

Informe técnico

El impacto de la alimentación remota (PoE) en cables de par trenzados balanceados



«Powered Ethernet: efectos del calor en diferentes categorías de cables, ¿dónde se detiene?»

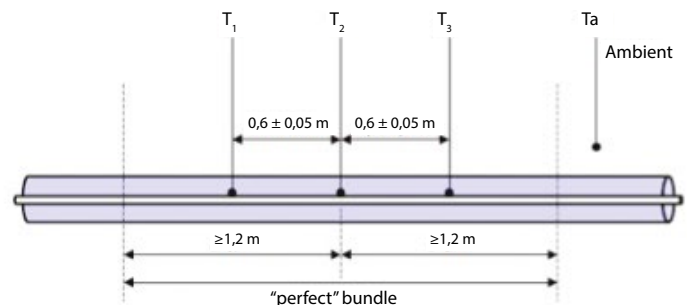
Powered Ethernet es una tecnología que continúa superando los límites aceptados: cuanto más potencia es posible aplicar a través de cables Ethernet de cobre, más desea la industria tener disponible. Las ventajas son obvias: un cableado reducido al equipo en términos de potencia y comunicación de datos, proporciona un ahorro en cuanto a costes, peso y bienes inmuebles. A pesar de que existen algunas desventajas también obvias, como el fallo de un haz de cables que excede el límite de temperatura, hay otras desventajas menos obvias, como los cambios en el rendimiento del canal durante la acumulación de calor y potencialmente, tras varios ciclos de calentamiento. Este informe se basa en el trabajo presentado en el International Wire and Connectivity Symposium (IWCS), con el que se pretende analizar los efectos de Powered Ethernet en la calidad del canal.

El debate en torno al impacto de PoE (Power over Ethernet) en el cableado estructurado y el efecto del calor provocado al aplicar una corriente a un cable no diseñado originalmente para dicho propósito está adquiriendo importancia en los últimos años, a medida que se desarrollan más dispositivos alimentados por esta tecnología.

En 2010, la Organización Internacional de Normalización/ Comisión Electrotécnica Internacional (ISO/IEC) publicó un informe técnico (TR 29125) en el que se buscaban formas de mitigar este efecto del calor. No obstante, muchos pensaron que el modelo de prueba inicial no era tan robusto como debiera y no contemplaba todos los entornos en los que se podía instalar un cable de par trenzado y, por lo tanto, se cuestionó si produciría resultados fiables.

Cenelec decidió realizar su propio informe técnico para buscar formas de mitigar el efecto del calor de PoE. No obstante, en primer lugar tenía que encontrar una metodología de prueba sólida. Se publicó en 2013 como el primer elemento de TR EN50174-99-1. El método de prueba propuesto fue mucho más allá que los ejemplos anteriores. En general, se exigía un tamaño óptimo para los haces de cables que permitiera como mínimo emplear 6 termopares o sondas de

temperatura, que los haces de cables pudieran estar al «aire libre» o aislados, dando lugar a una investigación realista del impacto que tendría tener cables instalados en diferentes sistemas de contención sellados y espacios no ventilados, etc.



Actualmente, se han fabricados muy pocos equipos capaces de realizar pruebas a este nivel y muchos menos que, además, sean independientes. Uno de ellos es el desarrollado por el departamento de Ingeniería en la De Montfort University, en Reino Unido. Excel Networking encargó una serie de pruebas, realizadas bajo la supervisión del Dr. Alistair Duffy, de la universidad. Este informe examina los resultados de aquellas pruebas, que se compartirán con Cenelec para ayudar a completar el trabajo de desarrollo de TR EN50174-99-1.

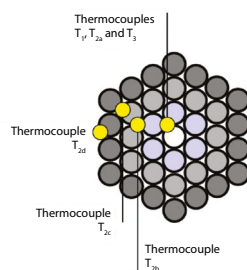
Metodología de prueba TR EN50174-99-1

La primera fase de las pruebas consiste en fabricar un equipo que permita suspender un haz de 37 cables inicialmente al «aire libre» con termopares instalados en cada capa, como se muestra en el siguiente esquema.

