

# La supervisión de la calidad del aire en interiores, más sencilla que nunca con el

Contador de partículas Fluke 985

**Nota de aplicación**

## Introducción

El ahorro de energía es el primer punto de la agenda de todos los propietarios de instalaciones. Los sistemas de climatización (HVAC, Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado) suelen ser los mayores contribuyentes en las facturas de energía eléctrica. Las desgravaciones de impuestos a menudo se basan en el ahorro de energía por metros cuadrados. Pero el ahorro en costes de HVAC también puede generar problemas importantes en materia de calidad del aire en interiores (IAQ) debidos a un control inapropiado de la ventilación, temperatura y humedad. Si se deja apagado el sistema hasta que llegan los usuarios por la mañana puede ahorrarse dinero, por ejemplo, pero se pueden generar contaminantes en el aire. Si el sistema HVAC no tiene un mantenimiento correcto y no se comprueba correctamente el filtro, puede que haya problemas de la calidad del aire en interiores

(IAQ). Los efectos de la calidad del aire interior (IAQ) se han destacado en numerosos informes de riesgo medioambiental y en diferentes iniciativas conjuntas de la Agencia de Protección Medioambiental (EPA, Environmental Protection Agency) de EE.UU. Algunos estudios han demostrado que el aire interior en algunas instalaciones comerciales está cinco veces más contaminado que el aire exterior.

Las partículas en suspensión se presentan en una amplia variedad de formas; desde pelos de animales domésticos, pólenes de plantas y bacterias en suspensión hasta fibras de vidrio, asbestos y partículas de combustión que se generan de parte del equipo o proceso de producción. Para identificar y solucionar problemas de la calidad del aire interior (IAQ), el técnico necesita una herramienta que no sólo lea las concentraciones de partículas para realizar controles puntuales, sino que también necesita realizar una supervisión continua del control de procesos.



## Por qué las partículas cuentan

Las distintas ubicaciones tienen diferentes niveles de concentraciones aceptables de partículas. En un entorno residencial y comercial (como casas, hoteles u oficinas), la comodidad y la salud son muy importantes y, a menudo, el temor a un litigio conduce a realizar investigaciones de la calidad del aire interior (IAQ). En entornos industriales (hospitales, plantas de manipulación de comida y bebida, y fabricación de instrumentos electrónicos y de precisión), el coste energético, el control de la contaminación y la producción son las principales preocupaciones. Unos niveles excesivos pueden producir afecciones de tipo médico, como el síndrome del edificio enfermo, así como una menor productividad, contaminación del producto o todos los efectos anteriores juntos.

El mantenimiento de unos niveles de calidad del aire aceptables no sólo puede reducir los costes relacionados con el tiempo de inactividad, sino que también reduce o elimina los gastos asociados a costosas reparaciones futuras. El primer paso para establecer un programa de mantenimiento de calidad del aire interior es determinar si existe algún problema o no.

## Estudio de la calidad del aire interior

Un estudio de la calidad del aire interior (IAQ) es el primer paso que hay que llevar a cabo en un programa de mantenimiento continuo o en respuesta a quejas potencialmente relacionadas con la calidad del aire. No importa que se trate de un entorno comercial/residencial o industrial/institucional, la metodología es similar:

1. Realice una encuesta a personal de confianza de las instalaciones. ¿Quién ha presentado quejas y cuáles son los síntomas? Las personas que han presentado quejas, ¿se encuentran localizadas en un punto concreto o dispersas en la instalación? El propósito es medir el nivel de toxicidad o concentración, de acuerdo con la evidencia de reacciones alérgicas o irritación en humanos, o con una mayor contaminación en el producto.
2. Investigue el historial del edificio. ¿Cuándo fue construido o remodelado el edificio? ¿Se ha producido algún caso de deterioro excesivo? ¿Cómo se realizaron las reparaciones? ¿Cuáles son las rutinas de mantenimiento de las instalaciones? Por ejemplo, las goteras del techo o tuberías se pueden haber reparado, pero puede que no se hayan solucionado las humedades generadas.
3. Realice una inspección física. Los técnicos deben conocer sus entornos de prueba considerando el origen de las partículas perjudiciales. Dentro de una ubicación concreta, es necesario tener en cuenta las áreas con ventilación, hornos, productos de limpieza, así como áreas con pintura fresca o alfombra, sobre todo si se encuentran en zonas donde se hayan presentado quejas. ¿Existen olores o fuentes de partículas visibles (por ejemplo, moho)?
4. Tome mediciones de la calidad del aire. Al realizar un estudio completo de calidad del aire en interiores (IAQ), es necesario tomar también medidas de temperatura, humedad, CO y CO<sub>2</sub> para identificar problemas relacionados con una ventilación inadecuada o contaminada que puedan crear un problema con las partículas. Por ejemplo, las lecturas de temperatura y humedad desempeñan un papel clave en la identificación de moho y bacterias. Un lugar con alta humedad relativa y altas concentraciones de partículas superiores a 3,0 µm puede indicar la presencia de esporas de moho, lo cual deberá ser solucionado una vez identificado. Una alta concentración de partículas de 0,3 a 10 µm puede evidenciar la presencia de bacterias, lo que pondría en peligro a los pacientes en la sala de operaciones o enfermería.

