

# Boletín 33

## DESEMPEÑO DE LAS BANDEJAS PORTACABLES FRENTE A LA PERTURBACIONES DE EMI

Boletín técnico N°33  
PARTE 1  
Ing. Gregor Rojas

Caracas - Venezuela

## DESEMPEÑO DE LAS BANDEJAS PORTACABLES FRENTE A LAS PERTURBACIONES DE EMI.

Por:

**Ing. Gregor Rojas**  
GERENTE NACIONAL  
MERCADERO Y VENTAS  
División materiales eléctricos

La compatibilidad electromagnética CEM (EMC en inglés) es la habilidad de un sistema, equipo o producto de funcionar correctamente, sin causar interferencias electromagnéticas a otros equipos pero, al mismo tiempo, ser insensible a las emisiones que puedan causarle otros sistemas.

Las interferencias electromagnéticas (EMI) se definen como la energía electromagnética proveniente de un emisor que afecta adversamente, estableciendo respuestas indeseables de funcionamiento en el sistema receptor.

Un emisor de interferencias (EMI) es un radiador electromagnético no intencional, interno o externo al sistema, natural o artificial, con suficiente intensidad como para afectar a elementos de varios sistemas electrónicos (receptores), provocando un mal funcionamiento. Un receptor de interferencias es la parte de un sistema electrónico que recibe las interferencias no deseadas del emisor de interferencias, de forma conducida o radiada, afectando al buen funcionamiento del sistema.

La susceptibilidad electromagnética es la falta de habilidad de un sistema electrónico para funcionar correctamente sin degradación en presencia de una interferencia electromagnética. La susceptibilidad se caracteriza como una falta de inmunidad. Existen tres reglas básicas para el buen diseño de un equipo electromagnéticamente compatible:

1. El equipo no causa interferencias a otros equipos
2. El equipo no sea susceptible a las emisiones de otros equipos.

Elaborado por Ing. Gregor Rojas

3. El equipo no se interfiera al mismo.

Las pruebas de EMI / CEM se han desarrollado para garantizar que los sistemas electrónicos funcionan correctamente en su entorno electromagnético y así mantener un nivel aceptable de CEM.

Las Interferencias Electromagnéticas (EMI) se han convertido en uno de los mayores problemas de perturbaciones que se generan en los cables de datos en redes informáticas.

El instalador debe respetar todos los procedimientos técnicos al realizar la instalación, a objeto de realizar una instalación calificada, donde los efectos de las EMI no causen perturbaciones en la red de datos con pérdidas de desempeño. Las Interferencias Electromagnéticas (EMI) tienen tres fuentes:

1. Las perturbaciones EMI originadas entre los pares, en un cable son atenuadas por las formas de construcción de los cables (pares entorchados con un determinado paso) y respetando las normas de instalación especificadas por los fabricantes de los componentes.
2. Las perturbaciones EMI originadas por los cables de potencia o energía que canalizados en forma paralela a los cables de datos.
3. Las perturbaciones EMI originadas por elementos externos son causadas por ondas electromagnéticas que vienen desde afuera de la canalización y que causan perturbaciones directa o indirectamente, en los cables de datos, tales como: ondas de radio, de TV, celulares, campos electromagnéticos, etc.

Conocer los niveles y tipos de ondas electromagnéticas existentes en un ambiente, permiten orientar sobre mecanismos para tomar precauciones con el objeto de atenuar perturbaciones que se generen en los cables de datos o de señales por efectos externos o internos.

Las perturbaciones externas, ya sean que provengan de ondas electromagnéticas o de

cables que transmitan otras formas de energía o señal, en una misma canalización deben tener un tratamiento especial durante la instalación, tomando medidas que atenúen o eliminen estas perturbaciones.

Todos los tipos de bandejas portacables frente a la CEM tienen un comportamiento pasivo, es decir no reciben perturbación ni perturban los sistemas cercanos o los que porta, no obstante, debido a su configuración pueden presentar características que contrarresten los efectos electromagnéticos sobre los conductores que porta.

