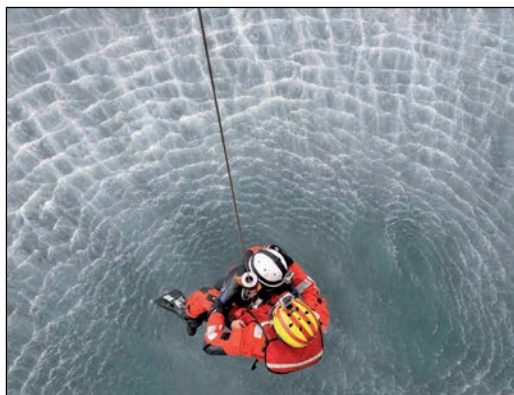


Equipo de intervención, salvamento y rescate en el interior de espacios confinados



Pablo José Marjalizo-Cerrato
José Tejero-Manzanares
Francisco Mata-Cabrera
Francisco Montes-Tubío

Ingeniero Técnico Industrial
Doctor por la Universidad de Córdoba
Doctor Ingeniero Industrial
Doctor Ingeniero Agrónomo

UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA. Dpto. de Mecánica Aplicada e Ingeniería de Proyectos.
Pl. de Manuel Meca, 1 – 13400 Almadén (Ciudad Real). jose.tejero@uclm.es

Recibido: 09/07/2012 • Aceptado: 08/10/2012

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/5212>

INTERVENTION, SEARCH AND RESCUE EQUIPMENT WITHIN CONFINED SPACES

ABSTRACT

- This study presents a compact intervention, search and rescue equipment designed and developed to achieve an improvement in ergonomics and safety in working procedures within confined spaces (CCEE), and so avoid accidents at work.

In these places are a number of risks such as mechanical and electrical, produced by equipment used in this space, trapping, shocks, bumps, and falls from same level, falling objects, poor posture, aggressive environment (heat, noise, poor lighting), poor communication with the outside, etc. Some of this place stays closed for long periods of time by which toxic substances like hydrogen sulphide (H_2S) may accumulate inside. They can also accumulate flammable gases such as methane (CH_4) and ethane (C_2H_6), unlike others, we can't detect them by smell.

Through this compact equipment, access can be easily provided to the quick handling of the full set of devices needed for CCEE intervention, allowing continuous communication between workers inside and outside to avoid risky situations, and in case that they are produced to be able to intervene to rescue the operator if necessary.

- **Keywords:** intervention, search and rescue equipment, confined space hazards, ergonomics and safety in working procedures, occupational risk.

RESUMEN

Este estudio presenta un equipo compacto de intervención, salvamento y rescate diseñado y desarrollado para conseguir una mejora en la ergonomía y seguridad en el trabajo en el interior de Espacios Confinados (EE.CC.), y así evitar accidentes laborales.

En estos lugares existen numerosos riesgos como pueden ser los mecánicos y eléctricos por equipos que se ponen en marcha, atrapamientos, choques, golpes, caídas a distinto y al mismo nivel, caída de objetos, malas posturas, ambiente agresivo (calor, ruido, iluminación deficiente), mala comunicación con el exterior, etc. Al permanecer cerrados por largos periodos de tiempo, sustancias tóxicas como el ácido sulfhídrico (H_2S) pueden acumularse en su interior. También pueden acumularse gases inflamables como el metano (CH_4) o el etano (C_2H_6) que, a diferencia de otros, no podemos detectarlos por el olor.

Mediante este equipo compacto se proporciona un fácil acceso para una rápida manipulación del completo conjunto de dispositivos necesarios para la intervención en EECC, permitiendo conocer al instante todo lo que ocurra dentro, tener una comunicación continua entre los operarios del interior y del exterior para evitar situaciones de riesgo, y en caso de producirse, poder intervenir de manera instantánea para rescatar al trabajador si fuese necesario.

Palabras Clave: equipo de intervención, salvamento y rescate, riesgos en espacios confinados, ergonomía y seguridad en el trabajo, accidentes laborales.

1. INTRODUCCIÓN

Los espacios confinados (EECC) son recintos con ventilación escasa, con altas condensaciones, especialmente los húmedos (pozos con aguas limpias, pozos de registro de alcantarillado, depósitos, cámaras subterráneas, estaciones de bombeo de aguas residuales (EBARS), tanques de combustible, cisternas, etc.) y con ausencia de aire [1, 2]. Se trata de lugares no concebidos para una ocupación continuada del trabajador donde se pueden encontrar con aberturas limitadas de entrada y salida, una ventilación natural desfavorable, alta probabilidad de acumulación de gases tóxicos como el sulfuro de hidrógeno (H_2S) o el monóxido de carbono (CO), e incluso inflamables como el metano (CH_4), o con la posibilidad de darse una atmósfera deficiente de oxígeno (O_2).

Las actuaciones en EECC son frecuentes y diversas, debiendo estar sometidas a un *procedimiento de trabajo en espacios confinados*¹ [3, 4], consistiendo éstas en labores de mantenimiento, principalmente. Pero no se puede olvidar otra importantísima como es la de realizar operaciones de rescate, situaciones que se evitarían en su mayoría, de contar con un equipo adecuado, y en caso de ser necesario, afrontar el rescate oportuno con garantías de éxito. Todos estos trabajos no están exentos de problemas que hay que tener en cuenta antes de llevarlos a cabo. Es el caso de numerosos riesgos como los que se relacionan [2, 5]:

- Mecánicos por equipos que se ponen en marcha.
- Eléctricos.
- Atrapamientos, choques, golpes, etc.
- Caídas a distinto y al mismo nivel.
- Caída de objetos.
- Malas posturas.
- Ambiente agresivo (calor, ruido, iluminación deficiente).
- Mala comunicación con el exterior.

