

## Riesgos de ignición electrostática durante la manipulación de Contenedores Flexibles Intermedios en Zonas ATEX

Salvador Llobet

<sup>1</sup> Consultor Senior, Euroásica, Barcelona, T. +34 93 470 10 10, info@euroasica.com

*Abstracto: La aprobación del Real Decreto 681/2003 en Junio del 2003, estableció la obligatoriedad del cumplimiento de la Directiva Comunitaria 1999/92/CE conocida como ATEX 137. Desde entonces, la industria ha ido afrontando los diferentes estadios que ello comporta: la clasificación de zonas, la evaluación de riesgos de ignición y el estudio en detalle de estos por parte de especialistas. Uno de los riesgos de ignición más insidiosos dada su naturaleza es la electrostática y en particular uno de los escenarios clásicos, responsable de infinidad de accidentes, ha sido el trasiego de sólidos en presencia de atmósferas explosivas, con o sin vapores. En los últimos años la utilización de contenedores flexibles intermedios, FIBCs, big bags, ha ido en aumento debido a su eficiencia en la manipulación y mejora de la logística del producto. Sin embargo, desde la óptica de seguridad, su utilización ha aumentado los riesgos en ciertos escenarios. En este sentido, aparte del incendio producido por una nube de polvo y/o vapores inflamables desplazados del reactor receptor, en algunos casos las llamas pueden prender el contenido del contenedor flexible pudiendo llegar a producir la explosión de éste. En este artículo intentaremos aportar cierta claridad sobre los riesgos durante la operación de carga y descarga de contenedores flexibles y los criterios que deben regir su utilización.*

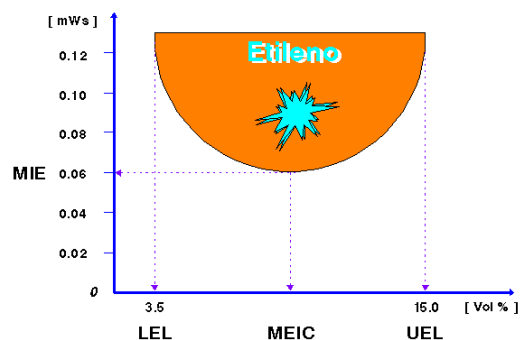
### Riesgos que comporta la utilización de Contenedores Flexibles en ciertos escenarios

Durante la manipulación de sólidos, materiales granulados o pelets, se genera electricidad estática. La electrostática es un fenómeno superficial que se produce en sólidos que transfieren y acumulan carga eléctrica, incluso siendo estos conductivos.

En procesos industriales en los que se manipulan Contenedores Flexibles hay principalmente tres escenarios de riesgo:

1. El primero se da durante la carga. Generalmente los sólidos están sometidos a intensos procesos de generación de carga electrostática durante su transporte neumático. Ello no es condición necesaria para generar altas densidades de carga electrostática, siendo la caída por gravedad suficiente para alcanzarlas.
2. El segundo se produce durante su descarga, en la que de nuevo se dan procesos de generación de carga electrostática.
3. El tercero, toma lugar al manipular el personal, el propio Contenedor Flexible bajo determinadas circunstancias.

Una vez se ha generado la carga electrostática puede acumularse y dependiendo de su magnitud y las condiciones del entorno, podría provocar la ignición de una atmósfera explosiva (figura 1). Las condiciones del entorno incluyen aspectos tales como materiales, velocidades, granulometría,



concentración de vapores, condiciones ambientales, etc.

**Ilustración 1.** Ejemplo de límites de inflamabilidad y energía mínima de ignición en función de la concentración, del etileno.

Los riesgos que presenta la operación de carga de sólidos en un tanque, reactor, secador, etc. desde un contenedor flexible, dependen del tipo de contenedor flexible utilizado y de la clasificación de la zona. En este sentido, hay cuatro tipos de contenedores flexibles, clasificados como Tipo A, B, C y D. A continuación, trataremos de explicar las diferencias entre ellos, que tipos están permitidos en función de la clasificación de la zona.