Además de distribuirse por todas las capas, los termopares también se colocan a lo largo de la muestra de cables para medir la diferencia de temperatura más cercana a la fuente de alimentación.

En total, se realizaron 3 niveles de pruebas: PoE+ a 34,2 vatios y UPoE a 60 vatios y a 100 vatios, que es el nivel debatido por la IEEE para el desarrollo de la nueva norma 802.3bt, que especifica un mínimo de 49 vatios que podría superar los 100 cuando finalmente se ratifique. Esto también está relacionado con algunas de las especificaciones elevadas de sistemas privados como HDBase-T, una aplicación híbrida para el mercado audiovisual.

continued overleaf



Para obtener un reflejo fiel del impacto que tienen estos niveles de potencia en la calidad del canal, hemos probado varios cables. Lo que pretendemos utilizar las aplicaciones anteriores con cables de cobre de par trenzado U/UTP de Categoría 5e en adelante que cumplan los requisitos de las normas con una distancia de canal de hasta 100 m.

Inicialmente, se probaron los siguientes cables: U/UTP de Categoría 5e, U/UTP de Categoría 6, F/UTP de Categoría 6, F/FTP de Categoría 6_{A'} y S/FTP de Categoría 7_A.

Además, tuvimos la oportunidad de evaluar el impacto del uso de cables con una estructura diferente a la especificada por las normas del sector como, por ejemplo, el cable de Categoría 6 de 24 AWG, en vez de 23 AWG. También incluimos cable de Categoría 6 de aluminio revestido de cobre. Se ha hablado mucho sobre los posibles problemas de estos cables y queríamos obtener pruebas reales y consistentes.

Finalmente, estas pruebas se realizaron al «aire libre» y con un material aislante a base de fibra de vidrio que se encuentra normalmente en las estructuras modernas, siendo este último caso un método reconocido para simular los efectos de un haz de cables en un medio aislante. A pesar de que puede resultar extremo, es importante tener en cuenta que algunos cables dispuestos en bandejas a un nivel superior o bajo suelo elevado podrían ser cientos. Queríamos intentar entender qué pasa con un haz de 37 cables en mitad de todo esto. También aportar pruebas al modelo para calcular los cables en un sistema de contención sin ventilación durante un período de tiempo prolongado, por ejemplo, 24 cables en una canalización de zócalo o de tres compartimentos se estiman en un 80 % del valor de los 37 cables. Todas las pruebas realizadas hasta la fecha muestran que los cables alcanzan una «situación estable» tras un período de tiempo determinado en el que el aumento del calor se estabiliza y el material de aislamiento ayuda a alcanzar dicho punto más rápidamente. Esta «situación estable» puede variar de 40 minutos a 30 horas, dependiendo de la estructura del cable.

Resultados de las pruebas

Antes de analizar los detalles de los resultados, es importante entender los orígenes de la metodología de pruebas. El proceso consiste en crear extremos de acumulación de calor para producir el peor de los casos a partir del cual poder definir una serie de recomendaciones y estrategias de atenuación con el fin de no alcanzar, ni por supuesto sobrepasar, dichos casos en las instalaciones de la «vida real».

Por lo tanto, los siguientes resultados mostrarán situaciones extremas provocadas por el aumento de la temperatura ambiente del entorno de la sala de pruebas.