Para minimizar o paliar estos riesgos y dependiendo de la tarea a realizar, los operarios deben utilizar equipos de protección individual (EPI) y colectivos para efectuar su labor, aunque a veces puedan resultar incómodos y, en ocasiones, dificulten el trabajo [6]. Además, todos los trabajadores que realicen este tipo de labores están sujetos a la aplicación de un *permiso de trabajo en espacios confinados* [1-3, 6-8] debiendo disponer de la formación preventiva en su puesto de trabajo [9]. Obligatoriamente, llevará un detector de gases, el cual quedará descrito e indicado en el mencionado permiso. Si suena la alarma, se abandonará inmediatamente la zona. Si persistiera la alarma, se avisará al responsable directo o recurso preventivo responsable de dicho trabajo para decidir las acciones a adoptar [2, 3, 4].

A pesar de todas estas medidas de seguridad, por diferentes razones, los accidentes siguen produciéndose

en el transcurso de estas labores. *Esta fue la razón que motivó el desarrollo del trabajo que se presenta, nacido desde la experiencia en trabajos en EECC.* Su objetivo es el diseño de un equipo compacto que proporciona un fácil acceso y una rápida manipulación del completo conjunto de dispositivos necesarios para la intervención en un Espacio Confinado. Estos dispositivos son modernos aparatos de última generación existentes en el mercado y adaptados al fin que persigue este sistema de intervención: mejorar la ergonomía y seguridad en el puesto de trabajo, lo que redundará en evitar muchos de los riesgos existentes y obtener mayores rendimientos. En definitiva, se pretende velar por la seguridad de los operarios de una forma más eficiente durante todo el transcurso de las operaciones en EECC, incluso en el caso de tener que proceder a su rescate.

2. EXPERIENCIAS Y PROBLEMÁTICAS EN TRABAJOS EN EECC

Para intervenir en EECC se precisa la autorización por escrito redactada por el responsable del equipo, un coordinador de prevención o un recurso preventivo (Fig. 1), quien estará presente en todo momento mientras se desarrollen las labores de trabajo según se indica en el Anexo I (Figura 8). Serán los encargados de velar por el cumplimiento de las medidas de prevención y con los requisitos mínimos establecidos en el artículo 29 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales 31/1995 de 8 de noviembre [7], en especial con su artículo 15, donde se indica que sólo podrán acceder a Espacios Confinados aquellos trabajadores que tengan la formación adecuada y cumplan los requisitos necesarios para acceder a su interior [2]. Las características generales de dicho permiso vienen detalladas en la Nota Técnica de Prevención NTP-562 “*permisos de trabajos especiales*” que actualiza a la NTP-30 “*Permisos de trabajos especiales*” [4]. Esta autorización debe hacer referencia a los equipos de protección a utilizarse, bien sean individuales o colectivos [2, 6]. Debe existir, junto con el parte de trabajo, un plan de intervención o esquema explicativo de la tarea a realizar con el fin de que no queden cabos sueltos que puedan originar un accidente.

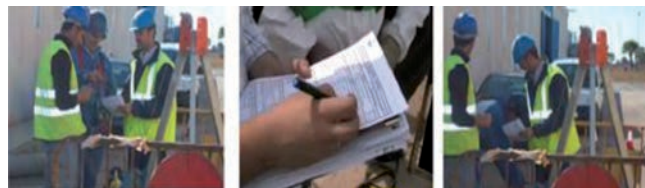


Fig. 1: Responsable de prevención con Anexo I en trabajo de campo

¹ (Procedimiento de trabajo en espacio confinado)*: Se deben indicar todas las directrices necesarias a llevar cabo para poder realizar un trabajo en el interior de un espacio confinado. Incluye un permiso de trabajo que es obligatorio cumplimentar antes de realizar la tarea, y comprende la inspección ocular durante y después de realizarla.

Las actuaciones a llevar a cabo en EECC han de atenerse a lo siguiente:

- El operario tiene prohibido trabajar solo, es decir, siempre debe haber un control externo [6].
- Se deberá disponer siempre de casco de protección, máscaras [10, 11], arnés y equipo de respiración autónoma (Figura 1). Este elemento de protección quedará supeditado por la decisión adoptada por el responsable del trabajo o por el recurso preventivo, y corroborada por el trabajador [6].



Fig. 2: Equipo de Protección Individual (EPI)

- Señalización vial antes del comienzo de los trabajos.
- Para estos trabajos debe elegirse personal apropiado que no sea claustrofóbico, ni temerario, con buenas condiciones físicas y mentales y, preferiblemente, menores de 50 años [2, 6].
- Se velará por conseguir la máxima ventilación de la instalación abriendo las arquetas con tiempo suficiente y, si es posible y las características propias de la instalación así lo aconsejan, se instalará un sistema de ventilación forzada que permanecerá en funcionamiento mientras dure el trabajo [1, 2, 6, 7] (Figura 3).



Fig. 3: Operación de ventilación de arquetas

- Mientras se realiza el trabajo en EECC es obligatorio medir periódicamente el aire con un detector de gases. Esta tarea se realizará previamente al acceso al mismo y mientras se encuentren los trabajadores en su interior [6, 7]. En la Figura 4 se muestra una operación de acceso a EECC.



Fig. 4: Operación de acceso a EECC

- En EECC, al respirar, consumimos parte del O_2 existente, dando lugar a una mayor acumulación de otros gases nocivos como el dióxido de carbono (CO_2), con el consiguiente riesgo y peligro que esto conlleva [6, 7].
- Los procesos que requieren combustión consumen el O_2 más rápidamente que la respiración humana. A efectos de seguridad, se considera que los EECC son muy peligrosos cuando exista concentración de sustancia inflamable por encima del 25% del límite inferior de inflamabilidad, dado que es factible que se produzcan variaciones de la concentración ambiental por razones diversas [2, 6, 7]. Ejemplos los encontramos en la soldadura, oxicorte, etc.
- Si el detector da señal de alarma en la medición previa, el trabajador no entrará bajo ningún concepto si no es con el equipo de respiración autónoma y hasta los límites establecidos (50 ppm de SH_2). Si la alarma es por metano, en ningún caso se entrará hasta que los límites estén por debajo del nivel de alarma [6, 7, 12].



