



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

Serie G

Suplemento 34
(11/1988)

SERIE G: REDES DIGITALES, SECCIONES DIGITALES
Y SISTEMAS DE LÍNEA DIGITALES

**Temperatura de los contenedores subterráneos
para la instalación de repetidores**

Recomendaciones UIT-T de la serie G– Suplemento 34

Originalmente publicado en el Libro Azul (1988) - Fascículo III.5

NOTAS

1 El Suplemento 34 a las Recomendaciones de la serie G se aprobó en Melbourne (1988) y se publicó en el fascículo III.5 del *Libro Azul*. Este fichero es un extracto del *Libro Azul*. Aunque la presentación y disposición del texto son ligeramente diferentes de la versión del *Libro Azul*, el contenido del fichero es idéntico a la citada versión y los derechos de autor siguen siendo los mismos (véase a pie de página).

2 Por razones de concisión, el término «Administración» se utiliza en el presente Suplemento para designar a una administración de telecomunicaciones y a una empresa de explotación reconocida.

© UIT 2004

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

TEMPERATURA DE LOS CONTENEDORES SUBTERRÁNEOS PARA LA INSTALACIÓN DE REPETIDORES

(Melbourne, 1988)

(Véase la Recomendación G.950)

1 Consideraciones generales

Este suplemento consta de las partes A y B.

En la *parte A* (origen: República Federal de Alemania) se informa de la temperatura del suelo tomada por servicios meteorológicos de la mayoría de las regiones del mundo y se muestran las variaciones estacionales en función de la profundidad (en la República Federal de Alemania).

En la *parte B* (origen: Italia) se dan directrices para el cálculo de la temperatura del suelo en el contenedor, en función entre otras cosas de la temperatura atmosférica, la profundidad y la disipación energética del equipo instalado en el contenedor.

Además, ambas partes contienen información general de interés para la planificación.

2 Parte A**2.1 Definición**

En los puntos siguientes se analizan las condiciones climáticas de interés para los pequeños contenedores subterráneos que no tienen la posibilidad de ajustarse a condiciones de temperatura específicas. Normalmente estos contenedores están herméticamente cerrados y no es necesario abrirlos por ejemplo, para mantenimiento preventivo. Se pueden utilizar con o sin supervisión de la presión del gas o pueden contener agentes deshumidificadores.

2.2 Temperatura de los contenedores subterráneos

La temperatura de los contenedores subterráneos depende de la temperatura del terreno que los rodea. Depende además de la disipación de energía del equipo instalado.

La temperatura del suelo a diversas profundidades es conocida prácticamente en todas las regiones del mundo [1]. La figura 1 muestra la variación estacional de la temperatura del subsuelo en función del valor medio a largo plazo de la temperatura de la superficie. En la figura 2 se representan ejemplos de la variación de la temperatura en función del tiempo para el periodo de un año. En la figura 3 se representa la temperatura mínima y máxima anual en función de la profundidad. Los ejemplos representados en las figuras 2 y 3 corresponden a una región específica de la República Federal de Alemania, de suelo arenoso.

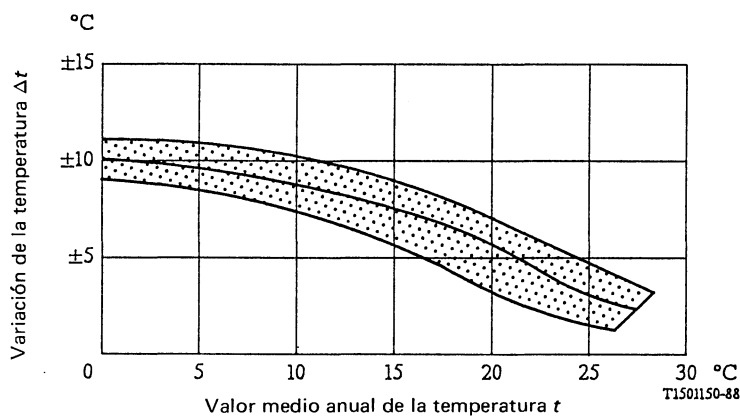


FIGURA 1

Relación entre el valor medio a largo plazo de la temperatura de la superficie t y las variaciones anuales que cabe esperar a una profundidad de unos 80 cm