La primera bandeja portacables para proteger contra los efectos de los campos EMI se diseñó y desarrolló para la NASA en 1960, cuando se hizo imprescindible proteger el cableado de instrumentos y control de los campos EMI durante el lanzamiento de misiles. En los últimos 40 años, se han desarrollado Bandejas portacables para desempeñarse en ambientes con presencia de EMI.

### **1. Bandejas portacables y la compatibilidad electromagnética**

La CEM es la tecnología para minimizar las interferencias electromagnéticas causadas por campos electromagnéticos que se irradian o propagan a lo largo de un medio conductor y reducen la susceptibilidad de estos campos en dispositivos o sistemas eléctricos o electrónicos. La CEM es un enfoque coordinado de diseño de sistemas para lograr:

1. Reducir la interferencia en la fuente.
2. Aislar los circuitos que provocan la interferencia, puesta a tierra o blindaje de cables en la bandeja
3. Aumentar la inmunidad de los circuitos susceptibles por la distancia o (replantear lejos su trayectoria de las fuentes) reencaminar lejos de fuentes de la radiación tales como equipo de la energía o fuentes de alto voltaje.

La bandeja portacables de tipo fondo solido configurada para operar en CEM se ha convertido en la solución cuando la radiación de la fuente o el

replanteamiento de la trayectoria de los cables son complicados o imposibles.

Estas bandejas han ahorrado a las plantas industriales muchas horas-hombre de rastreo y corrección de circuitos perturbadores durante la puesta en marcha de la planta.

Además, la bandeja portacables de fondo sólido metálica correctamente conectada a tierra y protegida no sólo reduce los campos EMI radiados que un circuito sensible ve, sino que también proporciona una referencia de tierra aislada que reduce efectivamente el acoplamiento de la parte interna y del circuito, así como el acoplamiento de modo general.

### **2. Consideraciones sobre el diseño de las bandejas portacables para aplicaciones contra EMI.**

Las bandejas portacables para ser empleadas contra EMI estarán diseñadas para contener o excluir las perturbaciones de EMI / RFI.

Un diseño perfecto para una bandeja portacables para esta aplicación sería fabricarla de una sola pieza, con las tapas soldadas, sin embargo, este diseño no es práctico ya que no permitiría un fácil acceso a los cables. Además, las secciones rectas, las tapas y los accesorios deben ser diseñados para una fácil instalación en campo.

La bandeja portacables para ser empleada frente a perturbaciones de EMI debe ser diseñada con abrazaderas especiales, uniones de empalme, juntas y papel de aluminio.

Estas características son esenciales para sellar y atenuar las frecuencias de ondas planas entre 100 MHz a 1GHz.

Las tapas deben ser cubiertas en sus uniones intertapas mediante cubretapas especiales que compriman las juntas de las tapas para un óptimo blindaje.

### **3. Configuración de la bandeja portacables para aplicaciones contra EMI**

El acero pre-galvanizado bajo la norma ASTM A653, revestimiento G90 ha demostrado ser el material para las bandejas portacables más rentable. Su superficie plana y lisa es formable,

soldable y conductora. Tiene una excelente resistencia a la corrosión.

Las superficies recubiertas o pintadas al no ser conductivas contribuyen en contra de la eficacia del blindaje.

La eficacia del blindaje global que proporciona una bandeja portacables contra EMI es determinada en primer término por la eliminación de costuras o aperturas que por el grosor del material utilizado para su fabricación.

Las bandejas portacables para uso contra EMI se deben construir para cerrar tolerancias de solape, de forma que las superficies sean lo más planas posible y se ajusten las superposiciones perfectamente.

