidos. Si el agente está presente en la ruta de medición, se observa una fuerte atenuación sobre ION. El valor de la atenuación diferencial es tal que se usa para calcular el contenido de la columna del agente, la concentración media sobre el patrón de medida puede determinarse usando la distancia medida hasta la característica del terreno. La transmisión que sale del sistema consiste en dos láseres de CO_2 TEA, el primero es sintonizado en ION, y el segundo, que se sintoniza en IOFF, se activa después de un retraso de una fracción de segundo. El uso de los dos láseres en lugar de uno hace que la medición sea más rápida y elimina la influencia no deseada de la turbulencia atmosférica sobre la medida.

A continuación se describe un nuevo equipo de detección a distancia en uso por las FAS eslovacas y basado en esta tecnología.

DD-CWA	
EMPRESA: VOP TRENCÍN.	
DESCRIPCIÓN: Sistema activo de detección a distancia de agentes químicos que permite la medida cuantitativa y la evaluación de perfiles de concentración.	www.voptrencin.sk.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: CO_2 DIAL.	
PESO: 43 kg.	
DIMENSIONES: 62 cm x 26 cm x 31.8 cm.	
CAPACIDAD DE DETECCIÓN: Agentes químicos de guerra (Tabún, Sarín Soman, VX, Iperita) y Simulantes (SF6, metanol, etileno, amoniaco) a distancias de hasta 5 km. No evalúa la concentración local, sino la concentración media de un agente especifico a lo largo de la trayectoria de medición. Rango espectral es de 9.2 a 10.7 µm y la energía del láser es de 50mJ (10P20).	
TIEMPO DE RESPUESTA: Aprox. 10segundos para un agente, y 25 segundos para todos los agentes.	
SENSIBILIDAD: Tabún: 0.05 µg/l; Sarín: 0.1 µg/l; Soman: 0.1 µg/l; VX: 0.08 µg/l; Iperita:0.5 µg/l.	
SELECTIVIDAD: No se dispone de datos.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: Sencillo.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: No se dispone de datos.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: No se dispone de datos.	
DISPLAY: No se dispone de datos.	
SOFTWARE: No se dispone de datos.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: No se dispone de datos.	
APLICACIONES: Militar y civil. Este equipo se emplea en vigilancia y reconocimiento y para ello va montando en vehículo, fijándolo en una plataforma especial, que permite el acimut y la elevación de barrido en el rango deseado.	
TEST DE EVALUACIÓN: Evaluado por las fuerzas armadas eslovacas, VTUO, WichiR.	
REFERENCIAS MILITARES: Se trata de un producto nuevo en uso por las FAS eslovacas y los equipos de primera intervención polacos.	

5.3. Identificación de agentes de guerra química

Según el AEP-10 (ahora AEP-66), se definen tres niveles de identificación:

- *Identificación Provisional*: Un agente químico puede ser considerado provisionalmente identificado cuando reúne uno de los siguientes criterios:
  - Los datos de retención cromatográfica obtenidos para el agente de guerra química y medidos bajo dos diferentes condiciones experimentales se corresponden a un agente de guerra química conocido o,
  - Los datos de retención cromatográfica obtenidos para el agente de guerra química con un detector específico se corresponden con los de un agente de guerra química conocido.
- *Identificación Confirmada*: La identificación de un agente de guerra química es confirmada cuando se cumple uno de los siguientes criterios:
  - El espectro completo obtenido de una única técnica espectrométrica (MS, RMN o IR) se corresponde con el espectro de referencia de una base de datos. Si el ión molecular no está presente en el espectro de masas, deberá llevarse a cabo una ionización química para confirmar la masa molecular del compuesto.
  - Los datos de retención cromatográfica obtenidos de un agente de guerra química durante un análisis de espectrometría de masas usando la monitorización del ión seleccionado (mínimo de tres iones) se corresponde con un agente de guerra conocido.
- *Identificación Inequívoca*: Proporciona el mayor nivel de certeza requerido para el desarrollo de posiciones estratégicas. La identificación de un agente de guerra química es inequívoco cuando se cumplen los siguientes criterios:
  - Los datos de retención cromatográfica obtenidos para el agente de guerra química y el espectro requerido usando dos técnicas espectrométricas diferentes (MS, RMN o IR) se corresponden con los obtenidos para un estándar de referencia bajo condiciones experimentales idénticas. Si el ión molecular no está presente en el espectro de masas, debe llevarse a cabo la confirmación de la masa molecular del compuesto con técnicas como la ionización química.

La identificación provisional en campo puede llevarse a cabo con un equipo de identificación portátil, sin embargo para una identificación confirmada se necesita el contraste de los resultados obtenidos con tecnolo-

gías diferentes. Por otro lado, la identificación inequívoca del compuesto detectado requiere de un análisis en un laboratorio acreditado, lo que se conoce como análisis forense, puesto que su objetivo es demostrar el empleo de tal agente. En situaciones de despliegue, la identificación confirmada se soluciona mediante la dotación de laboratorios móviles.

Actualmente, España no dispone de laboratorio móvil y el laboratorio de referencia nacional es el LAVEMA, Laboratorio de Verificación de Armas Químicas de la Unidad de Defensa Química del Ministerio de Defensa, ubicada en el área NBQ y Materiales del Instituto Tecnológica La Marañosa, ITM.

A continuación se describen las técnicas de identificación en las que están basados los equipos actuales que están siendo utilizados por diferentes países.

5.3.1. Cromatografía de gases-Espectrometría de Masas en tándem

El acoplamiento de un cromatógrafo de gases con un espectrómetro de masas lo convierte en una herramienta muy eficaz para la identificación de los compuestos volátiles de una mezcla compleja. El caudal de una columna cromatográfica es, en general, suficientemente bajo como para que a la salida pueda introducirse en la cámara de ionización de un espectrómetro de masas, ya que estos requieren una cantidad muy pequeña de muestra para realizar un análisis. Para superar esta limitación, la mayoría de los espectrómetros de masas comerciales se suministran con los accesorios necesarios para su acoplamiento a un cromatógrafo de gases.