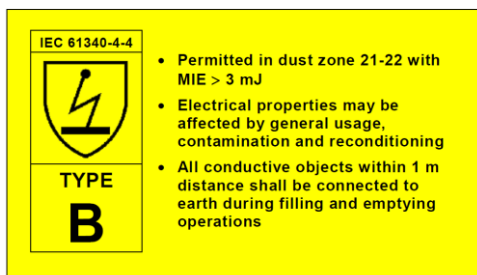
## Contenedores Flexibles Tipo A

Tipo fabricado con rafia de polipropileno no conductiva que durante su manipulación tiene una elevada tendencia a cargarse electrostáticamente. Puede producir descargas electrostáticas Tipo Brocha o Haz, Tipo Chispa, Tipo Brocha Propagada y Tipo Cono. Cualquiera de estas descargas electrostáticas puede tener la energía suficiente para provocar la ignición de la mayoría de vapores de disolventes, motivo por el cual no se permite su utilización en zonas clasificadas.

## Contenedores Flexibles Tipo B

Contenedor flexible fabricado al igual que el tipo A con rafia de polipropileno no conductiva, pero con una característica adicional. Su rotura de dieléctrico es inferior a los 6 kV. Esta característica garantiza la ausencia de descargas tipo Brocha Propagada que pueden llegar a tener una energía estimada máxima alrededor de 10 J y valores habituales entorno a 1J, correspondiéndose con transferencias de 100.000 nC. Una rotura de dieléctrico por debajo del citado umbral limita en gran medida la conflictividad del Contenedor Flexible Tipo B. Sin embargo, su utilización no está ausente de riesgos. La humedad en el exterior del Contenedor, las impurezas adyacentes y otros factores pueden seguir provocando descargas electrostáticas de Tipo Brocha (energía teórica máxima de 4mJ) y chispa.

Estos contenedores flexibles van identificados mediante como tales mediante una etiqueta como la de la imagen.



**Ilustración 2.** Etiqueta identificativa del FIBC Tipo B

Otro escenario que debe contemplarse es la posibilidad de que el operario se cargue electrostáticamente durante su manipulación. Para evitarlo es preciso la “conexión a tierra” del operario mediante un calzado disipativo electrostático y un pavimento conductivo o disipativo electrostático adecuados. En este sentido, la comprobación del calzado debido a la presencia de polvo en el pavimento y de la resistencia a tierra del pavimento,

son variables críticas en este sentido, ya que ambos pueden estar contaminados aislar al personal. Para evitarlo es preciso verificar el calzado con un comprobador de calzado antielectrostático conforme a la Norma UNE CLC/TR 60079-32-1 y medir la resistencia del pavimento con un megohmetro electrostático conforme a la Norma UNE-EN-61340-4-1.

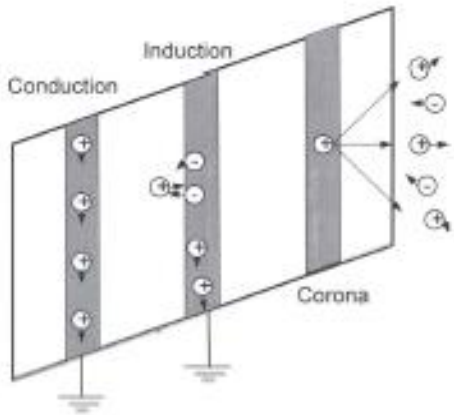


**Ilustración 3.** Verificación del calzado conforme a la Norma UNE-CLC/TR 60079-32-1 con un comprobador de calzado antielectrostático y verificación del pavimento conforme a la Norma UNE-EN-61340-4-1 con un Megohmetro electrostático

## Contenedores Flexibles Tipo C (CONDUCTIVOS)

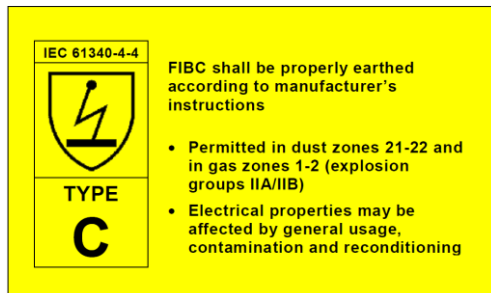
Contenedor flexible fabricado con rafia de polipropileno enhebrado con un entramado de hilo conductivo electrostático que permite la conducción de parte de la carga electrostática generada a través suyo y la ligadura de otra parte de la misma. Ambos fenómenos comportan la supresión del campo electrostático hacia el exterior evitando la posibilidad de que el operario pueda cargarse electrostáticamente por inducción si estuviera aislado. El tejido incorpora en estos casos material conductivo que se caracteriza por presentar un

dibujo paralelo o cuadrilado característico tal como ilustra la figura inferior.