- Las bandejas portacables serán de una sola pieza sin costuras ni aberturas, salvo las de las uniones.
- Las tapas estarán diseñadas para superponerse en ángulos de 90 grados sobre la bandeja portacables
- Las secciones curvas tendrán extremos con extensiones lineales de largos 70 mm como mínimo para un ajuste con las uniones de empalme superpuestas cuando se unen con secciones rectas u otras curvas.
- Los sitios de empalme entre bandejas estarán envueltas con uniones que cubrirán la junta por el lado inferior externo, junto con una construcción atornillada y superposición de 35 mm como mínimo sobre cada extremo de la bandeja.
- Las sujetas tapas de la tapa son de tipo envolvente, de cierre ajustable mediante tornillería con tensión graduable a unas 200 libras. Para asegurar una presión positiva cuando se comprima las juntas de la tapa.

Es muy importante destacar que la planicidad, las superposiciones perfectas de superficies, la tolerancia de apriete y el sellado son las claves del

diseño comprobado de la bandeja portacables diseñada contra las EMI.

#### **4. Protección contra interferencias electromagnéticas**

El uso generalizado de equipos de procesamiento computarizado en instalaciones industriales, la minimización de la interferencia inducida en el enlace de comunicación entre los transductores en planta o elementos primarios y controladores es crítica.

Dependiendo de la instalación, este enlace, en la mayoría de los casos un par de conductores eléctricos, puede ser muy corto, o correr varios cientos de metros. Cuanto más largo sea el cable de señal de control, más susceptible será al ruido eléctrico inducido.

El blindaje de estos cables con una trenza de cobre o una cinta metálica los protegerá unos de otros, pero para largos recorridos es necesario un mejor método de blindaje para la protección contra interferencias externas.

Proteger estos cables individualmente es impráctico debido al gran número utilizado en un complejo sistema de control industrial. Numerosos cables de señales de control pueden protegerse de interferencias utilizando un cerramiento bien diseñado y blindado, nos referimos a la canalización mediante bandejas portacables adecuadas para esta aplicación.

Se pueden inducir voltajes indeseables en los cables de señales de control mediante cinco métodos:

1. Campos electrostáticos
2. Campos electromagnéticos
3. Radiación de la onda plana
4. Conversación cruzada (CrossTalk o diafonía)
5. Modo Común

En Telecomunicación, se dice que entre dos circuitos existe diafonía, denominada en inglés Crosstalk, cuando parte de las señales presentes en uno de ellos considerado perturbador, aparece en el otro considerado perturbado.

La interferencia cruzada (CrossTalk) y la interferencia en modo común son funciones de los propios circuitos de control y deben manejarse mediante la selección adecuada de los métodos de cableado y puesta a tierra.

La radiación de onda plana, que es motivo de preocupación a muy altas frecuencias (30MHz), generalmente no es un problema en los entornos industriales.

Los campos electrostáticos y electromagnéticos son importantes e influyen directamente en la selección de los recintos de los cables blindados.

La interferencia electrostática es causada por la capacitancia parásita entre el cable de señal de control y otros conductores en el área.

Esta capacitancia se puede reducir encerrando completamente el cable de señal de control en un recinto blindado que es un buen conductor eléctrico como lo sería una bandeja portacables de fondo sólido con tapa. La medida de la eficacia eléctrica en esta situación es la atenuación electrostática.

Esta atenuación se determina midiendo la tensión inducida indeseable en el cable de señal de control dentro del recinto de cable apantallado. El recinto debe estar debidamente conectado a tierra para actuar como un campo electrostático.

## **5 Protección contra interferencias electromagnéticas**

La interferencia electromagnética es causada por la inducción mutua entre la señal de los cables de control y otros cables de alimentación circundantes.

Esta inductancia mutua se puede reducir (protegiendo cable de control) si el cable de la señal de control está completamente encerrado en un buen material magnético.

Un parámetro de atenuación electromagnético se puede definir de la misma manera que la atenuación electrostática. Desafortunadamente, los buenos conductores eléctricos no son materiales magnéticos (alta permeabilidad) efectivos.