Los distintos compuestos de una mezcla se van separando a medida que atraviesan la columna cromatográfica, de forma que cuando abandonan el cromatógrafo y se introducen en el espectrómetro de masas están separados. Una vez en este último, se produce la fragmentación y el análisis de las relaciones carga / masa de los iones, obteniéndose los espectros de masas correspondientes. La determinación del compuesto analizado se realiza mediante la comparación con los espectrómetros de las librerías informáticas.

La combinación de estas dos técnicas ha potenciado enormemente su desarrollo, de forma que la primera actualmente está siendo utilizada para la identificación de mezclas complejas, mientras que la segunda ha tenido que reducir su tamaño introduciendo analizadores cuadrupolares y trampas de iones para facilitar el acoplamiento de ambas técnicas.

A continuación se describen varios equipos comerciales que incorporan esta tecnología y que están siendo utilizados actualmente por las FAS de diferentes países.

MM2 Mobile Mass Spectrometer

EMPRESA: Bruker Daltonics.

DESCRIPCIÓN: Equipo portable que permite la identificación de compuestos químicos orgánicos en cualquier medio (agua, aire, etc.).

www.bdal.com

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

TECNOLOGÍA: Cromatografía de gases- espectrometría de masas con cuadrupolo.

PESO: 35 kg.

DIMENSIONES: 44 cm x 30.7 cm x 42.8 cm.

CAPACIDAD DE IDENTIFIACIÓN: Identificación de agentes de guerra química. Hasta 20 sustancias simultáneamente.

TIEMPO DE RESPUESTA: No se dispone de datos.

SENSIBILIDAD: No se dispone de datos.

VOLUMEN DE MUESTREO: 43 litros.

INTERFAZ / CONEXIÓN: No se dispone de datos.

SUMINISTRO DE ENERGÍA: 24 V DC.

PARÁMETROS AMBIENTALES:
Temperatura de operación: –32 a +49 ºC (MIL-STD810F).
Temperatura de almacenaje: -51 a 71ºC (MIL-STD810F).
Humedad: 95% a 30ºC (MIL-STD810F).
Frecuencia de exploración: 7200 da(sg con una resolución de 0.1 da

DISPLAY: No se dispone de datos.

SOFTWARE: Evaluación de datos basado en la librería NIST. Entrenamiento, operación y mantenimiento reducidos al mínimo. PC estándar separado, Sistema de operación basado en WINDOWS. Conexión vía interface Eternet-100. Software de tres niveles para visualización de resultados, modo experto y servicio. Evaluación de datos NIST.

CARACTERÍSTICAS

MANTENIMIENTO: Incluye accesorios como el horno para el GC, sondas, muestreador de tierra. Los consumibles no son estándar.

APLICACIONES: Aplicación militar para reconocimiento de zonas contaminadas, en accidentes industriales, reconocimientos medioambientales. También para controles de inspección en el marco de la CWC o para detección de drogas (cocaína, heroína, etc.). El equipo puede ser integrado en vehículos o en redes de sensores.

TEST DE EVALUACIÓN: Requerimiento de vibración, shock y altitud: MIL-STD810F. EMC: MIL-STD 461E, IEC61326-1 (Directiva EMC 89/336/EEC).

REFERENCIAS MILITARES: En uso por las FAS de Japón, Rumania, Emiratos Árabes y Reino Unido.

HAPSITE	
EMPRESA: Inficon.	www.inficon.com
DESCRIPCIÓN: Sistema portátil de monitorización e identificación *in situ* de agentes de guerra químicos y de TIC.	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Cromatografía de gases + Espectrometría de masas.	
PESO: 15.9 kg.	
DIMENSIONES: 45.7 x 43.2 x 17.8 cm.	
CAPACIDAD DE IDENTIFICACIÓN: Identificación confirmatoria de entre 5 y 10 tipos de agentes de guerra química y más de 5.000 compuestos tóxicos industriales.	
TIEMPO DE RESPUESTA: Cercano a tiempo real en el modo de espectrómetro de masas, y menor de 15 minutos en el modo GC/MS.	
SENSIBILIDAD: Límites de detección: ppb (Rango de 0.1 a 10 ppb) e incluso ppt.	
SELECTIVIDAD: Altamente selectivo, no hay tendencia a falsos positivos, permitiendo diferenciar entre agentes químicos de interés y aquellos que pueden ser interferentes.	
VOLUMEN DE MUESTREO: No se dispone de datos.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: Fácil de manejar por el usuario. Auto-alarma visual y sonora. Sistema de posicionamiento global (GPS) incorporado. Permite la grabación exacta de la latitud y longitud de la localización de la muestra.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: Modulo analítico: Pack de batería NiMH recargable o inversor AC. Tiempo de Vida de la batería: aprox. 3 horas. Consumo interno de energía: 24V, 30 W a condiciones de operación normales. 150W como máximo. Modulo servicio: 100-250 V (ac), 332 VA a condiciones de operación normales.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Diseñado para ambientes extremos. Modulo analítico: Temperatura de operación: 0 a 45ºC. Modulo servicio: 20 k.o. Temperatura de operación: 5 a 35 ºC.	
DISPLAY: No se dispone de datos.	
SOFTWARE: Llibrerías de MS AMDIS. Capacidad de programación de la temperatura, lo que amplía el rango de analitos en una único viaje, mientras el tiempo de análisis es más corto. Modulo analítico: Sistema de tratamiento de Datos: Procesador Integral Pentium Intel o portátil basado en Windows.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: Requiere como consumibles el gas portador nitrógeno, gas estándar interno, bomba de vacío NEG y la batería recargable. Así mismo, requiere calibración diaria.	
APLICACIONES: Militar y civil. Equipo para análisis ambientales in situ (aire, agua, tierra, superficies, sedimentos). Respuesta a emergencias (evaluación de accidentes y catástrofes y control de emisiones de fábricas) y reconocimiento de zonas contaminadas. Integración en vehículos de reconocimiento.	
TEST DE EVALUACIÓN: Desarrollado para su uso en campo (resistente temperaturas adversas y fácil de descontaminar). Los tests realizados han sido para compuestos orgánicos volátiles en aire, agua y tierra y para agentes químicos de guerra.	
REFERENCIAS MILITARES: Ampliamente distribuido entre los países de la OTAN.	