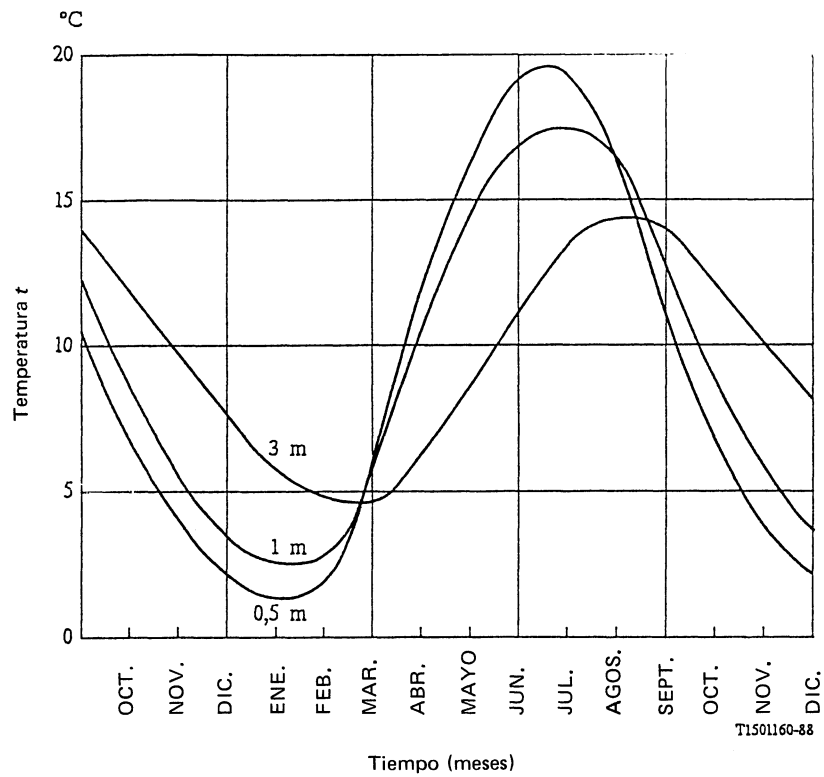
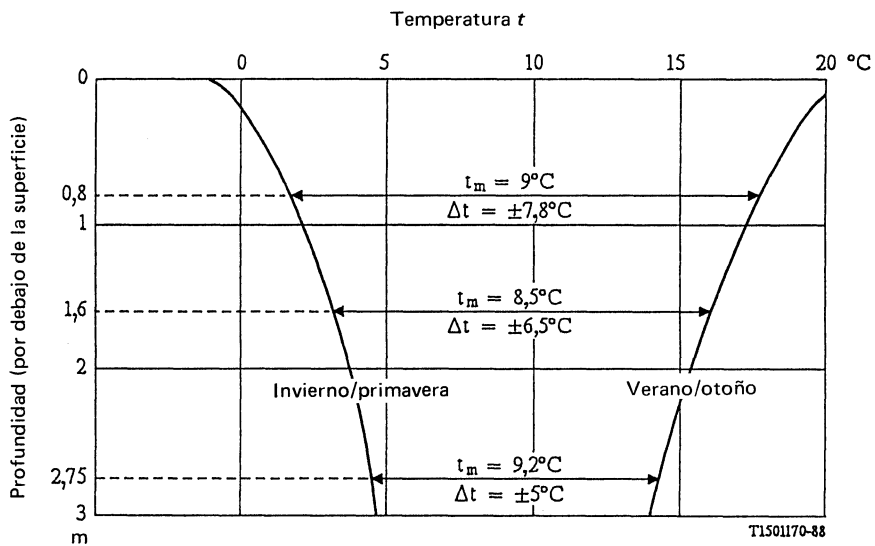


FIGURA 2

Temperatura del suelo en función de las estaciones para profundidades de 0,5 m, 1 m y 3 m (valores medios a largo plazo, suelo arenoso en la República Federal de Alemania)



t_m Valor medio anual de la temperatura del suelo

Δt Variación máxima anual de la temperatura en el suelo con referencia a t_m

FIGURA 3

Valores anuales máximos y mínimos de la temperatura del suelo en función de la profundidad (valores medios a largo plazo, suelo arenoso en la República Federal de Alemania)

La composición del suelo tiene un efecto importante en la temperatura y su variación en función del tiempo. Conviene advertir que esta variación es lenta y depende de la composición del suelo y de la profundidad.

El valor medio de la temperatura del contenedor es el mismo que el del suelo si se desprecia el posible aumento causado por el calor generado por la disipación de energía. Las variaciones de la temperatura del aire producen variaciones en la temperatura del contenedor, pero al cabo de cierto tiempo, con una atenuación de amplitud que depende del diseño del contenedor.