**Ilustración 4.** Mecanismos de descarga electrostática de una FIBC tipo C

Estos Contenedores flexibles disponen de al menos una lengüeta conductiva negra para su correcta puesta a tierra y de otra amarilla identificándolo como Tipo C.



**Ilustración 5.** Etiqueta identificativa del FIBC Tipo C

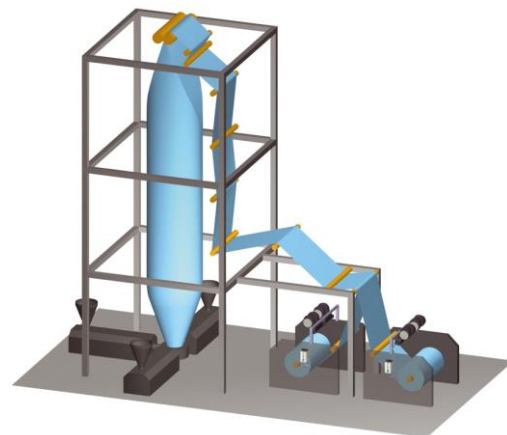
Este tipo de Contenedor es el más seguro si se garantiza su puesta a tierra. La conexión a tierra permite que la resistencia eléctrica desde cualquier punto conductivo sea inferior a  $1E07$  u  $1E08$  Ohmios (según el tipo de FIBC), umbrales que garantizan que la densidad de carga electrostática generada no pueda acumularse hasta alcanzar tensiones electrostáticas susceptibles de provocar descargas abruptas. Aspectos importantes a considerar en su puesta a tierra es la necesidad de utilizar una pinza certificada ATEX y concebida para esta aplicación, aplicación claramente distinta de las pinzas destinadas a la puesta a tierra de un contenedor metálico, por ejemplo.

En este sentido, con el fin de minimizar este riesgo y el riesgo de error humano durante su manipulación, el contenedor incorpora en su diseño, un factor de

seguridad pasiva alcanzando el enhebrado del hilo conductivo las asas de manera que pueda ponerse a tierra de manera redundante a través de la cruzeta metálica siempre y cuando esta se haya pulido y el polipasto del que se suspende esté dotado de una cadena y no una eslinga.

A pesar de ello, la experiencia demuestra que el contenedor no está exento de riesgos. Al error humano y pinza de puesta a tierra inadecuada, es decir, ausencia de puesta a tierra, que debe cubrirse con una formación adecuada acerca de los riesgos y de sus posibles consecuencias, se añaden otros riesgos asociados a su fabricación.

En primer lugar, está la calidad del polietileno conductivo, cuyo proceso de producción ilustra la imagen que figura a continuación. Este proceso consta de un proceso de extrusión donde se añaden los porcentajes de aditivos, granza, y otros componentes que definirán la calidad del mismo, así como su conductividad. La adición de estos aditivos se realiza mediante un sistema de dosimetría electrónico que pesa y aditiva el porcentaje de que cada aditivo en cada carga. La mezcla uniforme sin embargo de estos aditivos, así como su distribución en el usillo son factores que solo pueden verificarse una vez el material se ha formado, doblado y bobinado.



**Ilustración 6.** Detalle del proceso de extrusión del polietileno conductivo del que se confeccionaran las etiquetas del FIBC

Por motivos de producción y seguridad esta verificación suele hacerse una vez el material se ha bobinado, de forma que únicamente una fracción mínima del número de etiquetas que se obtendrán de esa bobina es verificada por parte del extrusor. Por este motivo en algunas ocasiones hay FIBCs cuya lengüeta no tiene la resistencia adecuada, a pesar del control de calidad que tanto el fabricante del material como el fabricante del FIBC tienen en marcha, no pudiendo ser este de la totalidad de las

unidades fabricadas al tratarse de un proceso manual de fabricación y de verificación.