Griffin 460™	
EMPRESA: FLIR.	
DESCRIPCIÓN: Sistema de monitorización continua del aire, detección, identificación, cuantificación y confirmación de una gran variedad de compuestos químicos.	www.flir.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Cromatografia de gases (GC) acoplada a un tándem de dos espectrómetros de masas de trampa iónica cilíndrica (MS-MS).	
PESO: 44.5 kg (incluido el sistema antivibración).	
DIMENSIONES: 48.8 cm x 48.8 cm x 53 cm.	
CAPACIDAD DE IDENTIFICACIÓN: Es capaz de confirmar la presencia de drogas, explosivos, agentes químicos de guerra, tóxicos industriales y compuestos orgánicos, incluso los volátiles y los semivolátiles, en muestras sólidas, líquidas, vapores o gas. No requiere preparación de la muestra.	
TIEMPO DE RESPUESTA: No se dispone de datos.	
SENSIBILIDAD: No se dispone de datos.	
SELECTIVIDAD: No se dispone de datos.	
VOLUMEN DE MUESTREO: con jeringa de inyección directa es de 1 microlitro.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: Totalmente automatizada por conexión w/portátil, o a través de conexión eternet. Operación remota y diagnóstico remoto. Permite obtener la coordenadas GPS de donde se coge la muestra.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: Input: 100-120 / 220-240 VAC, 50/60 Hz a 15 A. Alternativamente: 24 VDC (± 5%, 25 A, 600 W).	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: 5° - 35°C. Humedad: inferior 85% de humedad relativa.	
DISPLAY: No se dispone de datos.	
SOFTWARE: Comercial: GSS (Griffin System Software™): Versátil y flexible para adaptarse al nivel de formación y experiencia de los diferentes usuarios. Permite el desarrollo de métodos personalizados y la creación de una base de datos química. Emplea múltiples librerías, entre ellas la NIST.	
CARACTERÍSTICAS	
CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS: los componentes analíticos están integrados a la estructura de la carcasa a través de un sistema antivibración para proporcionarle resistencia a los choques y a la vibración. Esté sistema le permite ser montado o transportado en vehículos o en laboratorios móviles, y le permite funcionar incluso en movimiento.	
MANTENIMIENTO: Emplea consumibles estándar, fácilmente disponibles en el mercado, como los tubos de absorción (Tenax) y el gas portador (Hidrogeno o Helio).	
APLICACIONES: Militar y civil. Protección de edificios y bienes frente a amenazas químicas, análisis de contaminantes medioambientales e investigación forense en campo.	
TEST DE EVALUACIÓN: Evaluado por el TNO, entre otros.	
REFERENCIAS MILITARES: En uso por las FAS de Italia, Francia, Alemania, Finlandia y EE.UU.	

5.3.2. Espectrometría infrarroja con transformada de Fourier, FTIR

Como ya se ha mencionado en el apartado anterior, una forma de aumentar la sensibilidad de la Espectrometría infrarroja es aplicar la Transformada de Fourier, FTIR. Esta tecnología además de ser utilizada para la detección a distancia de agentes químicos de guerra también permite una identificación confirmada del mismo por lo que se está incorporando en algunos equipos de análisis portátiles, si bien necesitan apoyarse en otras tecnologías de detección (como la tecnología Raman) para la verificación de sus resultados y la obtención de una identificación inequívoca.

A continuación se describen tres equipos que incorporan esta tecnología.

HazMadID	
EMPRESA: Smiths Detection.	
DESCRIPCIÓN: Sistema portátil y robusto que identifica in situ y en segundos a agentes químicos de guerra y TIC en todo tipo de muestras (polvos, líquidos o sólidos).	www.smithsdetection.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Espectrometría Infrarroja con Transformada de Fourier.	
PESO: 10.3 kg.	
DIMENSIONES: 45.7 x 27.9 x 17.8 cm.	
CAPACIDAD DE IDENTIFICACIÓN: El sistema compara de forma instantánea la sustancia desconocida con las librerías de referencia de compuestos conocidos. Actualmente disponen de bases de datos para agentes nerviosos (GA, GB, GD, GF, VX) y vesicantes, TIC y compuestos químicos y explosivos más comunes. No requiere de preparación de la muestra. Discrimina los polvos de talco, silicatos, leche en polvo, etc.	
TIEMPO DE RESPUESTA: 20 segundos.	
SENSIBILIDAD: Depende del tipo de muestra.	
SELECTIVIDAD: Interferencia con compuestos no críticos, como el agua y mezclas.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: Fácil de usar. Permite su uso en red. Sensor de diamante con monitorización de video integrado.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: Batería interna de 2 horas. Tiempo de carga de la batería es de 3 horas. Suministro externo:110 V.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: -7 a 50 ºC. Rango de Humedad: 0-100%.	
DISPLAY: No se dispone de datos.	
SOFTWARE: Comunicación de acceso por radio/remota, lo que permite el control remoto del software. Apoyo hasta 128 bits. Seguridad de encriptación WEB.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: No requiere calibración. Operación continua: 24/7. El láser y la fuente tienen que ser reemplazadas cada 2-3 años.	
APLICACIONES: Militar y civil. Para respuesta a emergencias y reconocimiento de zonas contaminadas.	
TEST DE EVALUACIÓN: SBCCOM para agentes químicos de guerra.	
REFERENCIAS MILITARES: En uso por las FAS inglesas y estadounidenses y en otras unidades o equipos de respuesta estadounidenses.	