2.3 *Conclusión*

La temperatura de los pequeños contenedores subterráneos, como los utilizados para la instalación de repetidores de alimentación a distancia, depende de la región geográfica, la composición del suelo, la profundidad de la instalación y la disipación de energía del equipo instalado.

La humedad existente dentro del contenedor no depende de influencias externas y se puede controlar por medios idóneos si se considera necesarios.

3 **Parte B**

3.1 *Temperatura de contenedores subterráneos que contienen equipos de alta disipación*

La temperatura de los contenedores subterráneos depende de la temperatura del suelo que los rodea, su composición y la energía disipada por el equipo.

3.1.1 La temperatura del suelo en diferentes profundidades se puede medir directamente en el sitio o calcular a partir de la temperatura estacional media del sitio (a nivel del suelo) teniendo en cuenta la resistividad térmica y la difusividad del suelo.

Las variaciones a corto plazo, como las desviaciones diarias, se atenúan rápidamente hasta desaparecer a profundidades superiores a 0,3 m, pasadas las cuales sólo se dejan sentir en el suelo las variaciones estacionales.

Estas variaciones, por supuesto, también se atenúan y retrasan según la profundidad y la composición del suelo.

3.1.2 El calor generado por la disipación de energía de los equipos alojados en el contenedor se transmite por sus paredes al suelo circundante, perturbando así el campo de temperatura existe y determinando un gradiente local que disminuye en función de la distancia a las paredes del contenedor.

Para evaluar la temperatura máxima anual del contenedor es aconsejable definir un modelo matemático de la transmisión de calor y resolverlo para las condiciones impuestas por el clima del lugar, la naturaleza del suelo, el consumo de energía, etc.

Los cálculos oportunos se hacen por computador, lo que permite estudiar con rapidez los efectos de los diferentes parámetros.

En condiciones críticas, es decir, en suelos pobres, resulta ventajoso rodear el contenedor de un material de relleno de buena conductividad térmica. Previamente se puede comprobar mediante el computador el efecto de esta medida.

3.2 *Directrices para el cálculo*

La transmisión de calor de la atmósfera al suelo se describe por la ecuación:

$$T(y,t) = A + B e^{-\gamma y} \text{sen}(wt - \gamma y) \quad (1)$$

donde

- A Valor medio de la temperatura atmosférica
- B Amplitud de la relación térmica en la superficie del suelo
- γ Coeficiente de difusión
- y Profundidad

La temperatura es función de la hora y de la profundidad y el campo resultante tiene superficies horizontales isotérmicas.

La energía disipada en el contenedor determina un flujo de calor por las paredes del mismo y un campo térmico bidimensional en el suelo.

La ecuación correspondiente es:

$$c\zeta \frac{\delta T}{\delta t} - k \left(\frac{\delta^2 T}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 T}{\delta y^2} \right) = F(x,y,t) \quad (2)$$

donde

- $F(x,y,t)$ tiene en cuenta la presencia de fuentes térmicas en el suelo
- c Calor específico del suelo
- ζ Densidad del suelo
- k Conductividad térmica del suelo.

El problema se simplifica despreciando el término $\frac{\delta T}{\delta t}$.

De hecho la temperatura del suelo apenas experimenta variaciones y se puede considerar constante en periodos de corta duración.

Resolviendo la ecuación

$$-k \left(\frac{\delta^2 T}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 T}{\delta y^2} \right) = F(x,y) \quad (3)$$

e introduciendo la «condición inicial» de (1) para la hora que se considera, la distribución de la temperatura en el suelo se puede representar gráficamente por medio de un número discreto de puntos.

La temperatura de la línea central del contenedor se calcula a partir de las relaciones de transmisión de energía para la convección natural en paredes verticales: $Nu = M \cdot (Gr \cdot Pr)^N$, donde N = número de Nusselt; Gr = número de Grashof; Pr = número de Prandtl; M , N son constantes que se determinarán empíricamente.

En la figura 4 se ofrece un ejemplo de campo térmico calculado donde las líneas isotermas sustituyen a los valores de la temperatura local trazados por el computador.