Category 5e U/UTP

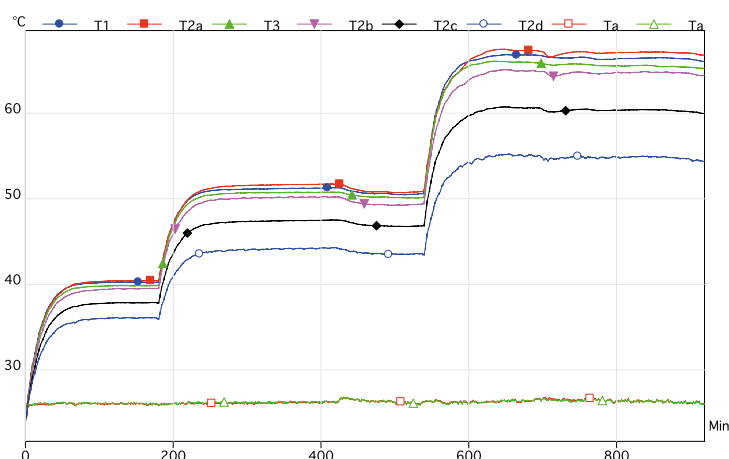
Este cable contaba con una estructura conforme a las normas, 4 pares en un revestimiento LSOH, el tamaño del conductor era de 0,51 mm (24 AWG). Tal como se observa en la tabla siguiente, el aumento de temperatura en los niveles especificados por UPoE y 802.3at durante las pruebas al «aire libre» es aceptable pero cuando llegamos a 100 vatios, los

resultados muestran que sobrepasa el rango de temperatura de funcionamiento de +60 °C especificada en la norma de estructura de cables EN50288-3-1. La temperatura ambiente (Ta) durante esta prueba fue de $23,36\text{ °C} + 41,02 = 64,38\text{ °C}$

Fecha de la prueba	20/3/2014
ID de la prueba	001A
Cables utilizados	8
Configuración convencional de la prueba	Sí
Tipo de cable	LSOH Cat5e UTP
Diámetro del cable	5,2 mm
Condiciones de la instalación	Aire libre
Humedad al final de la prueba	40 %
Resistencia media del conductor	0,098 Ω/m
Resistencia del bucle en corriente continua	19,7 Ω/100 m

Aumento de la temperatura ambiente					
	T1	T2a	T3	T2b	T2c
Vatios	°C	°C	°C	°C	°C
34,2	14,21	14,39	13,79	13,4	11,8
60	25,09	25,52	24,57	24,02	21,33
100	40,38	41,02	39,62	38,63	34,29

Durante esta prueba, el cable tardó aproximadamente 180 minutos en alcanzar la «situación estable» a 34,2 vatios, 530 minutos a 60 vatios y sobrepasó los 800 minutos a 100 vatios antes de que la temperatura se estabilizara, tal como se muestra en el siguiente gráfico.

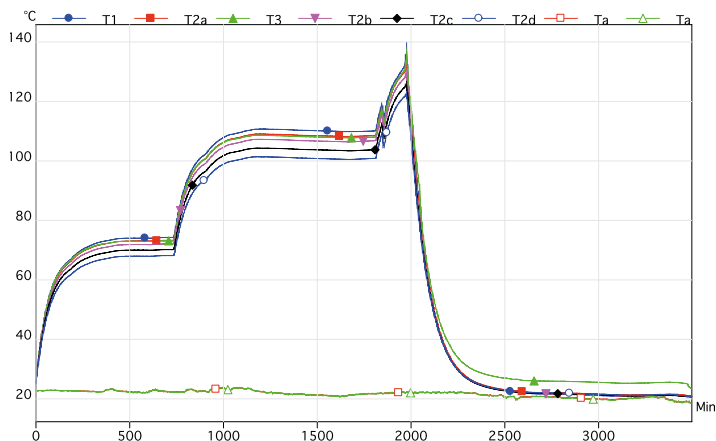


Los resultados más preocupantes se registraron en la segunda fase de las pruebas, al revestir el haz de cables en un aislamiento y aplicar los mismos niveles de potencia.