El procedimiento más eficaz para evaluar la calidad del aire en interior es obtener varias lecturas del aire exterior como valor de referencia, anotando dónde se tomaron en relación con las instalaciones. Al menos una de dichas lecturas debe proceder de un lugar cercano a la abertura de consumo de aire fresco del edificio. No obstante, anote el lugar de la toma de entrada de aire para garantizar que no se desvían las lecturas de referencia a causa de fuentes contaminantes, por ejemplo, ubicaciones cerca de un muelle de carga. Entonces, se calcula el "valor teórico" de partículas en el aire interior afectando las lecturas de referencia con el coeficiente de eficiencia del sistema de filtrado del aire. En el caso de una "sala limpia", se pueden usar tres etapas como medida

de referencia: "según fue construida", "en receso" u "operativa". Pero, una vez que se ha establecido la medida de referencia, los datos recopilados siempre se deben comparar con la "misma" referencia.

Las partículas tienden a esparcirse con gran rapidez en el aire circundante, convirtiendo la identificación del origen en una tarea complicada. Un método consiste en tomar varias lecturas en el interior, empezando primero por la zona de la queja y trasladándose después hacia fuera. Obtenga un mapa de los sistemas HVAC instalados y úselo para crear una ruta de inspección. En cada zona, realice una medida en el centro del espacio, al igual que cerca de las entradas y salidas de aire, y cualquier otro elemento del sistema HVAC. Anote especialmente tanto el caudal de subida como el de salida en todos los filtros de aire de alta eficiencia (HEPA, High Efficiency Particulate Air). A medida que se recopilan los datos, tome nota de cualquier incremento inusual de la cantidad y tamaño de las partículas. Use la característica de denominación de zonas y almacenamiento de datos del Fluke 985 para distinguir la concentración de partículas en diferentes ubicaciones y poder compararlas. Compare las lecturas de partículas con la medida de referencia para obtener una idea de la gravedad relativa de la concentración de partículas, e identifique puntos críticos y vías que puedan llevar al origen de las partículas. Continúe siguiendo la vía que presente mayores concentraciones hasta identificar el origen. Una vez identificado y solucionado el origen, se vuelve a evaluar el área para garantizar que la acción correctiva ha sido efectiva.

En combinación con el Medidor de humedad relativa y temperatura Fluke 971, el técnico también puede medir la temperatura y la humedad de acuerdo con los parámetros aceptados (consulte los estándares ASHRAE 55 y 62) para realizar un estudio básico de la calidad de aire interior y tomar las medidas apropiadas para solucionar el problema.



### Interpretación de los datos

Una correcta interpretación de los datos requiere conocimiento del área de prueba. ¿Se trata de un área residencial o comercial? ¿Es una zona de sala limpia o de fabricación de precisión? ¿Está la sala limpia "en receso" u "operativa"? ¿Está el lugar expuesto a humo de tabaco o partículas de combustible? ¿Existe alguna obra o trabajo de construcción en el lugar o en las inmediaciones? Una evaluación correcta del entorno puede ayudar a reducir la lista de partículas problemáticas.

Los límites de concentración varían ampliamente en función del tamaño y tipo de instalación, entre otras variables. Sin embargo, con una evaluación de alto nivel se puede tener una idea de si existe un problema o no. Las siguientes lecturas de aire exterior proporcionan al técnico un punto de referencia de alto nivel:

Size	Cumulative
0.3 µm	814908
0.5 µm	94271
1.0 µm	16530
2.0 µm	7264
5.0 µm	2926
10.0 µm	145
1.0 F <sup>3</sup>	

Figura A.