Fig. 5: Equipos medidores de gases

La persona que entre en EECC lo hará con un equipo de respiración autónoma en caso de que sea necesario. Siempre lo tendrá en el exterior por si es preciso utilizarlo en caso de emergencia. Según las concentraciones de SH_2 se definen las siguientes circunstancias [2]:

- De 0 a 15 ppm: se utilizará mascarilla.
- De 15 a 50 ppm: será necesario el uso del equipo de respiración autónoma.
- > 50 ppm: se deberá suspender el trabajo.
- Cuando el contenido de O_2 en el aire baja del 21%, se producen síntomas de asfixia que se van agravando conforme disminuye ese porcentaje [6], bien al producirse un consumo de oxígeno o un desplazamiento del mismo por otros gases [2] (véase Tabla 1).
- Las arquetas o pozos de registro de una red de alcantarillado suelen permanecer cerradas por largos periodos de tiempo. Sustancias tóxicas como el ácido sulfhídrico (H_2S) o el metano (CH_4) suelen acumularse en su interior, que a diferencia de otros gases no se pueden detectar por el olor, por lo que el riesgo de inhalación por accidente se agrava [4, 6, 7], llegando incluso a producirse la muerte por asfixia al inhalar gases por no cumplir los procedimientos y medidas de seguridad [13-16]. Un ejemplo reciente de este tipo

Concentración O ₂ %	Tiempo de exposición	Consecuencias
21	Indefinido	Concentración normal de oxígeno en el aire.
20,5	No definido	Concentración mínima para entrar sin equipos con suministro de aire.
18	No definido	Se considera atmósfera deficiente en oxígeno según la normativa norteamericana ANSI Z117, 1-1977. Problemas de coordinación muscular y aceleración del ritmo respiratorio.
17	No definido	Riesgo de pérdida de conocimiento sin signo precursor.
12-16	seg. a min.	Vértigo, dolores de cabeza, disneas e incluso alto riesgo de inconsciencia.
6-10	seg. a min.	Náuseas, pérdida de conciencia seguida de muerte en 6-8 minutos.

Tabla 1: Relación entre concentraciones de oxígeno, tiempo de exposición y sus consecuencias [6]

de accidentes es el ocurrido el pasado 27 de junio. En la EDAR de Denia (Alicante), resultaron heridos de gravedad dos trabajadores como consecuencia de un accidente laboral, a causa de un escape de ácido sulfúrico (H₂SO₄) que los afectados inhalaron.

- El operario que trabaje en EECC irá con un arnés y dispondrá de un sistema anti caídas, el cual estará supervisado en todo momento desde el exterior (Figura 6) [6, 7, 12, 17-20].



Fig. 6: Operario bajando a un espacio confinado con EPI

- Preferiblemente, se utilizará una escalera manual para el acceso a EECC si los accesos fijos están en mal estado (Figura 7) [6, 7, 12, 17-21].



Fig. 7: Bajadas a EECC mediante escalera manual

- Si no hiciera falta la utilización del equipo de respiración autónoma, el trabajador siempre faenará con la máscara para gases [6, 7].
- Será el responsable de los equipos de trabajo quien se encargue del control de mantenimiento de los detectores multi-gas [6, 7].
- Será necesario utilizar señalización vial y balizar el

perímetro de trabajo antes de comenzar los trabajos [6, 7, 12, 17-21].

- Es recomendable hacer un registro de autorización del *permiso de trabajo en espacios confinados* (Figura 8) [6, 7].

3. PROPUESTA DE DISEÑO

En ocasiones los EEPPII no siempre suelen estar a punto para ser utilizados. Antes de su uso hay que comprobar el estado en el que se encuentran, trasladar y descargar en el lugar de trabajo. En este proceso de preparación y montaje, se evidencia en ocasiones la falta de optimización en el modo de preparación de la labor a desempeñar. Si a esto se añaden inconvenientes con los que el trabajador se encuentra a diario como incomodidad, cansancio por exceso de peso, fatiga, limitación de movimientos corporales para desarrollar la tarea en EECC, hace que la labor sea ardua y pesada. Cuando los equipos y herramientas que se utilizan resultan incómodos, el trabajador no suele prestar la atención adecuada a su seguridad, ni a las operaciones para las que se accede al EECC [16].

Para minimizar lo anteriormente descrito, se ha diseñado un equipo innovador y compacto, para velar por la seguridad de los operarios durante todo el trascurso del trabajo, e incluso en el caso de tener que proceder a rescatar un trabajador, pudiendo facilitar mejorar los procedimientos de trabajo en el interior de los EECC. Está compuesto de elementos de protección necesarios que englobasen los EEPPII para controlar la seguridad de los trabajadores en el interior de EECC. Dichos dispositivos existen en el mercado, homologados por industria y gozan de certificado CE. Sus fabricantes son conocidos y de prestigio, por lo que no se tiene problemas a la hora de la reposición y mantenimiento.