Fecha de la prueba	21/3/2014
ID de la prueba	001B
Cables utilizados	8
Configuración convencional de la prueba	Sí
Tipo de cable	LSOH Cat5e UTP
Diámetro del cable	5,2 mm
Condiciones de la instalación	28 mm x 25 mm espuma de aislamiento
Humedad al final de la prueba	40 %
Resistencia media del conductor	0,098 Ω /m
Resistencia del bucle en corriente continua	19,7 Ω /100 m

Aumento de la temperatura ambiente					
	T1	T2a	T3	T2b	T2c
Vatios	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$
34,2	52,04	51,06	50,89	49,84	47,94
60	88,26	86,6	86,19	84,8	81,84
100	117,61	114,1	115,51	108,02	104,14

Como vemos, la temperatura real está fuera del rango de temperatura de funcionamiento definida para todos los niveles, $T_a = 22,72^{\circ}\text{C}$ para esta prueba. Por lo tanto, con 100 vatios, realmente alcanzamos un pico de $140,33^{\circ}\text{C}$. También tiene un importante impacto en el tiempo que transcurre para alcanzar



la «situación estable» con 740 minutos a 34,2 vatios. 1220 minutos a 60 vatios. No obstante, unos 100 minutos más tarde a partir del momento en el que se introdujeron los 100 vatios, el cable falló totalmente, tal como se muestra en la siguiente tabla.

El fallo catastrófico del cable nos sorprendió inicialmente hasta que investigamos un poco y descubrimos otros factores adicionales en juego. En primer lugar, la resistencia del haz cambia durante el ciclo de calentamiento y dicho nivel de cambio es directamente proporcional a la temperatura del haz.

Esto siempre ha sido un factor conocido y es el motivo por el cual siempre tenemos en cuenta la temperatura al calcular la atenuación en un canal de 100 m.

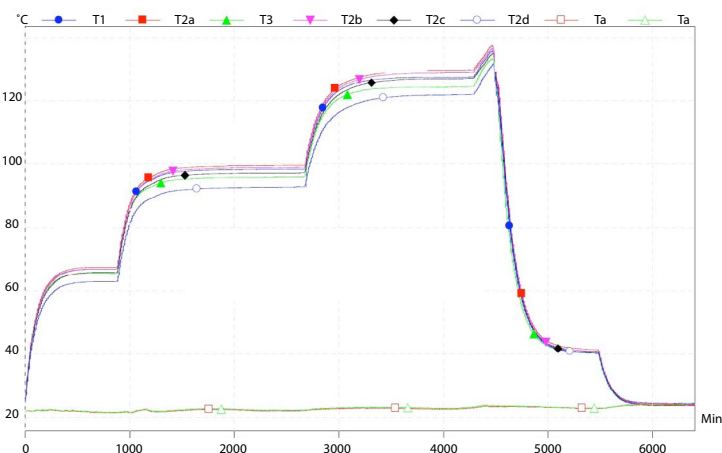
Dichos cálculos son diferentes para cables apantallados y sin apantallar y se utilizan fórmulas especificadas en EN50173-2. Esperábamos ver una diferencia en la resistencia del 10 %, que es lo que obtuvimos.

No obstante, el aumento extremo de temperatura tuvo un grave impacto en la estructura del cable: el material de aislamiento comienza a perder sus propiedades. Lo primero que ocurre es que se vuelve blando y pegajoso, lo cual no es muy sorprendente si se tiene en cuenta que el compuesto de polietileno del aislamiento se extruye sobre los conductores a una temperatura de $160-180^{\circ}\text{C}$ y, por lo tanto, los conductores de cobre pueden migrar a la superficie y, finalmente, producir un cortocircuito.

Al hablar con fabricantes de compuestos, nos avisaron de que el calentamiento y un rápido enfriamiento puede provocar que el compuesto empiece a recrystalizarse y perder algunas de sus propiedades dieléctricas. Incluso si los conductores no provocan cortocircuito, el cable habrá perdido los valores con los que contaba su diseño, como por ejemplo, la pérdida por inserción (IL), la pérdida de retorno (RL) y Next, que son elementos críticos que permiten un rendimiento del sistema en línea con las normas.