GasID	
EMPRESA: Smiths Detection.	
DESCRIPCIÓN: Sistema portátil y robusto que permite la identificación in situ de gases y vapores desconocidos.	www.smithsdetection.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Espectrometría Infrarroja con Transformada de Fourier.	
PESO: 11.34 kg.	
DIMENSIONES: 44.4 x 30.5 x 19 cm.	
CAPACIDAD DE IDENTIFICACIÓN: Permite la identificación de agentes nerviosos y vesicantes y TICs (más de 5.000) en forma de vapor y gas.	
TIEMPO DE RESPUESTA: Minutos (<2minutos).	
SENSIBILIDAD: No se dispone de datos.	
SELECTIVIDAD: Baja frecuencia de falsas alarmas.	
VOLUMEN DE MUESTREO: No se dispone de datos.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: Fácil de usar. Pantalla táctil. Permite su uso en red, requiriendo autorización de seguridad para el acceso. Sistema de operación Windows®.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: Interna o principal. La batería del ordenador y del calefactor es recargable (2 horas de duración). La batería de la bomba es de NiCads recargable (duración 10 horas).	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: -7 a 50 ºC. Rango de Humedad: 0-80% no condensado.	
DISPLAY: No se dispone de datos.	
SOFTWARE: Incluye librerías para agentes nerviosos y vesicantes, NIST/EPA (base de datos para infrarrojo en fase gaseosa), y la de TICS del Laboratorio Nacional del Pacifico Noroeste. Permite la introducción de nuevos compuestos. Almacenamiento de datos externa: USB, sistemas Flash, transmisiones Floopy, transmisión CD-Rom.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: No requiere ni calibración ni consumibles. Operación continua 24/7.	
APLICACIONES: Militar y civil. En situaciones de emergencias (accidentes industriales, etc.) y reconocimiento de zonas contaminadas.	
TEST DE EVALUACIÓN: No se dispone de datos.	
REFERENCIAS MILITARES: Equipos de respuesta a emergencias, personal de los cuerpos de seguridad y fuerzas del orden y agencias militares.	

ID 100	
EMPRESA: Environics.	
DESCRIPCIÓN: Equipo portátil de identificación y clasificación en tiempo real e in situ de gases y vapores desconocidos.	www.environics.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Espectrometría Infrarroja con Transformada de Fourier.	
PESO: 11.5 kg.	
DIMENSIONES: 36x 38 x 15 cm.	
CAPACIDAD DE IDENTIFICACIÓN: Permite la identificación y medida continua de agentes de guerra química y TICs en forma de vapor y gas.	
TIEMPO DE RESPUESTA: Minutos (<2minutos).	
SENSIBILIDAD: 0.01 a 200 ppm. El límite de detección es de 10 ppb a 2 ppm.	
SELECTIVIDAD: No se dispone de datos.	
VOLUMEN DE MUESTREO: 1 litro por minuto con bomba interna.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: RS232 (USB) o Bluetooth (con PDA).	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: 12 VDC o 115/230 VAC. Batería de ión litio recargable y fácilmente intercambiable de 2.5-3 horas de duración.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: -15 a 40 ºC. Temperatura de almacenamiento: -20 a 60 ºC. Rango de Humedad: 0-90% no condensado.	
DISPLAY: PDA con WindowsTM.	
SOFTWARE: Incluye librerías para agentes de guerra química y TIC. También incluye la librería ITF25 y permite la introducción de nuevos compuestos.	
CARACTERÍSTICAS	
MANTENIMIENTO: Mínimo. No requiere ni calibración ni consumibles (no requiere ni gases portadores ni unidades de muestreo).	
APLICACIONES: Militar y civil. Para unidades de emergencias y misiones de vigilancia y reconocimiento.	
TEST DE EVALUACIÓN: No se dispone de datos.	
REFERENCIAS MILITARES: No se dispone de datos.	

5.3.3. Espectroscopia Raman

La espectroscopia Raman es una técnica fotónica de alta resolución que proporciona en pocos segundos información química y estructural de casi cualquier material orgánico y/o inorgánico permitiendo así su identificación. El análisis consiste en el examen de luz dispersada por un material al incidir un haz de luz monocromático. Una pequeña parte de la luz se dispersa inelásticamente experimentando ligeros cambios de frecuencia que son característicos del material analizado e independientes de la frecuencia de luz incidente. Se trata de una técnica analítica no destructiva puesto que se realiza directamente sobre el material a analizar, sin necesidad de una preparación previa y que no supone ninguna alteración de la superficie sobre la que se lleva a cabo el análisis.

A continuación se facilita información sobre dos equipos comerciales para la identificación de agentes de guerra química y TIC.

Responder RCI	
EMPRESA: Smiths Detection.	www.smithsdetection.com
DESCRIPCIÓN: Sistema portátil y robusto que permite la identificación in situ de agentes de guerra química (10-20) y de TICs (>5000) en muestras líquidas, sólidas y mixtas.	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Espectroscopia Raman.	
PESO: 2.7 kg.	
DIMENSIONES: 22.2 x 19 x 10.1 cm.	
CAPACIDAD DE IDENTIFICACIÓN: Capacidad de identificación de agentes de guerra química nerviosos y vesicantes (10-20), TIC (más de 5.000), explosivos, narcóticos, etc.	
TIEMPO DE RESPUESTA: No se dispone de datos.	
SENSIBILIDAD: No se dispone de datos.	
SELECTIVIDAD: No se dispone de datos.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: Simple. Usa un sistema operativo Windows®, controlado por el dedo o puntero. Comunicación inalámbrica con el HazMatID. Almacenamiento externo de datos: Soporte USB completo, Memorias flash, Unidad de disco, CD-R.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: Batería interna, alimentación principal. Duración del funcionamiento y de la carga son cada 5 horas.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: El sistema es impermeable. Todas las partes externas son resistentes a soluciones alcalinas o ácidas. Temperatura de operación: -7°C a 50°C. Temperatura de almacenamiento: No se dispone de datos. Humedad: De 0 a 100%.	
DISPLAY: Pantalla táctil.	
SOFTWARE: Comercial. El software del «RespondeR RCI» está simplificado. Incluye una librería de más de 16.500 espectros RAMAN para: Polvos blancos, explosivos, agentes nerviosos & vesicantes, narcóticos, productos químicos corrientes, etc.	
CARACTERÍSTICAS	
CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS: El vial de recogida puede ser sustituido por un filtro seco donde se recogen las partículas, y posteriormente el filtro se diluye en agua para el análisis posterior.	
MANTENIMIENTO: No se dispone de datos.	
APLICACIONES: Militar y civil. Respuesta a emergencias y equipos de primera intervención.	
TEST DE EVALUACIÓN: No se dispone de datos.	
REFERENCIAS MILITARES: En uso por Seguridad Nacional, equipos HazMat y TEDAX y equipos especiales de narcóticos.	