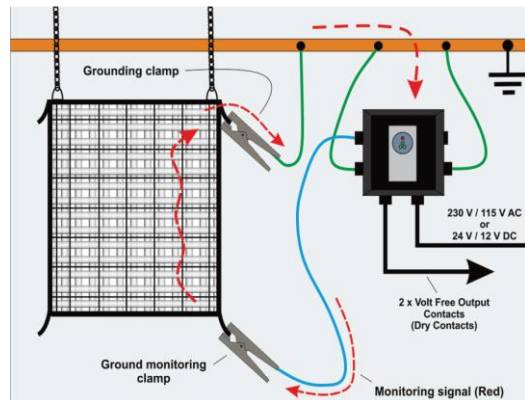
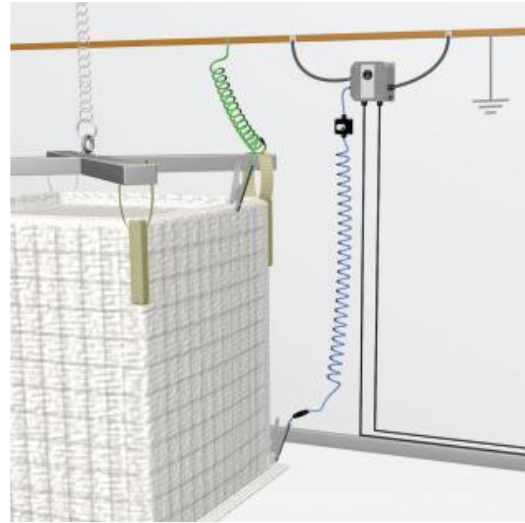


**Ilustración 7.** Detalle de la lengüeta conductiva electrostática de puesta a tierra electrostática del big bag Tipo C.

Este escenario comporta que la puesta a tierra de un FIBC Tipo C mediante una pinza adecuada para un FIBC como la de la imagen, no pueda garantizar su correcta puesta a tierra.

Por otro lado una vez confeccionadas las etiquetas, estas deben coserse a la rafia de polipropileno con el hilo conductor enhebrado. Este es otro proceso pseudo manual que en ocasiones, dada la falta de homogeneidad de los materiales involucrados comporta la falta de continuidad entre la lengüeta y este tejido que conforma el saco. De nuevo, la elección de una pinza convencional certificada ATEX, y con un diseño adecuado para la puesta a tierra de un FIBC Tipo C, no permitirá identificar este riesgo.

La investigación de los fallos y explosiones con la manipulación de FIBCs Tipo C, se asocian a los riesgos descritos anteriormente. Una vez identificados estos y en cumplimiento del espíritu del RD681: identificación de riesgos y dotación de los medios necesarios para minimizarlos, es recomendable la instalación de un sistema de monitorización de la puesta a tierra electrostática de los contenedores flexibles Tipo C, que permiten cubrir los escenarios descritos con anterioridad, tal y como ilustra la imagen inferior.

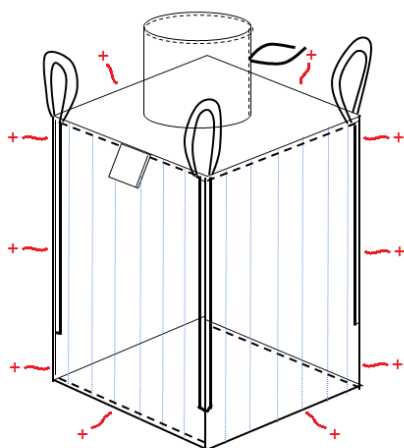


**Ilustración 8.** Detalle de la verificación de la puesta a tierra electrostática de un Contenedor Flexible tipo C.

**Contenedores Flexibles Tipo D (DISIPATIVOS)**

Contenedor flexible fabricado con rafia de polipropileno enhebrado con un entramado de hilos metálicos o conductivos no necesariamente interconectados, que permiten disipar parte de la carga electrostática sin precisar una conexión a tierra. A su vez pueden llevar aplicado algún acabado disipativo electrostático para facilitar la migración de la carga hacia estos hilos.