**Escenario 1:** Los niveles de partículas mostrados en la Figura B proceden de una residencia nueva (menos de 5 años) y no indican concentraciones fuera de lo normal. En las residencias, los niveles de partículas son a veces superiores a las lecturas en exteriores, debido a la existencia de más fuentes potenciales de partículas (por ejemplo, pelos de animales domésticos), zona de menor difusión y normalmente métodos de filtración menos sofisticados.

Size	Cumulative
0.3 µm	315298
0.5 µm	101875
1.0 µm	61879
2.0 µm	45519
5.0 µm	28105
10.0 µm	2607
1.0 F <sup>3</sup>	

Figura B.

**Escenario 2:** Los niveles de partículas de la Figura C representan un espacio de trabajo de oficina normal y no indican ninguna concentración fuera de lo normal. En un entorno comercial, los niveles de partículas deben ser significativamente menores que las lecturas de exteriores, debido a su mejor filtración y dilución con el aire exterior.

Size	Cumulative
0.3 µm	113899
0.5 µm	21898
1.0 µm	9383
2.0 µm	5934
5.0 µm	3285
10.0 µm	617
1.0 F <sup>3</sup>	

Figura C.

**Escenario 3:** Los niveles de partículas de la Figura D proceden de una antigua zona residencial con moho visible. Las lecturas son significativamente superiores y es necesario tomar las medidas adecuadas para eliminar el moho y eliminar la raíz del problema.

Size	Cumulative
0.3 µm	2651469
0.5 µm	291193
1.0 µm	70852
2.0 µm	36837
5.0 µm	17993
10.0 µm	1979
1.0 F <sup>3</sup>	

Figura D.

**Escenario 4:** Si el origen de las partículas del Escenario 3 no es visible, utilice tablas de tamaño de partículas (como las de la Tabla 1) para identificar el origen posible. Consiga una muestra de las partículas y envíela a un laboratorio para su análisis.