En la mayoría de las instalaciones industriales, el blindaje debe proporcionarse contra descargas electrostáticas y campos electromagnéticos, por lo tanto, debe hacerse un compromiso.

Entre las fuentes perturbadoras principalmente están:

1. Armónicos y Transientes (transitorios) en la red de energía eléctrica. Considerando una red de energía eléctrica con ondas senoidales de 60 Hz, la norma indica que podemos canalizar cables de voz y data junto con conductores de energía eléctrica (hasta 480 V y 20 A), separados por una barrera divisora metálica. No obstante, hoy tenemos redes de energía eléctrica con una onda deformada, cargada de armónicos y transientes.
2. Saturación de los cables de voz y datos. Cuando la corriente de los cables de energía eléctrica, canalizados en forma paralela a los cables de voz y data, llegan cerca o sobrepasan los 20 A., tenemos fuertes perturbaciones en los cables de voz y data. En muchas ocasiones los armónicos están compuestos de componentes de corriente continua que también inducen perturbaciones.
3. Emisiones de estaciones de radio de FM que estén en las proximidades de la instalación.
4. Emisiones de señales de TV y de antenas de telefonía celular.

Los parámetros de atenuación (electrostáticos y electromagnéticos) se pueden medir bajo condiciones de un laboratorio.

Una configuración de prueba se utiliza para crear el tipo de campo apropiado, y la tensión inducida "e1" se mide la señal en el cable de control suspendido en aire libre. Entonces se repite la prueba con el cable de control de señal encerrado en la bandeja portacables con tapa y se mide la tensión inducida "e1". La eficacia del blindaje viene dada por la relación de estos voltajes.

$$S = e^1/e$$

Cuanto mayor es la relación, mejor es el escudo. Debido al amplio rango dinámico de "S" para diferentes tipos de escudos, la atenuación se expresa generalmente como veinte veces el logaritmo base diez de "S".

$$A = 20 \text{ Log}_{10} S$$
$$A = 20 \text{ Log}_{10} (e^1/e)$$

Los parámetros de atenuación son a la vez funciones de frecuencia y, por lo tanto, se muestran generalmente mediante un gráfico Visualización de "As". (Atenuación electrostática) y "Am" (atenuación electromagnética) trazados en función de la frecuencia.

## 6. Cómo reducir los efectos de la perturbación EMI

Algunas técnicas comprobadas para reducir los efectos de las perturbaciones EMI son:

- a) Instalar el cableado de alimentación y el cableado de las señales de instrumentación en canalizaciones separadas o en bandejas portacables distintas.
- b) Mantener la separación de las canalizaciones en el panel de control tanto como sea posible.
- c) Cuando los cables de instrumentación se crucen con los de alimentación, es imperativo hacerlo con un ángulo de 90 grados manteniendo la máxima separación posible.
- d) Evitar que se formen bucles en el cableado de instrumentación.
- e) Instalar el cable lo más recto posible.
- f) Usar cable blindado de par trenzado para llevar las señales de instrumentación. Al trenzar los cables se ecualiza el efecto de la EMI en ambos cables, lo que reduce considerablemente los errores debidos a la interferencia electromagnética.
- g) Emplear cables con apantallamiento o blindaje para rodear los cables de instrumentación, de esta forma se protege de perturbaciones EMI y

se proporciona una vía para que la corriente generada por la EMI fluya hacia tierra.

- h) Conectar un extremo de la pantalla del cable al punto de puesta a tierra que tenga el menor ruido eléctrico.
- i) Emplear un transmisor aislado para convertir las señales en corriente de 4-20 mA debido a que las señales de corriente son intrínsecamente más inmunes a la EMI que las señales de voltaje.
- j) Reducir al mínimo la longitud de los cables de instrumentación que no tengan blindaje en el panel de control.
- k) Mantener trenzados los hilos de cables expuestos en toda su trayectoria hasta los puntos de conexión.
- l) En el panel de control, tender los cables de instrumentación alejados de las fuentes de EMI del panel.