3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO

El equipo compacto desarrollado para actuaciones en EECC cuenta con dispositivos montados de manera estratégica en un *remolque ligero* y completamente

En correspondencia con la hoja de trabajo nº(Optativo)		nº de permiso:	
Instalación/Equipo: ☐ Espacio Confinado ☐ Trabajo en Altura (>4m) ☐ Limpieza de Depósitos		Usuarios autorizados _____ _____ _____ _____ _____	
☐ Trabajos de mantenimiento en lugares con posible presencia de gases explosivos. ☐ Montaje y Desmontaje de Andamios > 6 m		Empresa: _____ _____ _____ _____ _____	
Descripción del trabajo a realizar (indicar la operación de riesgo en caso de ser "otra") _____ _____ _____			
Autorizante (Jefe o técnico)		Recurso Preventivo	Autorización por un turno FECHA
Nombre:		Nombre:	HORA (avisar si se excede) INICIO FIN
Firma:		Firma:	
INSTRUCCIÓN DE TRABAJO MÍNIMA POR PARTE DEL AUTORIZANTE (necesidades previstas)			
Asegurar atmósfera y condiciones. ☐ Ventilación forzada ☐ Detección de gases ☐ O2 max: 23% min 19,5% ☐ CH4 max: 10% L.I.E.=0,5% ☐ H2S max: 10 ppm ☐ CO max: 30 ppm ☐ _____max: _____ppm. ☐ Balón hinchable/Bridas ciegas ☐ No alimentación eléctrica. ☐ Enclavamiento mandos. ☐ Instalación despresurizada. ☐ Instalación enfriada. ☐ Instalación vaciada/límpia. ☐ Tuberías purgadas		Asegurar acceso y evacuación ☐ Trípode de seguridad ☐ Sistema anticaídas /equipo de izado ☐ Arnés ☐ Equipo de escape ☐ Vigilante: _____ ☐ Escalera portátil ☐ Sistema de comunicación: _____ ☐ Despejar accesos entrada y salida. ☐ Superficie de trabajo estable ☐ Señalizar áreas de trabajo ☐ Señalizar enclavamiento. ☐ _____ ☐ _____ ☐ _____	
		Utilización EPI's y medios ☐ Ropa impermeable ☐ Botas de goma ☐ Guantes de seguridad ☐ Guantes de goma ☐ Protector auditivo. ☐ Casco ☐ Máscara con filtro ☐ Equipo autónomo. ☐ Gafas ☐ Extintores ☐ Alimentación 24 volts ☐ Aparatos EX (antideflagrantes) ☐ Herramientas no metálicas. ☐ _____ ☐ _____	
VALIDACIONES POR PARTE DEL TRABAJADOR AUTORIZADO (comprobaciones realizadas)			
Asegurar atmósfera y condiciones. ☐ Ventilación forzada ☐ Detección de gases ☐ O2 Valor: _____% ☐ CH4 Valor: _____% ☐ H2S Valor: _____ ppm ☐ CO Valor: _____ ppm ☐ _____ Valor: _____ ppm ☐ Balón hinchable/Bridas ciegas ☐ No alimentación eléctrica. ☐ Enclavamiento mandos. ☐ Instalación despresurizada. ☐ Instalación enfriada. ☐ Instalación vaciada/límpia. ☐ Tuberías purgadas		Asegurar acceso y evacuación ☐ Trípode de seguridad ☐ Sistema anticaídas /equipo de izado ☐ Arnés ☐ Equipo de escape ☐ Vigilante: _____ ☐ Escalera portátil ☐ Sistema de comunicación: _____ ☐ Despejar accesos entrada y salida. ☐ Superficie de trabajo estable ☐ Señalizar áreas de trabajo ☐ Señalizar enclavamiento. ☐ _____ ☐ _____ ☐ _____	
		Utilización EPI's y medios ☐ Ropa impermeable ☐ Botas de goma ☐ Guantes de seguridad ☐ Guantes de goma ☐ Protector auditivo. ☐ Casco ☐ Máscara con filtro ☐ Equipo autónomo. ☐ Gafas ☐ Extintores ☐ Alimentación 24 volts ☐ Aparatos EX (antideflagrantes) ☐ Herramientas no metálicas. ☐ _____ ☐ _____	
OBSERVACIONES			
Si algún requisito no se cumple, se interrumpirán los trabajos y se avisará al responsable.			
TELEFONOS DE EMERGENCIAS URGENCIAS 112 Bomberos 085 policía 091 Teléfono Autorizante _____			HORA FIN REAL: _____

Fig. 8: Anexo I (Permiso de trabajo en espacios confinados) [3, 7-9, 12, 18]

protegido de las inclemencias climatológicas mediante *capota de cubrición de fibra de vidrio*, que permite el fácil acceso a los distintos dispositivos gracias a las puertas abatibles (Figuras 9 y 10). El equipo no sobrepasará los 750 kg para que se pueda remolcar con cualquier vehículo habilitado para tal fin. Este remolque consiste en un chasis sobre el que se monta una plataforma encargada de recibir el resto del equipamiento.

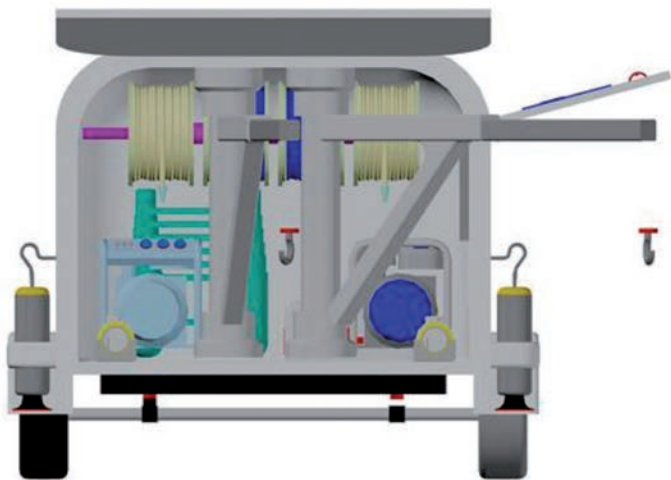


Fig. 9: Vista exterior del equipo compacto. Parte trasera



Fig. 10: Vista exterior del equipo compacto. Parte lateral derecha y trasera

Datos técnicos	
Potencial Nominal	6.25 KVA / 2.2 KVA
Voltaje	380V/220V
Alternador	AVR
Motor	Diesel
Arranque	Eléctrico
Nivel sonoro	72.6 dB a 7m.