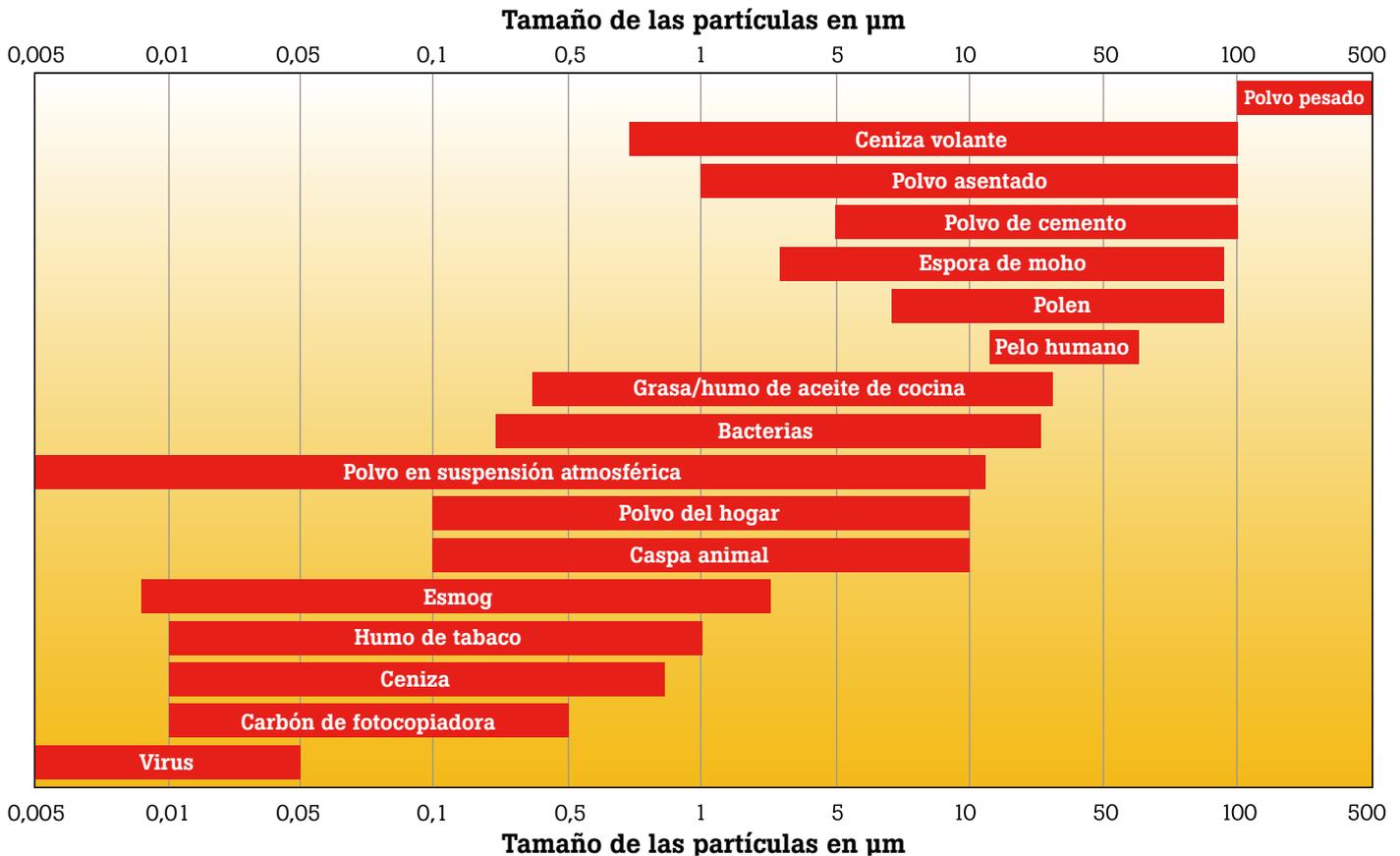


Tabla 1.

### Ejercicio de sala limpia (certificación y supervisión)

Las "salas limpias" son un lugar excelente de aplicación para el recuento de partículas. La certificación de salas limpias a menudo es realizada en la fase "según fue construida". A modo de ilustración, pongamos el Fluke 985 a pruebas en la evaluación de una sala limpia ISO Clase 5 (conforme con la norma ISO 14644). Para reunir los requisitos de una sala limpia Clase 5, los niveles no pueden exceder los límites de la clase en cada tamaño de partícula establecido en la tabla siguiente:

Nuestra prueba se centra en la concentración de partículas de 0,3 µm en la sala. Se han tomado varias muestras de 2 litros de 6 lugares diferentes durante 6 periodos distintos dentro del interior de la sala limpia, con los resultados siguientes:

Clasificación ISO	Límites de partícula por clase					
	0,1 µm m <sup>3</sup>	0,2 µm m <sup>3</sup>	0,3 µm m <sup>3</sup>	0,5 µm m <sup>3</sup>	1,0 µm m <sup>3</sup>	5,0 µm m <sup>3</sup>
1	10	2				
2	100	24	10	4		
3	1000	237	102	35	8	
4	10000	2370	1020	352	83	
5	100000	23700	10200	3520	832	29
6	1000000	237000	102000	35200	8320	293
7				352000	83200	2930
8				3520000	832000	29300
9				35200000	8320000	293000

Lugar (L)	Concentraciones (C1)						Promedio Concentración (AC1)
	1	2	3	4	5	6	
A	750	560	655	730			674
B	1575	1250	750	950	1100	1300	1154
C	1300	850	980	1125	1350	975	1097
D	1150	775	450	825	845	1000	841
E	825	855	730	940	695	925	828
V	1700	1585	1135	900	1725	1210	1376

Las lecturas individuales se ajustan a las limitaciones para la sala limpia; sin embargo, podemos seguir los pasos siguientes para determinar la validez estadística de las lecturas:

**Paso 1:** Calcular la concentración de partículas promedio

$$M = (AC_1 + AC_2 + AC_3 + AC_4 + AC_5 + AC_6) / L$$

$$995 = (674 + 1154 + 1097 + 841 + 828 + 1376) / 6$$

**Paso 2:** Cálculo de la desviación estándar de los promedios

$$SD = (\sqrt{(AC_1-M)^2 + \dots + (AC_6-M)^2}) / (L-1)$$

$$116 = (\sqrt{(674-995)^2 + (1154-995)^2 + (1097-995)^2 + (841-995)^2 + (828-995)^2 + (1376-995)^2}) / (6-1)$$

**Paso 3:** Cálculo del error estándar de la media de los promedios

$$SE = SD / (\sqrt{L})$$

$$47,36 = 116 / (\sqrt{6})$$

**Paso 4:** Establecimiento del límite máximo de confianza (UCL, Upper Confidence Limit)

N.º de lugares	Factor del límite máximo para una confianza del 95 %								
	1	2	3	4	5	6	7	8	Más de 9
Factor UCL 95%	6,31	2,92	2,35	2,13	2,02	1,94	1,9	1,86	No se aplica

$$UCL = M + (\text{Factor UCL} * SE)$$

$$1.087 = 995 + (1,94 * 47,36)$$

El recuento medio resultante para todos los lugares se ajusta a los requisitos de una sala limpia de Clase 5.