El cumplimiento de estas pautas contribuirá a garantizar mediciones precisas en entornos con altos niveles de compatibilidad electromagnética.

## 7. Protección de cables control de procesos y de instrumentación

El tipo de señal transmitida por el elemento primario al controlador determina la sensibilidad de la señal a una interferencia eléctrica extraña. Por ejemplo, cuanto menor es el voltaje, mayor es la impedancia y más susceptible el circuito a la interferencia.

Dado que la mayoría de los elementos primarios del tipo de proceso funcionan a bajos voltajes y amperios, se debe tener cuidado al elegir los requisitos de blindaje.

Los niveles típicos de funcionamiento oscilan entre menos de 100 mV a 5V en los elementos de tipo de tensión y de 1 ma a 50 ma en los sistemas actuales.

Muchas empresas que utilizan el control automatizado de procesos encuentran que se incurren en altos costos adicionales para eliminar las interferencias en los sistemas, no en la

instalación, sino en las etapas de salida y puesta en marcha de la construcción.

La mayor parte de estos costos adicionales se pueden evitar en las etapas de ingeniería mediante la selección adecuada de cables y canalizaciones diseñadas contra la EMI.

Las siguientes directrices garantizarán el método más aceptable de instalación de la instrumentación:

- Utilice pares paralelos trenzados - apantallados y conectados a tierra.
- Separe los cables de control por frecuencia y nivel de voltaje.
- Rutee los circuitos de control para evitar cables de alimentación y maquinaria.
- Instale el cable de control en un sistema de bandejas portacables conformada para evitar EMI.
- Conecte a tierra el blindaje o pantallas.

Las bandejas portacables contra EMI ofrecen excelentes características de atenuación al tiempo que ofrecen un bajo costo de instalación que permite cables de control adicionales, verificaciones y re-cableados.

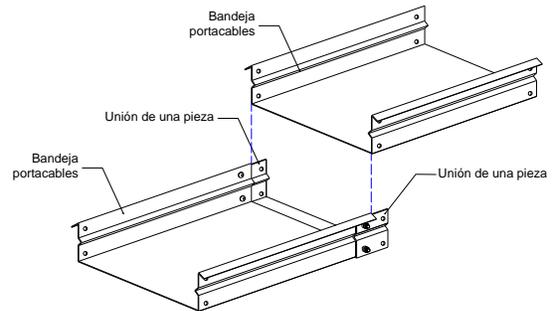
### 8. Instrucciones de instalación

Las bandejas portacables fabricadas para contrarrestar los efectos de EMI se pueden instalar utilizando las mismas prácticas y soportes convencionales asociados con los sistemas de bandejas portacables tradicionales.

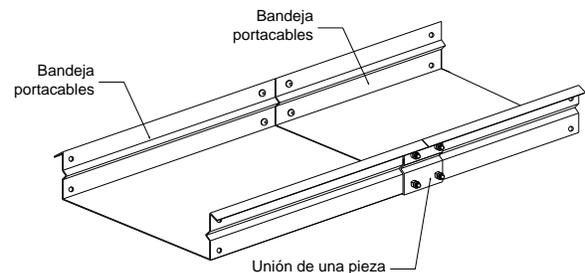
En particular seguir los siguientes pasos:

1. Después que el sistema de soportes esté ubicado en su lugar, coloque y sujete la bandeja portacables de fondo sólido a la estructura de los soportes, a través de los accesorios recomendaciones por cada fabricante.
2. Al unir o empalmar las secciones rectas o curvas de estas bandejas portacables,

utilice uniones de una sola pieza que envuelvan el fondo y los dos laterales de ambas secciones de bandejas, ver figura 1 y 2