Tabla 2: Datos técnicos del generador eléctrico trifásico
Fuente: Empresa Taygüer

Sobre éste, colocamos el *generador eléctrico trifásico insonorizado*, siendo este equipo el encargado de suministrar la energía eléctrica para el funcionamiento del resto de componentes en caso de no existir suministro eléctrico externo (a red) (Figura 11). Este generador estará dotado de sistemas de emergencia de arranque automático por corte energético y de paro del generador cuando el suministro eléctrico externo vuelve a restablecerse. El generador consta de un motor de 4 tiempos refrigerado por aire, diesel con inyección directa. Tiene doble base de soporte para reducir vibraciones, dotado de alarma de bajo nivel de aceite con paro automático del motor. La Tabla 2 recoge las características del generador:



Fig. 11: Generador eléctrico insonorizado de 7500W de potencia
Fuente: Empresa Taygüer

También, consta de un *equipo compresor de aire respirable* que produce aire respirable a baja presión según

Compresor de aire respirable		Tipo y cantidad de botellas				Reserva mínima *			Reserva máxima		
						Capacidad		Tiempo **	Capacidad		Tiempo **
Modelo	Nº salidas estándar	6 litros 200 bar	6 litros 300 bar	9 litros 200 bar ***	9 litros 300 bar	Litros	Tiempo / usuario **	Todas las salidas en uso	Litros	Tiempo / usuario **	Todas las salidas en uso
PAS MAC2000	2	2				1440	36.00	18.00	2160	54.00	27.00
	2		2			1920	48.00	24.00	3360	84.00	42.00
	2			2		2160	54.00	27.00	3240	81.00	40.50
	2				2	2880	72.00	36.00	5040	126.00	63.00

Tabla 3: Características técnicas del compresor de aire respirable
Fuente: Empresa Dräger

los requerimientos de la normativa vigente de calidad de aire. Está compuesto por un motor eléctrico trifásico a 380-415 voltios a una frecuencia de 50/60Hz. Produce 425 litros/min a 8,5 bar de aire respirable según la normativa vigente [10-11, 22, 23]. Posee un sistema integrado “a prueba de fallos” de botellas de reserva de aire que entra automáticamente en servicio en caso de avería del compresor. El sistema de emergencia incluye una alarma acústica con dos salidas CEJN y apto para trabajos en zonas ATEX. Está dotado de ajuste de alarma mínimo 140 bar para sistemas de 200 bar, y 180 bar para sistemas de 300 bar. Es imposible utilizar los últimos 20 bares de las botellas. Este compresor de aire respirable es de la marca Dräger modelo PAS MAC2000.

El aire se proporcionará hacia un adaptador facial tipo máscara a través de una manguera de aire respirable y cinturón de línea que conecta al usuario con la fuente de aire respirable. El aire respirable se suministra mediante una manguera que irá enrollada y alojada en el interior del equipo compacto de intervención, salvamento y rescate. Al sustituir la bombona de aire de 6 litros de capacidad por el

aire suministrado por este compresor (Figura 12), disminuye el riesgo de lesiones dorso-lumbares y el agotamiento físico y psíquico. No hay que olvidar, que cuando se produce el agotamiento físico, las defensas del cuerpo humano son más vulnerables a la exposición de cambios bruscos como el calor, gases, etc.

Por otro lado, se hace obligatorio renovar el aire del EECC. Para ello se dispone de un *ventilador* más manguera flexible que introduciría aire limpio. Mediante un *extractor* dotado de otra manguera flexible, se extraería el aire viciado que se deposita siempre en el fondo de los EECC. Con ellos realizamos las renovaciones necesarias para mantener el aire del ambiente más fresco (Figura 13). Tanto el ventilador como el extractor están conectados de manera que se puede cambiar el sentido de giro, pudiendo servir de ventilador o bien de extractor, según las necesidades requeridas en cada momento.

Cuando el trabajador se encuentra en el interior del espacio confinado debe llevar una *máscara* para poder respirar, por tanto, no se puede comunicar con otros trabajadores que se hallen en el interior realizando la misma tarea, o incluso con el personal del exterior. Para ello, se ha dotado a la máscara [10, 11] de *comunicadores inalámbricos* para poder estar en contacto, tanto con los del interior como del exterior (Figura 14).