El Fluke 985 proporciona datos sobre partículas en más de 6 canales en una sola pantalla, lo que permite al técnico ver todas las lecturas simultáneamente. Aunque el ejercicio de la sala limpia se centraba en partículas de 0,3 µm, la pantalla alertaría inmediatamente al técnico de anomalías en concentraciones de partículas de otro tamaño. Con el Fluke 985, el técnico puede configurar el número de canales que se muestra según los distintos tamaños de partículas y también puede establecer una alerta de alarma acústica o mediante un texto resaltado para el recuento de una concentración excesiva de un tamaño de partícula específico.

Una vez que la sala limpia esté certificada, el técnico puede usar la función de gráficos de tendencias del Fluke 985 para supervisar la concentración de partículas durante un periodo de tiempo específico predeterminado por el técnico. Esta función puede usarse en la etapa "operativa" de la sala limpia. De este modo, el técnico puede supervisar el proceso de fabricación por si se produce algún pico inusual de concentración de partículas y realizar el seguimiento del evento que introduce la contaminación en el proceso. Además, los técnicos también pueden visualizar la tendencia de forma inmediata en la unidad antes de exportar los datos, lo que ahorra una gran cantidad de tiempo en la descarga de datos. Gracias a la base USB/Ethernet del Fluke 985, el técnico puede transferir rápidamente los datos al ordenador a través del puerto USB o de red para un análisis inmediato de estos, de modo que se puedan tomar las acciones correctivas de forma inmediata. La función de retardo del Fluke 985 resulta útil para determinar las concentraciones de partículas de la

sala limpia "en receso" una vez que los ocupantes de las instalaciones hayan abandonado la sala limpia y el sistema de ventilación de la sala haya filtrado el aire y el entorno se haya estabilizado.

**Recuento de partículas en perspectiva**

La clave para un estudio satisfactorio de calidad de aire en interiores (IAQ) es tener en cuenta el medio ambiente de manera global. La ubicación, el historial de construcción, las quejas, los registros de procesos, así como factores tangibles como la temperatura y la humedad, la presión y la concentración de partículas, todos juegan un papel fundamental a la hora de descubrir problemas de la calidad del aire en interiores (IAQ). Al utilizar un contador de partículas, tenga en cuenta que el origen de una partícula puede ser sólo un síntoma de un problema mayor subyacente. Puede que simplemente la solución en el origen no resuelva problemas fundamentales de filtración o ventilación deficientes o una excesiva humedad. Si no se comprueban, estas condiciones harán que los mismos síntomas, o peores, vuelvan a producirse con toda probabilidad. El recuento de partículas como parte del mantenimiento preventivo continuo es crítico para garantizar un medio ambiente sano y un buen rendimiento de producción. El Fluke 985 es una herramienta potente, compacta y fácil de usar que ayuda a los técnicos a identificar problemas de partículas y a confirmar las sospechas para ir directamente a la raíz del problema.

## Comprensión de las funciones del contador de partículas

El uso de un contador de partículas es relativamente sencillo; sin embargo, conocer a fondo las funciones que caracterizan a los contadores a veces puede suponer todo un reto. Los términos siguientes suelen utilizarse para describir la precisión, eficacia y otros atributos del contador de partículas en suspensión.

**Modo de recuento:** El modo de recuento define el modo en que el contador de partículas presenta los datos al usuario. La concentración y el recuento total son dos modos de muestreo normales, y el Fluke 985 añade también un modo de alarma acústica. El modo de concentración toma una muestra de un pequeño volumen de aire y, a continuación, calcula el valor basado en el ajuste del volumen (cm<sup>3</sup>, pies<sup>3</sup> o litros) del contador, mientras que el modo de recuento bruto permite que el usuario recopile recuentos de partículas reales a medida que estas se acumulan durante el tiempo de muestreo. Puede ajustarse en acumulativo (el número total de partículas es mayor que cada tamaño de canal) o diferencial (el número de partículas está entre los tamaños de canal). El modo de alarma acústica resulta útil cuando se buscan zonas que superen los niveles de partículas predefinidas. Una vez que se excedan, el contador notifica al usuario mediante una alarma acústica. El modo de recuento define el modo en que el contador de partículas presenta los datos al usuario.