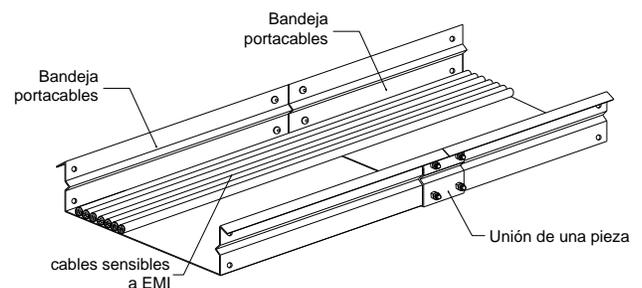


**Figura 1**

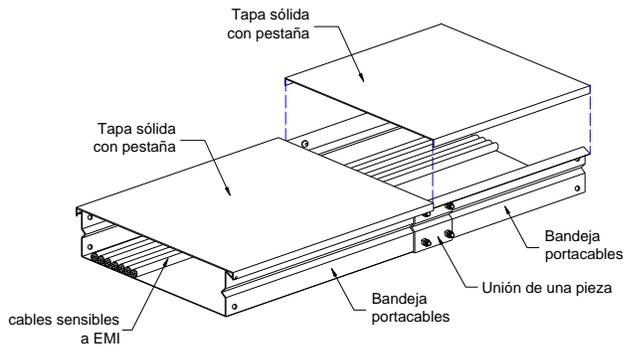


**Figura 2**

3. Instalada la canalización sobre los soportes, proceda a colocar los conductores que contendrán estas bandejas portacables.
4. Posteriormente de haber instalado los conductores en la canalización ver figura 3, proceda a colocar las tapas en su lugar ver figura 4, Asegurándose de que las tapas topen o dejen la menor separación entre ellas.

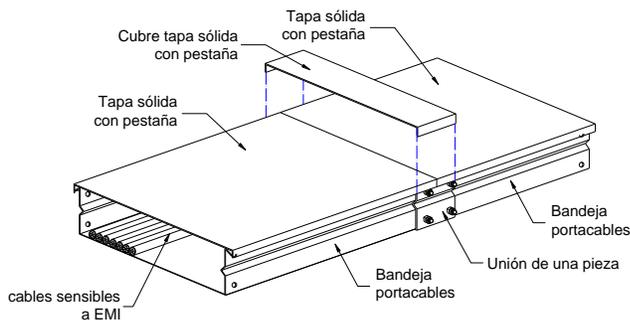


**Figura 3**



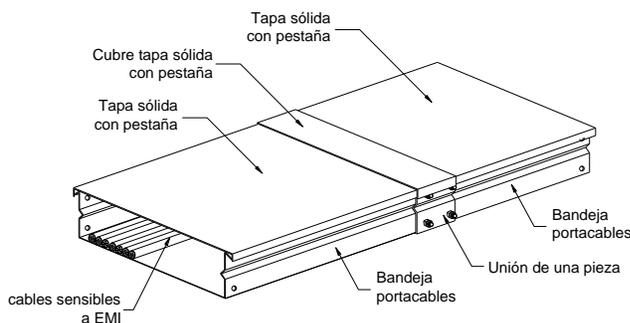
**Figura 4**

- Colocadas las tapas proceda a cubrir la uniones entre tapas con el cubre tapas y se asegura a las tapas mediante los accesorios recomendados por cada fabricante, ver figura 5.



**Figura 5**

- Las tapas de las bandejas portacables se deben sujetar a las bandejas portacables bien sea a través de sujeta tapas dobles y sujeta tapas fijados a los soportes para mantener la atenuación recomendada ver figura 6.



**Figura 6**

- Al disminuir las distancias entre centros de los elementos de sujeción de la tapa hasta 300 mm, se incrementara la atenuación a 2db realizándose a través del espectro de frecuencias.

En el próximo boletín técnico culminaremos con este interesante tema, que a su vez es muy controversial.