El principio de funcionamiento de estos tejidos se basa en la generación de descargas electrostáticas de baja intensidad denominadas Tipo Corona. Estas descargas electrostáticas son fruto de la ionización del aire, proceso que requiere umbrales de intensidad de campo electrostático elevados. A partir de este fenómeno se inicia el proceso de neutralización.



**Ilustración 9.** Contenedor Flexible Tipo D. Eliminación de carga electrostática sin necesidad de conexión a tierra. Inconveniente: genera un campo electrostático de alta intensidad a su alrededor que puede comportar carga a cualquier objeto no conectado a tierra en su proximidad

Este tipo de contenedores al igual que el de Tipo C no está exento de riesgos. El tamaño de los hilos, la presencia de contaminación o agua en su superficie o la presencia de cualquier objeto metálico no puesto a tierra a su alrededor: una persona (debido por ejemplo a un pavimento contaminado o un calzado en mal estado o contaminado tal como se describe con el FIBC Tipo B), una herramienta dejada sobre el FIBC... pueden cargarse por inducción. En estos casos p. e. una persona puede cargarse con tensiones de varios miles de voltios, pudiendo ser la energía de la descarga electrostática Tipo Chispa superior a los 0,25 mJ. Este escenario permite destacar la importancia de la comprobación del pavimento y del calzado. La verificación del calzado se puede llevar a cabo fácilmente mediante estaciones de chequeo instaladas en los vestuarios tal como se explicó con anterioridad.

## Conclusiones

Cada uno de los Tipos de Contenedores Flexibles descritos anteriormente, a excepción del Tipo A, pueden llegar a utilizarse de forma segura en una zona clasificada ATEX. Dependerá de la clasificación de la zona que un modelo sea más idóneo que otro. La tabla 1, establece el Tipo de Contenedor Flexible recomendado para cada zona.

EMI del polvo [mJ]	Atmósfera no inflamable	Atmósfera de polvo explosivo	Atmósfera de Gas (IIA o IIB)
EMI > 1000	A,B,C,D	B,C,D	C,D
1000 > EMI > 3	B,C,D	B,C,D	C,D
3 > EMI	C,D	C,D	C,D

**Tabla 1.** Utilización de distintos tipos de Contenedores Flexibles.

Sin embargo, estudiando la tabla y contrastándola con los riesgos descritos en el artículo, se puede observar que tanto ésta como otras tablas presentes en la bibliografía técnica y normativa del sector, no reflejan el nivel de seguridad que aporta cada Contenedor Flexible a la operación de carga y descarga de sólidos en zonas clasificadas ATEX. Establece que contenedores flexibles pueden utilizarse de forma segura si su utilización es correcta pero no cual es más segura. ¿Cuál es más segura? En el caso de zonas con presencia de gases, en el que se puede utilizar un FIBC tipo C o D, el FIBC Tipo C es más seguro ya que conocemos los riesgos que presenta y junto a un sistema de verificación de su correcta puesta a tierra electrostática del FIBC y verificación de las propiedades inherentes a su diseño, la operación de carga y descarga de sólidos desde un FIBC, cumple el espíritu del RD681 en su totalidad: identificación de riesgos y dotación de medios para minimizarlos.

## Referencias

- [1] Glor, M. "Discharges and Hazards Associated with the Handling of Powders", inst. Phys. Conf. Ser. No. 85, Section 3, Oxford (1987)
- [2] L. Britton. Process Safety Progress, Vol. 12. No. 4 October (1993), AIChE, Union Carbide Corp.
- [3] CEI 61340-4-4 Ed. 1.0 – Standard test methods for specific applications – Electrostatic classification of flexible intermediate bulk containers (FIBC), 2005
- [4] Swiss Institute of Safety and Security, 2004.
- [5] Electrostatic Ignition Hazards from Flexible Intermediate Bulk Containers (FIBC's), G. Hearn

## Contribuciones

Jordi Climent, Director Técnico, CLIMESA c/ Castella 52 - E-08018 Barcelona T. +34 93 307 63 62, jordi@fibcnet.com