Categoría 6 U/UTP

Fecha de la prueba	23/3/2014
ID de la prueba	002A
Cables utilizados	8



Configuración convencional de la prueba	Sí
Tipo de cable	LSOH Cat6 UTP
Diámetro del cable	6,2 mm
Condiciones de la instalación	Aire libre
Humedad al final de la prueba	40 %
Resistencia media del conductor	0,075 Ω/m
Resistencia del bucle en corriente continua	15 Ω/100 m

Aumento de la temperatura ambiente					
	T1	T2a	T3	T2b	T2c
Vatios	°C	°C	°C	°C	°C
34,2	14,02	15,89	14,45	15,3	14,17
60	22,9	26,2	23,77	25,35	23,39
100	35,16	40,67	36,82	39,38	36,36

Las pruebas de los cables U/UTP de Categoría 6 con conductores de 0,58 mm (23 AWG) siguieron el mismo proceso.

Al «aire libre» el cable más largo alcanzó temperaturas muy similares a los de la Categoría 5e de la prueba anterior, pero se observó un cambio importante a la hora de alcanzar la «situación estable»: el cable tardó 4 veces más a 34,2 vatios = 720 minutos, casi el doble a 60 vatios (986 minutos) y 1446 minutos a 100 vatios.

Los valores con aislamiento siguieron una tendencia similar, aunque hemos incluido un nivel adicional a fines de validación a 80 vatios.

Fecha de la prueba	27/3/2014
ID de la prueba	002B
Cables utilizados	8

Configuración convencional de la prueba	Sí
Tipo de cable	LSOH Cat6 UTP
Diámetro del cable	6,2 mm
Condiciones de la instalación	28 mm x 25 mm espuma de aislamiento
Humedad al final de la prueba	40 %
Resistencia media del conductor	0,075 Ω/m
Resistencia del bucle en corriente continua	15 Ω/100 m

Aumento de la temperatura ambiente					
	T1	T2a	T3	T2b	T2c
Vatios	°C	°C	°C	°C	°C
34,2	45,42	46,01	44,15	45,39	44,29
60	76,34	77,55	73,91	76,92	75,26
80	104,66	106,8	101,58	106,14	104,25
100	112,62	114,34	110,11	113,35	111,37

De nuevo, el tiempo que se tardó en alcanzar la «situación estable» fue mucho más, un 80 % más a 34,2 vatios, el doble de tiempo a 60 vatios y 4500 minutos para fallar a la misma temperatura que la Categoría 5e, unas 2,5 veces más.

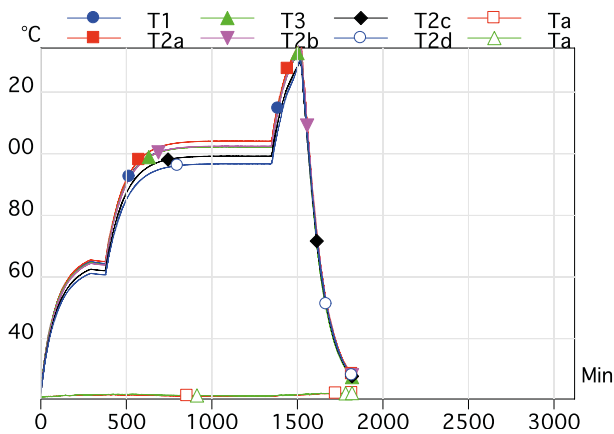
Por lo tanto, aunque con un mayor tamaño de conductor y un separador interno de polietileno hemos conseguido ralentizar el proceso de calentamiento, también se alcanza la temperatura crítica, que parece que se encuentra entre 135-140 °C antes de que el cable falle. Esta pequeña variación podría explicarse por las variaciones en el compuesto de polietileno utilizado.