ReporteR	
EMPRESA: Airsense Analytics.	
DESCRIPCIÓN: Sistema portátil que permite la identificación in situ de agentes de guerra química (nerviosos y vesicantes), de explosivos y drogas en muestras líquidas y sólidas de pequeño tamaño.	www.airsense.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Espectroscopia Raman.	
PESO: 400 g.	
DIMENSIONES: 13 x 7 x 4 cm.	
CAPACIDAD DE IDENTIFICACIÓN: Capacidad de identificación de agentes de guerra química nerviosos (Sarin, Soman, Tabun) y vesicantes(Iperita y mostaza nitrogenada), explosivos, narcóticos, etc.	
TIEMPO DE RESPUESTA: No se dispone de datos.	
SENSIBILIDAD: No se dispone de datos.	
SELECTIVIDAD: No se dispone de datos.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: No se dispone de datos.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: Batería recargable de ión litio de 4 horas continuas de duración.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: -20°C a 40°C. Temperatura de almacenamiento: -30°C a 60°C.	
DISPLAY: Pantalla OLED de alta visibilidad.	
SOFTWARE: Específico, permite la superposición de los espectros. Incluye diferentes librerías (law enforcement, plásticos, compuestos químicos), en función de la aplicación. Las librerías pueden ser ampliadas. Almacenaje de datos en tarjeta Micro SP (1GB).	
CARACTERÍSTICAS	
CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS: la potencia del láser es de 120 mW, 50 mW en la muestra. La resolución del sistema es de 12-17 cm-1, y el rango espectral es de 300-2000 cm-1.	
MANTENIMIENTO: No se dispone de datos.	
APLICACIONES: Militar y civil. Respuesta a emergencias y equipos de primera intervención.	
TEST DE EVALUACIÓN: No se dispone de datos.	
REFERENCIAS MILITARES: No se dispone de datos.	

First Defender RMX	
EMPRESA: Ahura.	
DESCRIPCIÓN: Sistema portátil que permite la identificación in situ de compuestos químicos sospechosos (CWA, TIC, explosivos, drogas, etc.).	www.ahurascientific.com
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TECNOLOGÍA: Espectroscopia Raman.	
PESO: 919 g.	
DIMENSIONES: 19.6 x 11.4 x 6.14 cm.	
CAPACIDAD DE IDENTIFICACIÓN: Capacidad de identificación de agentes de guerra química (más de 50), TIC (entre 1000 y 2500), explosivos, drogas, etc.	
TIEMPO DE RESPUESTA: Inferior a 30 segundos.	
SENSIBILIDAD: No se dispone de datos.	
SELECTIVIDAD: No se dispone de datos.	
INTERFAZ / CONEXIÓN: No se dispone de datos.	
SUMINISTRO DE ENERGÍA: Batería recargable de ión litio de 4 horas continuas de duración. O suministro externo 12 V 1.25 A.	
PARÁMETROS AMBIENTALES: Temperatura de operación: -20°C a 40°C. Temperatura de almacenamiento: No se dispone de datos.	
DISPLAY: Pantalla OLED de alta visibilidad.	
SOFTWARE: Manual o automático. Algoritmos quimio-métricos patentados para el análisis automático de muestras, mostrando el resultado en una pantalla azul. Incluye diferentes librerías (CW, TIC, precursores, drogas, etc.), en función de la aplicación. Las librerías pueden ser ampliadas.	
CARACTERÍSTICAS	
CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS: La potencia del láser es ajustable (75 mW, 125 mW o 250 mW). La resolución del sistema es de 7 a 10.5 cm-1.	
MANTENIMIENTO: No se dispone de datos.	
APLICACIONES: Militar y civil. Respuesta a emergencias y equipos de primera intervención. Puede ser integrado en un robot.	
TEST DE EVALUACIÓN: MIL-STAND-810-G e IP67.	
REFERENCIAS MILITARES: No se dispone de datos.	

SOPT

SISTEMA DE OBSERVACIÓN Y PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

6. TENDENCIAS TECNOLÓGICAS

6. TENDENCIAS TECNOLÓGICAS

El cambio en el tipo de amenazas acaecido en los últimos tiempos ha supuesto un reto desde el punto de vista de la Seguridad y la Defensa. Tales amenazas son más variadas, menos flexibles y menos predecibles, lo que ha supuesto así mismo cambios en la estrategia operativa, organizacional y en la política a desarrollar para hacerles frente.

Las investigaciones actuales en tecnología para la detección de agentes químicos se centran principalmente en el incremento de la velocidad de respuesta y de la sensibilidad, a la vez que se trata de reducir el tamaño y el coste de los equipos que salgan al mercado. En este sentido, existe una tendencia a la mejora de las tecnologías ya existentes y a la búsqueda de nuevas tecnologías de detección que mejoren la respuesta a ataques, tecnologías que se incorporarían en los nuevos sistemas de detección e identificación.