Fig. 12: Equipo compresor de aire respirable
Fuente: Empresa Dräger



Fig. 14: Máscara dotada con comunicador inalámbrico
Fuente: Empresa Dräger

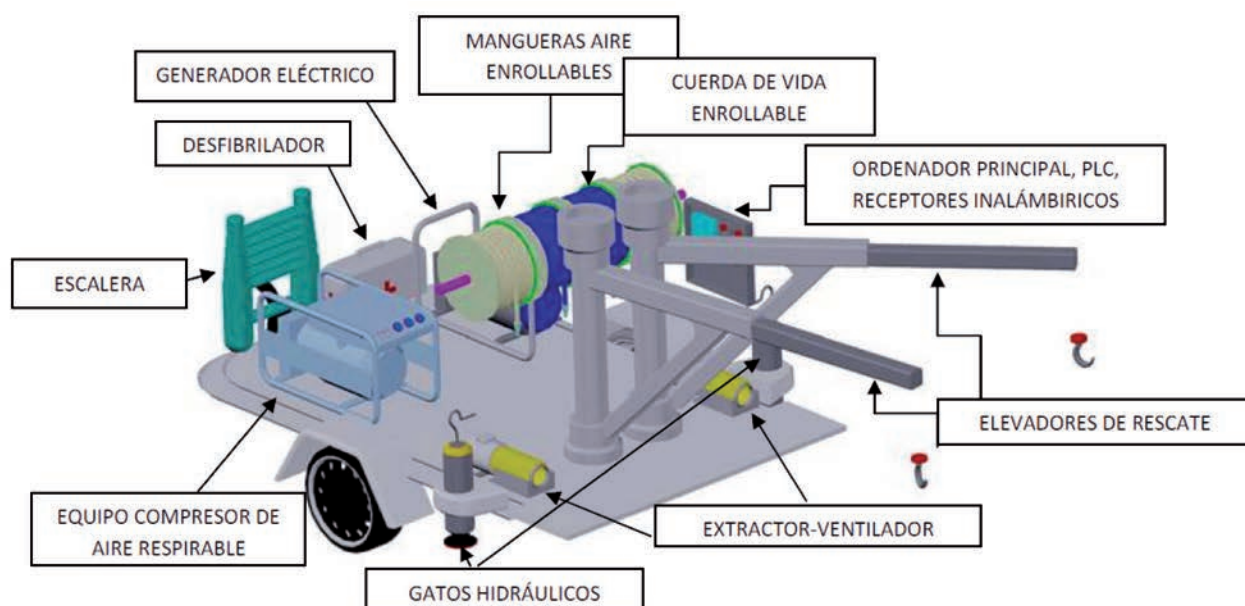


Fig. 13: Vista del remolque con distintos dispositivos del equipo de salvamento

Se ha dotado al equipo con *monitorización de última generación para detección de gases*. Consiste en una baliza para la medición de hasta 6 tipos diferentes (Figura 15). Este equipo es fácilmente transportable, robusto y resistente al agua. Posee una alarma visible a 360°, incluso a largas distancias. Su anillo LED, iluminado verde indica que el ambiente está limpio. Con la detección de gases peligrosos, el color cambia de verde a rojo, indicando así una alarma visual clara sobre la presencia de gas. Adicionalmente, se emite una alarma sonora altamente audible. Con el amplificador de alarma de 360° patentado, la alarma acústica se oye con el mismo volumen desde todos los lados. Tiene un contacto de alarma libre de potencial, que puede ser interconectado y activar alarmas sonoras y visuales, para poner de manifiesto la presencia de gases en el EECC. Además, estas señales pueden transmitirse a un puesto de control. Al contacto, libre de potencial, se comunicaría de forma inalámbrica, de manera que se trasmitan los valores en tiempo real a un ordenador central que se encontrará en el equipo compacto, y así, tanto el propio operario del interior como los del exterior, conocerán los parámetros gaseosos a los que está sometido en todo momento.



Fig. 15: Monitorización de última generación (baliza Dräger X-Zone 5000)

Fuente: Empresa Dräger

Se compaginan las anteriores medidas de seguridad con un *registrador inalámbrico de señales electrocardiográficas*, para detectar si algún operario sufre alteraciones cardíacas. El dispositivo a emplear es utilizado en enfermos sin hospitalización, en Centros de Salud, etc., (Figura 16). Registra eventos ritmológicos (fibrilación, bradicardia, arritmias, etc.) y en caso de encontrarlos, transmite vía inalámbrica y de forma continua cualquier evento o suceso detectado enviando una alarma y activando la cadena de rescate. Se sujeta al pecho con una cinta elástica y usa electrodos secos que no irritan la piel, este dispositivo llamado *Corbelt* (marca *Corscience*) es cómodo de llevar, facilita una completa movilidad durante la jornada de trabajo y permite estar continuamente vigilado y protegido [24-26].



Fig. 16: Registrador inalámbrico de señales electrocardiográficas

Fuente: Empresa Corscience

Apoyando a estos dispositivos, se cuenta con una *cámara de infrarrojos con visión nocturna* a colocar en EECC y que permitirá controlar los trabajos del interior así como los movimientos de los operarios, de manera que éstos siempre estén observados y tengan una garantía de control desde el exterior. La señal de esta cámara se emitirá vía inalámbrica al ordenador principal.

En caso de rescate, sería necesario disponer de un *arnés de seguridad* para poder enganchar una *cuerda de vida*. Para ello, se habilitan dos *elevadores de rescate* de modo que enrollarán la cuerda de vida en un *tambor giratorio* dentro del equipo compacto. Pueden ser accionados mediante un *cuadro de mando* supeditado tanto desde el interior de los EECC como por el recurso preventivo externo, quien tendría mayor prioridad que el operario del interior. Unos *gatos hidráulicos* garantizan un apoyo apropiado y correcto para poder utilizar el elevador/es en caso de ser necesario. El equipo estará dotado de los elementos suficientes para poder socorrer a varios operarios en el menor tiempo posible [16]. También se contará con un *trípode* con el fin de realizar este tipo de operaciones de manera manual sin necesidad de usar el elevador. Se añade a este material una escalera telescópica y una caja para herramientas de mano.

Para automatizar todo el sistema, se elige un ordenador principal y un *PLC (Program Logic Controller)*², por su polivalencia y flexibilidad, que se adaptará a cualquier tipo de tareas deseadas para aportar modificaciones de funcionamiento en función de la evolución de los distintos dispositivos. Su robustez, fiabilidad y la repetición de su tarea le permite trabajar en cualquier ambiente y garantizan un alto nivel de seguridad.

Se clasifican los sensores de nuestro equipo compacto en dos categorías:

• Sensores cableados:

Se habla de “cableado” por el tipo de conexión del periférico al sistema central de gestión del equipo compacto a través de unas entradas digitales. La conexión por cableado es muy fiable, por lo que se eligen para los sistemas de medición ambiental, bien a través de una conexión directa por cable o a través de una *comunicación de bus de campo abierto*³, como mejor solución.

• Sensores inalámbricos:

Los sensores inalámbricos vía onda de radio frecuencia, se consideran más adecuados para permitir la movilidad de los operarios. Este sistema se conexionara con el PLC vía modem.