Categoría 6 U/UTP (diámetro reducido)

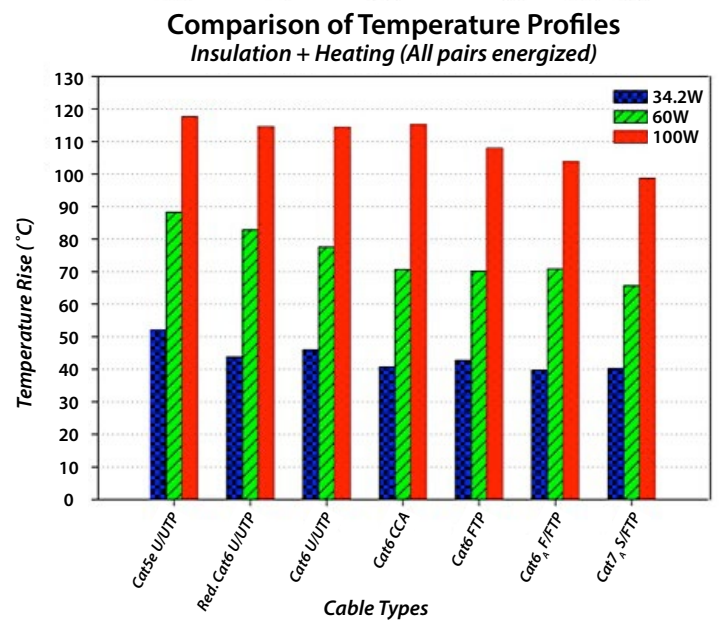
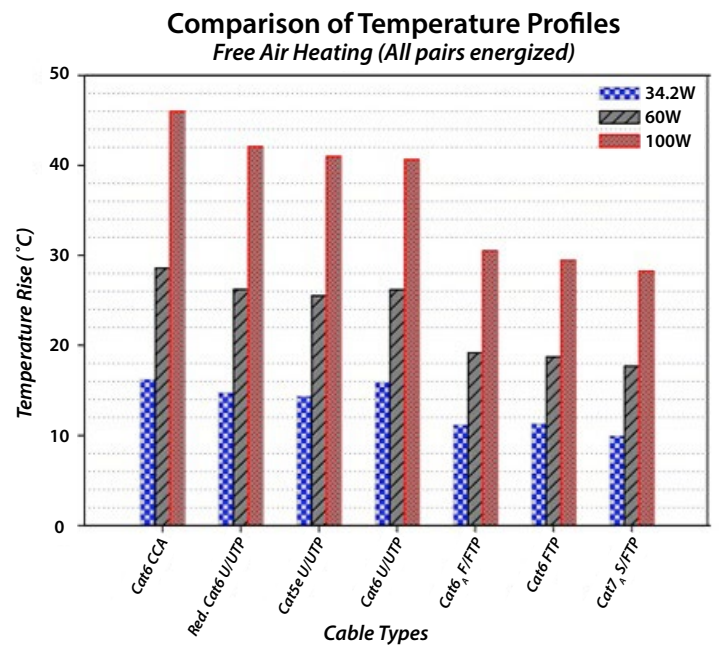
A continuación, probamos un cable de Categoría 6 con un diámetro reducido. Estos cables de menor coste han aparecido en el mercado durante los últimos años para satisfacer las demandas del mercado de productos más baratos y se comercializan potenciando sus ventajas en cuanto al ahorro de costes y espacio, a la vez que afirma ofrecer un rendimiento de canal de Categoría 6 de 100 metros. Estos cables de diámetro reducido o HD tienen características físicas similares a los de Categoría 5e.

Según lo establecido, una combinación del tamaño del conductor y el diámetro exterior total puede tener un impacto significativo en los resultados de estas pruebas.

La primera indicación de los posibles resultados de este cable se observa en los valores del conductor y la resistencia del bucle en CC. Estos valores ya son más altos que los del cable de 23 AWG, parte de ello se debe a que el tamaño del conductor se aproxima más a 24 AWG en 0,52 mm y un diámetro total del cable de 5,4 mm.