De forma general podríamos decir que la principal limitación de los sistemas de detección de agentes de guerra química es la frecuencia de falsas alarmas. Normalmente, la tasa de falsas alarmas admisible en un sistema de detección puede ser de aproximadamente un 5%, pero se prefieren los sistemas con una tasa inferior a este porcentaje. La reducción de esta tasa puede ser un reto muy importante para la industria, que deberá tratar de incorporar técnicas de detección diferentes, y crear redes eficaces y algoritmos inteligentes, otorgándole un enfoque integrador.

La capacidad del detector para integrarse en red y proporcionar datos en tiempo real son requisitos esenciales. Para lograr este objetivo se requieren técnicas de fusión de datos, de análisis, algoritmos y software de inteligencia en red. Por otro lado, el modelado y la simulación, el análisis de la respuesta del detector y del fondo ambiental, la identificación de isótopos, las técnicas de reconocimiento de patrones, etc., son algunos de los parámetros en los que se están centrando actualmente las actividades de I+D.

Por otro lado, no debemos olvidar que la combinación de distintas tecnologías en un mismo equipo permite ampliar el rango de detección del tipo de compuestos y disminuir la frecuencia de falsas alarmas, obteniendo resultados más fiables.

Por tanto, la posibilidad de disponer de equipos de detección in situ y a distancia eficaces, portátiles o como mínimo transportables para la monitorización y alarma ante un ataque con agentes NBQ, sumado a la integración de los mismos en vehículos (ligeros y pesados), UAV (Vehículos aéreos no tripulados) o UGV (vehículos terrestres no tripulados) para tareas de vigilancia y reconocimiento de áreas permite ampliar el rango de protección de las fuerzas armadas frente a este tipo de agentes. Actualmente, ya se disponen de sistemas comerciales con este objetivo y prácticamente todos los países tienen en marcha proyectos de I+D para su desarrollo o para la mejora de sus prestaciones, tanto en el sector militar como en el civil.

Ya existen UGV comerciales que incorporan sensores químicos, como el *Talon Gen IV*, de la empresa Foster Miller, que incorpora el LCD3.2, Chemsentry y el firstdefender, o el *210Negotiator* o *510 Packbot*, de iRobot, que también incorpora detectores químicos (MultiRAE y el LCD3.2).

La Espectrometría por Movilidad Iónica o IMS (Ion Mobility Spectrometry, en ingles) y Fotometría de llama son las tecnologías más utilizadas e incorporadas en los principales equipos de detección portátiles en uso para agentes de guerra química. No obstante, en los últimos años se busca la mejora de sus capacidades (límites de detección, tiempo de respuestas, ampliación de librerías de referencia, menor número de falsas alarmas, etc.).

En cuanto a la búsqueda de nuevas tecnologías o tecnologías ya conocidas pero nunca aplicadas anteriormente en esta área, se puede decir que en algunas de las líneas en las que se centran las investigaciones, España está entre los primeros en cuanto a capacidad y conocimiento. Entre estas tecnologías se encuentran la Espectroscopia por movilidad diferencial, la Espectroscopia de Microondas, la Espectrometría de Plasma Inducida por láser, Espectroscopia Raman o Espectrometría de Absorción en Frecuencia Terahertz.

La *Espectroscopia por Movilidad Diferencial* o DMS (Differential Mobility Spctrometry, en ingles) es una técnica analítica que supone una mejora

con respecto a la espectrometría de movilidad iónica o IMS, ya que permite la clasificación y selección continua de partículas cargadas según su movilidad eléctrica «Z» (velocidad que alcanza en presencia de un campo eléctrico dividida por la magnitud del campo) en un campo eléctrico. Esta tecnología no es nueva, aunque sólo se conoce un equipo comercial, de reciente desarrollo, que incorpora esta tecnología para la detección de agentes de guerra química, por lo que hay muchas líneas de investigación en marcha, centradas principalmente en las tecnologías de adquisición, inyección, ionización, selección y tratamiento de las muestras. Existen empresas españolas, que ha diseñado y desarrollado varios prototipos basados en esta técnica para la detección de volátiles procedentes de explosivos y agresivos químicos.

La *Espectroscopia de Microondas con Transformada de Fourier sobre Agregados Moleculares con Ablación Láser*, cuyas siglas en ingles son LA-MB-FTMW (Laser Ablation- Molecular Beam Fourier Transform Microwave Spectroscopy) se basa en el análisis del espectro generado por la rotación y vibración de las moléculas. El aire contaminado se introduce en forma de pulsos en una cámara de alto vacío donde mediante radiación de microondas se obtiene su espectro de rotación/vibración, característico de cada molécula. Estados Unidos ha desarrollado un equipo basado en esta tecnología para la determinación de la contaminación en la industria del automóvil y el Centro Biológico y Químico de Edgewood Arsenal está estudiando, en colaboración con el NIST, su aplicación militar en detección de explosivos y de agentes NBQ.

En España, el grupo de investigación del Departamento de Química Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Valladolid ha realizado grandes avances científicos basados en esta técnica que han sido publicados en revistas internacionales de gran prestigio.

Otra técnica sobre la que se está investigando es la *Espectrometría de Plasma inducida por Láser*, también conocida con LIBS (siglas en ingles de Laser Induced Breakdown Spectrometry). Esta técnica consiste básicamente en hacer incidir un haz láser (pulsado) focalizado sobre una muestra en estado sólido y producir una ablación controlada de la misma. Este control se ejerce mediante la selección de la longitud de onda del láser y su intensidad. La mayor ventaja del LIBS reside en que no requiere muestreo y la respuesta es en tiempo real. Es muy útil por su posible uso en la detección de contaminación superficial (in situ) y de detección a distancia de gases y aerosoles. En esta técnica España tam-

bién es pionera a través del grupo de investigación del profesor Laserna de la Universidad de Málaga.