Para configurar el PLC se debe tener en cuenta las señales remotas que se tiene que tratar vía comunicación al ordenador situado en el equipo compacto. En resumen, existen cuatro señales analógicas y dos señales digitales.

1. Medidor analógico de oxígeno.
2. Medidor analógico de dióxido de carbono.
3. Medidor analógico de metano.
4. Medidor analógico de explosividad.
5. Señal digital de “hombre muerto”⁴.
6. Señal digital para pedir auxilio y elevador de rescate.

Por los actuadores o salidas, tenemos que contar principalmente con la presencia de:

- Motor de arrastre (para ayudar al operario a salir del EECC en caso de emergencia).
- Ventilador, extractor de aire (extraer el exceso de gases tóxicos).
- Ventilación forzada (enriquecer en aire fresco el aire de dentro del EECC).
- Contacto de arranque del generador eléctrico (en caso de corte de alimentación).

Para la comunicación con el centro de control del equipo compacto, se precisa un modem GSM/GPRS⁵ para poder intercambiar datos (estado del personal, situación, etc.) entre la estación remota y el centro de control. Estas salidas no se ven condicionadas por el diseño del equipo gracias al PLC y su flexibilidad cara a la programación, quedando abierta la posibilidad de cualquier mejora en función de la lista de entradas y salidas.

A todos estos dispositivos se suman un *botiquín* o equipo de asistencia para emergencia y un *desfibrilador automático externo*. En caso de ser necesario, es recomendable su uso tanto si la víctima respira como si no lo hace.



Fig. 17: Desfibrilador automático externo

Fuente: Empresa Corscience

Las imágenes mostradas del equipo descrito se corresponden con el prototipo que se encuentra en su fase experimental.

4. CONCLUSIONES

Tras la experiencia en labores de mantenimiento en EECC, se observa que gran parte de los accidentes que se producen, muchos de ellos mortales por falta de oxígeno, se deben al desconocimiento de los riesgos presentes en estos lugares. Por ello, un 60% de las muertes ocurren durante el auxilio inmediato a las primeras víctimas, lo que se pretende evitar mediante el uso de este equipo compacto al mejorarse notablemente las condiciones de acceso para rescate de operarios. También, gracias al conjunto de modernos dispositivos del que está dotado, se intenta incluso que no se den este tipo de situaciones.

Se plantea un diseño de un equipo de intervención, salvamento y de rescate que comprende un remolque ligero, fabricado en fibra de vidrio, con ventanas por todos sus laterales con el fin de proporcionar un fácil acceso y ventilación de los dispositivos que acoge que se presentan de manera pormenorizada, consistentes en aparatos modernos de última generación existentes en el mercado y adaptados a los fines que persigue este sistema de no solo evitar posibles accidentes, sino también de conseguir una mejora ergonómica del puesto de trabajo buscando la comodidad del operario y mejores rendimientos.

Las operaciones en EECC serán controladas y/o vigiladas desde el exterior, incluso a distancia remota, permitiendo una comunicación continua entre los operarios del interior y del exterior para evitar situaciones de riesgo, y en caso de producirse éstas, poder intervenir de manera instantánea para rescatarlos si fuese necesario.

Los resultados obtenidos en las primeras pruebas con el conjunto de dispositivos en el trabajo de campo son muy satisfactorios. Actualmente, al no existir en el mercado un equipo de similares características, el prototipo está en fase de registro y patente, ya que cuenta con el visto bueno de la Oficina Española de Patentes y Marcas.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Institut National de Recherche et Securite (I.N.R.S). Guide Pratique de ventilation, ED-703. Ventilation des espaces confinés. France: Cashiers de Notes Documentaires, 1987, n° 127, 2° trimestre, p.161-169.
- [2] Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient i Habitatge. Agència Catalana de l'Aigua. Barcelona: I Jornades Tècniques de Gestió D'Estacions Depuradores D'Aigües Residuals, 2003, p. 228-247. Disponible en World Wide Web: http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/jornadatecnica001/ponencies_jornades_I_ACA.pdf.

² PLC (Program Logic Controller)*: Es la primera máquina con lenguaje, es decir, un calculador lógico cuyo juego de instrucciones se orienta hacia los sistemas de evolución secuencial. En este caso, utilizado para obedecer el campo de la lógica programada para el control de procesos industriales.

³ (comunicación de bus de campo abierto)*: Es un sistema de comunicación cableado.

⁴ (hombre muerto)*: Estado que se denomina cuando el trabajador no contesta a los sistemas de comunicación.

⁵ GSM/GPRS: Sistema de comunicación inalámbrico a través de satélite.