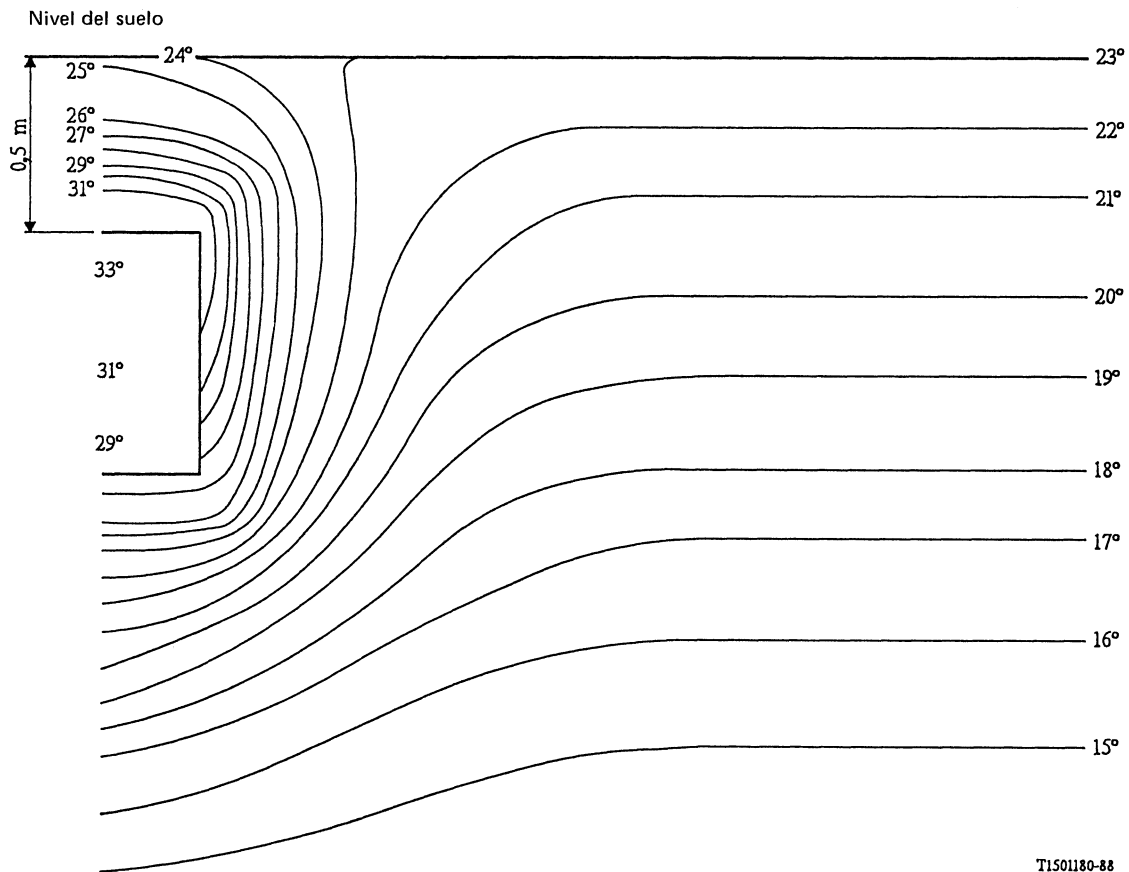


FIGURA 4

Ejemplo de campo térmico calculado

3.3 Conclusión

La temperatura del contenedor subterráneo depende del clima del lugar, del tipo del suelo, de la profundidad, de la época del año y de la disipación energética de los equipos.

El análisis matemático de la transmisión de calor hace posible calcular la temperatura máxima del contenedor teniendo en cuenta el efecto de los parámetros que intervienen.

Se puede considerar la utilización del material seleccionado de relleno y evaluar los efectos resultantes.

TIPO DE CONTENEDOR: CAI/24

Temperatura en régimen permanente (°C)

Dimensiones del contenedor (m) Ø 0,85 altura 0,9

Energía disipada (vatios)	100
Mes	8
Temperatura media del lugar (°C)	12,7
Amplitud de la variación térmica (°C)	11,7
Conductividad del suelo ($W m^{-1} K^{-1}$)	0,44
Densidad del suelo ($kg \cdot m^{-3}$)	1550
Calor específico del suelo ($J kg^{-1} K^{-1}$)	1255
Conductividad térmica del material de relleno ($W m^{-1} K^{-1}$)	0,8
Profundidad del material de relleno (m)	0,4
Radio exterior del material de relleno (m)	1,2

Referencia

- [1] JEN-HU-CHANG: Ground Temperature, *Blue Hill Meteorological Observatory, Harvard University*, Vol. I, II, Hilton 86, Massachusetts, 1958.

Bibliografía

KREITH (F.): Principles of heat transfer, *Int. Textbook Co.*, Scranton Pen.

CARLSLAW JAEGER: Conduction of heat in solids, *Oxford Press*.