Por otro lado, otra tecnología presuntamente candidata para la detección de explosivos y agentes de guerra química es la *Espectroscopia de Absorción en Frecuencia Terahertz*. Esta tecnología se basa en el uso de la radiación del infrarrojo lejano para extraer la información espectral molecular, lo que permite la determinación de las propiedades ópticas del material en función de la frecuencia. Estos sistemas utilizan pulsos cortos de radiación THz de amplia banda, generando normalmente pulsos láser ultrarrápidos que proporcionan información con alta sensibilidad. La principal ventaja de esta tecnología en aplicaciones de Seguridad y Defensa radica en su posible uso dual en detección a distancia de agentes de guerra biológicos, químicos, explosivos o drogas, a través de análisis espectrométricos y de la obtención de imágenes de dichos compuestos en frecuencia Teraherz. De esta forma se disminuye la frecuencia de falsas alarmas y se aumenta la sensibilidad de los dispositivos o sistemas que incorporen esta tecnología.

La *Espectroscopia Raman* es una técnica de dispersión de luz monocromática donde un rayo láser a una longitud de onda determinada se refleja sobre una muestra, de forma que la luz se dispersa. La mayoría de la luz se dispersa a la misma longitud de onda que la luz incidente, sin embargo una pequeña parte es dispersada a diferentes longitudes de ondas como consecuencia de su interacción con las moléculas de las muestras. A esto es a lo que se conoce como efecto Raman de la Resonancia que permite obtener información molecular muy específica, dependiendo de la longitud de onda de excitación usada y de las características ópticas del compuesto a identificar. El análisis de los desfases de frecuencia (espectro) revela las frecuencias de vibración características de los átomos y, por tanto, la composición química y la estructura del material. Esta tecnología permite la detección in situ y stand off de agentes de guerra químicos, de forma no destructiva y no invasiva, sin necesidad de muestreo y en tiempo real. No obstante, el que esta técnica sea poco usada, aun existiendo ya equipos disponibles comercialmente, se debe a que la fluorescencia también se excita con los láseres de longitud de onda visible, como fuente de excitación, y esto inunda la señal Raman dispersada, lo que hace que las medidas sean virtualmente imposibles. La fluorescencia deja de ser un problema si se utiliza excitación UV. Sin embargo, los láseres UV necesarios para la Espectroscopia Raman son muy costosos.

Una tecnología emergente que pronto podrá ser usada para la detección de agentes químicos son los sensores miniaturizados de nanotubos de carbono. Los extremos de los nanotubos generan campos de alta electricidad cuando se exponen a diferentes gases, exhibiendo conductancias eléctricas diferentes. Esta diferencia en las conductancias pueden ser usadas para identificar gases y mezclas de gases de un modo similar a cómo se lleva a cabo con la espectrometría de movilidad iónica, IMS.

Las generaciones anteriores de sensores de nanotubos han estado limitadas por la sensibilidad a los cambios en las condiciones ambientales, la imposibilidad de identificar los gases con bajas energías, y por una transferencia pobre de carga. Sin embargo ya existe algún desarrollo de sensor de ionización del gas que genera campos eléctricos en baja tensión. Estos sensores tienen una buena sensibilidad y pueden ser compactos y funcionar con pilas. Esta tecnología ofrece muchas ventajas sobre la fotometría de llama, fotoionización, y otras técnicas actualmente en uso.

Por último, hay que señalar que a medio y largo plazo se esperan grandes avances en esta área como consecuencia de la aplicación de la Nanotecnología y Biotecnología, que permitirán disponer de nanodispositivos miniaturizados o chips de detección e identificación para la obtención de resultados más rápidos y fiables.

SOPT

SISTEMA DE OBSERVACIÓN Y PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

7. ACRÓNIMOS

7. ACRÓNIMOS

ADN	Acido Desoxiribonucleico.
ARN	Ácido Ribonucleico.
CBRNE	Chemical, Biological, Radiological, Nuclear and Explosive / Químico, Biológico, Radiológico, Nuclear y Explosivos.
COLPRO	Collective Protection / Protección Colectiva.
CWC	Chemical Weapons Convention / Convención de Armas Químicas.
CWA	Chemical Warfare Agent / Agentes de guerra química.
DMS	Differential Mobility Spectrometry / Espectrometría por movilidad diferencial.
FTIR	Fourier Transform Infrarred Spectrometry / Espectrometría Infrarroja con Transformada de Fourier.
GC	Gas Cromatography / Cromatografía de gases.
ICT50	Concetración de agresivo que incapacita al 50% de la población expuesta.
IMS	Ion Mobility Spectrometry / Espectrometría por movilidad iónica.
IDLH	Inmediate Danger to Life and Health / Peligro inmediato para la vida y la salud.
IR	Infrarrojo.
LA-MB-FTMW	Laser Ablation Molecular Beam Fourier Transform Microwave Spectrometry / Espectrometría de Microondas con Transformador de Fourier sobre Agregados Moleculares con Ablación Láser.

LAVEMA	Laboratorio de Verificación de Armas Químicas.
LCt50	Concentración Letal al 50% de la población expuesta.
LIBS	Laser Induced Breakdown Spectrometry /Espectrometría de Plasma inducida por Láser.
MS	Mass Spectrometry / Espectrometría de masas.
NBQ	Nuclear, Biológico y Químico.
PID	Photoionization / Fotoionización.
PPB	Partes por billón.
PPM	Partes por millón.
PPT	Partes por trillón.
RADS	Síndrome de Disfunción Reactiva de las Vías Aéreas.
RMN	Resonancia Magnética Nuclear.
SAW	Superficial Acoustic Wave / Onda Acústica Superficial.
THZ	Terahertz.
THZ-TDS	Terahertz Time Domain Spectrometry / Espectroscopia Terahertz en el dominio del tiempo.
TIC	Toxic Industrial Compounds / Compuestos Químico Tóxico Industrial.
TIM	Toxic Industrial Materials / Material Tóxico Industrial.
TWA	Time-Weight Average / Media tiempo-peso.
UAV	Unmanned Air Vehicle / Vehículo terrestre no tripulado.
UGV	Unmanned Ground Vehicle / Vehículo aereo no tripulado.
UMA	Unidades de masa atómica.
UV	Ultravioleta.
VD	Densidad de vapor relativo.