- [3] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (I.N.S.H.T.). Nota Técnica de Prevención (NTP)-560. Sistema de gestión preventiva: procedimiento de elaboración de las instrucciones de trabajo. Madrid: INSHT, 2001. Edición actualizada. Código NTP-016. NIPO 211-01-034-3. Disponible en World Wide Web: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_560.pdf.
- [4] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (I.N.S.H.T.). Nota Técnica de Prevención (NTP)-562. Permisos de trabajos especiales. Madrid: INSHT, 2001. Edición actualizada. Código NTP-016. NIPO 211-01-034-3. Disponible en World Wide Web: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_562.pdf.
- [5] Hamilton, M. Working in a Confined Space. Industrial Safety Data File. 11/11/2003, p. 6. Disponible en World Wide Web: http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/jornadatecnica001/18_EspaisConfinatsGerman.pdf.
- [6] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (I.N.S.H.T.). Nota Técnica de Prevención (NTP)-223. Trabajos en recintos confinados. Madrid: INSHT, 1989. Edición actualizada. Código NTP-006. Disponible en World Wide Web: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_223.pdf.
- [7] España. Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Boletín Oficial del Estado, 10 de noviembre de 1995, núm. 269, p. 32590-32611. Disponible en World Wide Web: http://www.boe.es/aeboe/consultas/bases_datos/doc.php?id=BOE-A-1995-24292.
- [8] España. Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. Boletín Oficial del Estado de 31 de enero de 1997, núm. 27, p. 3031-3045. Disponible en World Wide Web: http://www.boe.es/aeboe/consultas/bases_datos/doc.php?id=BOE-A-1997-1853.
- [9] Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). Prevención de Riesgos Laborales. Reglas generales para la implantación de un sistema de gestión de la prevención de riesgos laborales (S.G.P.R.L.). UNE 81900 EX. Madrid: AENOR, 1996. Disponible en World Wide Web: <http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0007236&PDF=Si>.
- [10] España. UNE EN 14593-1:2005. Equipos respiratorios de línea de aire comprimido con válvula a demanda. Parte 1: Equipos con máscara completa. Requisitos, ensayos, marcado. Disponible en World Wide Web: <http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0035060&PDF=Si>.
- [11] España. UNE EN 14593-2:2005. Equipos respiratorios de línea de aire comprimido con válvula a demanda. Parte 2: Equipos con media máscara de presión positiva. Requisitos, ensayos, marcado. Disponible en World Wide Web: <http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0035061&PDF=Si>.
- [12] España. Real Decreto 1407 de 20 de Noviembre donde se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual. (Corrección de erratas BOE 24/2/93). (Modificado por: R.D. 159/95, de 3 de febrero BOE 8/3/95, O.M. 16/5/94 BOE 1/6/94 y O.M. 20/2/97 BOE 6/3/97). Boletín Oficial del Estado, 28 de diciembre de 1992, núm. 311, p. 44120-44131. Disponible en World Wide Web: http://www.boe.es/aeboe/consultas/bases_datos/doc.php?id=BOE-A-1992-28644.
- [13] Industrial Plant Safety Data File. Hydrogen Sulfide leak at Texas oilfield kills one and injures others. 14/01/2010. Disponible en World Wide Web: <http://industrialplantsafety.com/hydrogen-sulfide-leak-at-texas-oilfield-kills-one-injures-others.html>.
- [14] Blog de Seguridad y Protección contra Incendios, laboral y anti hurto. Dos fallecidos por asfixia en accidente laboral en Alcañiz (Teruel). 22/07/2009. Disponible en World Wide Web: <http://bloganvela.com/2009/07/22/los-trabajadores-fallecidos-en-alcaniz-inhalacion-acido-sulfhidrico/>.
- [15] El País. Osalan achaca a graves carencias el accidente que costó la vida a dos empleados en Bionor. 18/10/2007. Disponible en World Wide Web: http://elpais.com/diario/2007/10/18/paisvasco/1192736406_850215.html.
- [16] Europa Press. Dos trabajadores de una depuradora de Dénia resultan heridos graves por un escape de ácido sulfúrico. 27/06/2012. Disponible en World Wide Web: <http://www.europapress.es/comunitat-valenciana/noticia-dos-trabajadores-depuradora-denia-resultan-heridos-graves-escape-acido-sulfurico-20120627144912.html>.
- [17] España. Real Decreto 486/1997, de 14 de abril por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. Boletín Oficial del Estado, 23 de abril de 1997, núm. 97, p. 12918-12926. Disponible en World Wide Web: http://www.boe.es/aeboe/consultas/bases_datos/doc.php?id=BOE-A-1997-8669.
- [18] España. Real Decreto 773/1997, de 30 de Mayo. Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización de Equipos de Protección Individual. Boletín Oficial del Estado, 12 de junio de 1997, núm. 140, p. 18000-18017. Disponible en World Wide Web: http://www.boe.es/aeboe/consultas/bases_datos/doc.php?id=BOE-A-1997-12735.
- [19] España. Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio. Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. Boletín Oficial del Estado, 7 de agosto de 1997, núm. 188, p. 24063-24070. Disponible en World Wide Web: http://www.boe.es/aeboe/consultas/bases_datos/doc.php?id=BOE-A-1997-17824.
- [20] España. Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. Boletín Oficial del Estado, 25 de octubre de 1997, núm. 256, p. 30875-30886. Disponible en World Wide Web: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/TextosLegales/RD/1997/1627_97/PDFs/realdecreto16271997de24deoctubreporloqueseestablecend.pdf.
- [21] España. Directiva 2001/45/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de junio de 2001, por la que se modifica la Directiva 89/655/CEE del Consejo relativa a las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores en el trabajo de los equipos de trabajo (2ª Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE) (Texto pertinente a efectos del EEE) Diario Oficial n° L 195 de 19/07/2001, páginas 0046 a 0049 (4 páginas). Disponible en World Wide Web: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32001L0045:ES:HTML>.
- [22] España. UNE-EN 12021:1999. Equipos de protección respiratoria. Aire comprimido para equipos de protección respiratoria aislantes. Disponible en World Wide Web: <http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0010688&PDF=Si>.
- [23] España. UNE-EN 14594:2005. Equipos de protección respiratoria. Equipos respiratorios con línea de aire comprimido de flujo continuo. Requisitos, ensayos, marcado. Disponible en World Wide Web: <http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0035211&PDF=Si>.
- [24] EN 60601-1: Medical electrical equipment. Part I: General requirements for basic safety and essential performance. Edition 3.0. 28/01/2009. Disponible en World Wide Web: <http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/artnum/042566!opendocument>.
- [25] EN 60601-1-2: Medical electrical equipment. Part 1-2: General requirements for safety. Collateral standard: Electromagnetic compatibility. Requirements and tests. 16/03/2010. Edition 3.0. Disponible en World Wide Web: <http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/artnum/043863!opendocument>.
- [26] Medical Device Directive 93/42/EEC covers the placing on the market and putting into service of Medical Devices. 21/03/2010. Disponible en World Wide Web: <http://www.mhra.gov.uk/Howweregulate/Devices/MedicalDevicesDirective/index.htm>.