**Contador cero:** Contador cero es una medida de precisión del contador de partículas y debe tomarse antes de utilizarlo y, después, periódicamente o cuando se sospeche de la existencia de un error. El filtro del contador cero se conecta al contador de partículas conforme a las instrucciones del fabricante y, después, el contador se pone en funcionamiento durante 15 minutos. El contador no debe detectar más de una partícula superior a 0,3 µm en un periodo de cinco minutos.

**Pérdida de la detección lineal:** La pérdida de detección lineal se produce cuando dos partículas cruzan el haz de luz del contador al mismo tiempo, creando un único impulso y dando como resultado un único recuento de partículas. Este tipo de error se produce con más frecuencia a medida que la concentración de partículas aumenta en la muestra.

Según 21501-4, la pérdida de la detección lineal debe ser  $\leq 10\%$  con respecto a la máxima concentración de número de partículas. En el Fluke 985 es del 10% para 4.000.000 de partículas por pie<sup>3</sup>.

**Eficacia del recuento:** La probabilidad de que el contador detecte y cuente una partícula que pasa a través del volumen de la muestra. La eficacia del recuento es una función de tamaño hasta un límite de sensibilidad mínima, por encima del cual se detectan y cuentan todas las partículas. Una eficacia de recuento del 50% en el umbral más sensible suele considerarse óptima, y facilita comparaciones consistentes entre recuentos de contadores de partículas ópticos y aquellos de instrumentos de mayor resolución.

**Sensibilidad:** Es la capacidad de un dispositivo de detectar tamaños de partícula pequeños con cierta eficacia de recuento. El Fluke 985 detecta 0,3 µm con una eficacia de recuento del 50 %.

**Calibración:** Un conjunto de operaciones o acciones realizadas para establecer la relación entre los valores medidos obtenidos a través de un dispositivo y los valores de los parámetros correspondientes definidos en una norma. El Fluke 985 se ha calibrado utilizando esferas de látex de poliestireno, ampliamente utilizado debido a su tamaño uniforme y a sus propiedades de refracción de la luz, cumpliendo con la norma ISO 21501-4: Contador de partículas en suspensión por dispersión de la luz para espacios limpios.

**Trazable NIST:** La trazabilidad es una característica de una medición o del patrón estándar, y su relación a referencias establecidas, que suelen ser normas nacionales o internacionales. Las esferas de látex de poliestireno utilizadas en el proceso de calibración del Fluke 985 tienen trazabilidad establecida con las normas del NIST (Instituto Estadounidense de Normas y Tecnología).

**Fluke. Manteniendo su mundo en marcha.®**

**Fluke Corporation**  
 Everett, WA 98206 EE.UU.  
 Latin America  
 Tel: +1 (425) 446-5500  
 Web: [www.fluke.com/laam](http://www.fluke.com/laam)  
 Fluke Ibérica, S.L.  
 Pol. Ind. Valportillo  
 C/ Valgrande, 8  
 Ed. Thanworth II · Nave B1A  
 28108 Alcobendas  
 Madrid  
 Tel: 91 4140100  
 Fax: 91 4140101  
 E-mail: [info.es@fluke.com](mailto:info.es@fluke.com)  
 Web: [www.fluke.es](http://www.fluke.es)

Para obtener información adicional póngase en contacto  
 En EE. UU. (800) 443-5853 o  
 Fax (425) 446-5116  
 En Europa/Medio Oriente/África  
 +31 (0) 40 2675 200 o  
 Fax +31 (0) 40 2675 222  
 En Canadá (800)-36-FLUKE o  
 Fax +1 (425) 446-5116  
 Acceso a Internet: <http://www.fluke.com>

© Copyright 2012 Fluke Corporation. Reservados todos los derechos. Impreso en los Países Bajos mm/yyyy. Información sujeta a modificación sin previo aviso. Impreso  
**Fluke. Manteniendo su mundo en marcha**  
 Pub\_ID : 11904-spa 4178333

No está permitida la modificación del presente documento sin una autorización escrita de Fluke Corporation.