SOPT

SISTEMA DE OBSERVACIÓN Y PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

8. BIBLIOGRAFÍA

8. BIBLIOGRAFÍA

Advances in Chemical and Biological Detection. D09B. Frost &Sullivan. 2006.

Chemical and Biological Sensors Standards Study. LTC John Carrano, Ph. D. Study Chair. Program Manager, Microsystems Technology Office. Defence Advanced Research Projects Agency.

Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Detection – Emerging Trends. D106. Frost & Sullivan. 2008.

Defence S&T Strategy. Science and Technology for a Secure Canada. National Defence. 2006.

Defence Technology Strategy for demands of the 21st century. DSTL. Science, Innovation, Technology. British Ministry of Defence.

Francis Rouessac, Annich Rouessac. *Métodos y Técnicas Instrumentales Modernas. Análisis Químico*. McGraw Hill / Interamericana. 2003.

Guide for the selection of chemical agent and toxic industrial material detection equipment for emergency first responders. NIST (National Institute of Standards and Technology). July 2005.

Hank Ellison, C. H. M. M. «Handbook of Chemical and Biological Warfare Agents». CRC Press. 2000.

Hauptman Aharon, Sharan Yair. «Envisioned Developments in Nanobiotechnology. Experts Survey. Summary of Results». *NANO2LIFE. Interdisciplinary Center for Technology Analysis and Forecasting.* 2006

Jane´s Nuclear, Biological and Chemical Defence. Jane´s Information Group. 2005-2006.

Jane´s. Chemical and Biological Defence Guidebook. 1999.

John R. White, Dennis L. Jones, Michael J. O'Connor, and David M. Jodeit. Supporting CB Standoff Detection System Acquisition with Modeling & Simulation.

The Global Technology Revolution 2020. Bio / Nano / Materials / Information Trends, Drivers, Barriers and Social Implications. RAND, National Security Research Division. 2006.

Margaret E. Kosal, PhD. The Basics of Chemical and Biological Weapons Detectors. CNS. November 24, 2003.

Michele Hinnrichs[1], James Jensen[2], Gerard Mc Anally[3]. «Hand held hyper spectral imager for standoff detection of chemical and biological aerosols». Pacific Advanced Technology, US Army SBCCOM and MoD DSTL Porton Down.

Monitoring at Chemical Agent Disposal Facilities. Committee on Monitoring at Chemical Agent Disposal Facilities, National Research Council. 104 pages, 8 ½ x 11, (2005).

National Security and Homeland Defense: Challenges for the Chemical Sciences in the 21st Century. Committee on Challenges for the Chemical Sciences in the 21st Century, National Research Council. ISBN: 0-309-08504-7, 122 pages, 6x9, (2003).

National Academy of Sciences. Chemical and Biological Terrorism: Research and Development to Improve Civilian Medical Response to Chemical and Biological Terrorism Incidents.1999.

NATO Handbook on Medical Aspects of NBC Defensive Operations. (AMedP-6(B)).

NATO Handbook on the Concept of Medical Support in NBC Environments. (AMedP-7(a).).

NATO Handbook for Sampling and Identification of Biological, Chemical, Radiological Agents Subgroup. AEP66. Final Study Draft, Diciembre 2009.

Naval Forces' Defense Capabilities against Chemical and Biological Warfare Threat. Committee for an Assessment of Naval Forces' Defense Capabilities against Chemical and Biological Warfare Threats, National Research Council. «ISBN: 0-309-08872-0. 2004.

Guidance on NATO Navy Shipboard NBC Defence Organization and Procedures. ANEP-57. Volumen II. Junio 2007.

NBC Product and Services Handbook. NBC Industry Group. Braddock Smith Group, Inc. 2005.

Overview of Biotechnology Futures: Possible Applications to Land Force Development. DSTO Systems Sciences Laboratory. 2004.

Overview of the orientation process of Research and Technology in France. DGA. 2003.

Proceedings of the International Symposium on Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Threats. FFI, 18-20 June, Tampere, Finland. 2006.

Proceedings of The First NBC International Conference, SMI Group and International Review, 17-18 October. Brussels, Belgium. 2005.

Proceedings of 5th NBC Seminar, DGA and Synodys Group, 10-12 May. Avignon, France. 2005.

Proceedings of 9th International Symposium on Protection against Chemical and biological Warfare Agents, Swedish Defence Research Agency, FOI. 2-6 June, Gothenburg, Sweden. 2006.

Proceedings of 10th International Symposium on Protection against Chemical and biological Warfare Agents, Swedish Defence Research Agency, FOI. 2-6 June, Gothenburg, Sweden. 2009.

Rodi Sferopoulos, *A Review of Chemical Warfare Agent (CWA) Detector Technologies and Commercial-Off-The-Shelf Items.* DSTO-GD-0570. Human Protection and Performance Division DSTO Defence Science and Technology Organisation March 2009.

Swedish Armed Forces Strategy for Research and Technology. R&T Strategy. 2002

Yin Sun and Kwok Y. Ong. *Detection Technologies for Chemical Warfare Agents and Toxic Vapours.* CRC Press. 2005.

Enlaces de interés:

www.airsense.com

www.anachemia.com

www.avirsensors.com

www.baesystems.com

www.bdal.com

www.bertin.fr

www.blockeng.com

www.cbrnworld.com

www.draeger.com

www.environics.com

www.flir.com

www.gdatp.com

www.inficon.com

www.microsensorsystem.com

www.msanorthamerica.com

www.proengin.com

www.raesystems.com

www.smithsdetection.com

www.tradewaysusa.com

www.voptrencin.sk.com