Fecha de la prueba	5/5/2014				
ID de la prueba	006A				
Cables utilizados	8				
Configuración convencional de la prueba	Sí				
Tipo de cable	Cat6 UTP reducido				
Diámetro del cable	5,4 mm				
Condiciones de la instalación	Aire libre				
Humedad al final de la prueba	40 %				
Resistencia media del conductor	0,082 Ω/m				
Resistencia del bucle en corriente continua	16,4 Ω/100 m				
Aumento de la temperatura ambiente					
	T1	T2a	T3	T2b	T2c
Vatios	°C	°C	°C	°C	°C
34,2	14,73	14,78	14,31	13,7	12,48
60	25,65	26,24	25,78	24,66	21,49
100	41,12	42,09	41,38	39,77	34,83



Conclusiones

Aunque Cenelec e ISO/IEC necesitarán un mayor análisis de estos resultados antes de publicar todas las recomendaciones, podemos extraer una conclusión clara de que no es posible ignorar el riesgo de degradación del rendimiento del sistema provocado por el impacto de dispositivos de alimentación remota en cables de comunicación de cobre y debería ser un factor decisivo a la hora de especificar las estructuras de los cables y las categorías de rendimiento.

Durante estas pruebas hemos señalado que algunos cables FALLARON físicamente. La temperatura común fue aproximadamente 115 °C por encima de la temperatura ambiente. No obstante, también debe tener en cuenta que no todos los cables se instalan en espacios en los que la temperatura es de 21 °C, algunos se instalan en espacios con retorno de aire que cuentan con una temperatura natural bastante más elevada.

Además, estos resultados presentan un motivo evidente y claro para instalar un cable de Categoría 6 que cumpla los requisitos de las normas en vez de cables de Categoría 5e o de Categoría 6 con diámetro reducido, que cuentan con características similares en lo que respecta al calentamiento que el cable de Categoría 5e.

Todos los criterios de rendimiento para un canal de 100 m, tal como se estipula en la norma EN 50173-2 se basan en un funcionamiento a una temperatura ambiente de 20 °C y dicha distancia debería reducirse por cada grado por encima de este nivel. La siguiente fórmula estipulada en la norma anterior proporciona el índice de reducción para los cables

Unscreened

$$L_{t>20^{\circ}\text{C}}=L/(1+(T-20)\times 0,004)$$

$$L_{t>40^{\circ}\text{C}}=L/(1+(T-20)\times 0,004+(T-40)\times 0,006)$$

sin apantallar. En resumen, para un aumento de temperatura de hasta 20 °C por encima de la temperatura ambiente, el canal debería reducirse en un 4 % y para temperaturas de más de 20 °C por encima de la temperatura ambiente, debe

añadirse un 6 % adicional.

Esto podría tener un efecto dramático en el rendimiento del cableado instalado, ya que investigaciones recientes

Screened

$$L_{t>20^{\circ}\text{C}}=L/(1+(T-20)\times 0,002)$$

han demostrado que el nivel de calentamiento puede ser significativo, en algunos casos, 30-40 °C por encima de la temperatura ambiente.

Este informe técnico ha sido redactado por F. Akinouye, Dr. A. Duffy (De Montfort University, departamento de Ingeniería, Leicester, Reino Unido) y Paul Cave, director técnico, Excel Networking

European Headquarters

Excel House
Junction Six Industrial Park
Electric Avenue
Birmingham B6 7JJ
England

T: +44 (0) 121 326 7557
E: sales@excel-networking.com

Middle East & Africa Headquarters

Office 11A
Gold Tower
Jumeirah Lake Towers
Dubai
United Arab Emirates

T: +971 4 421 4352
E: salesme@excel-networking.com

www.excel-networking.com

excel
without compromise.