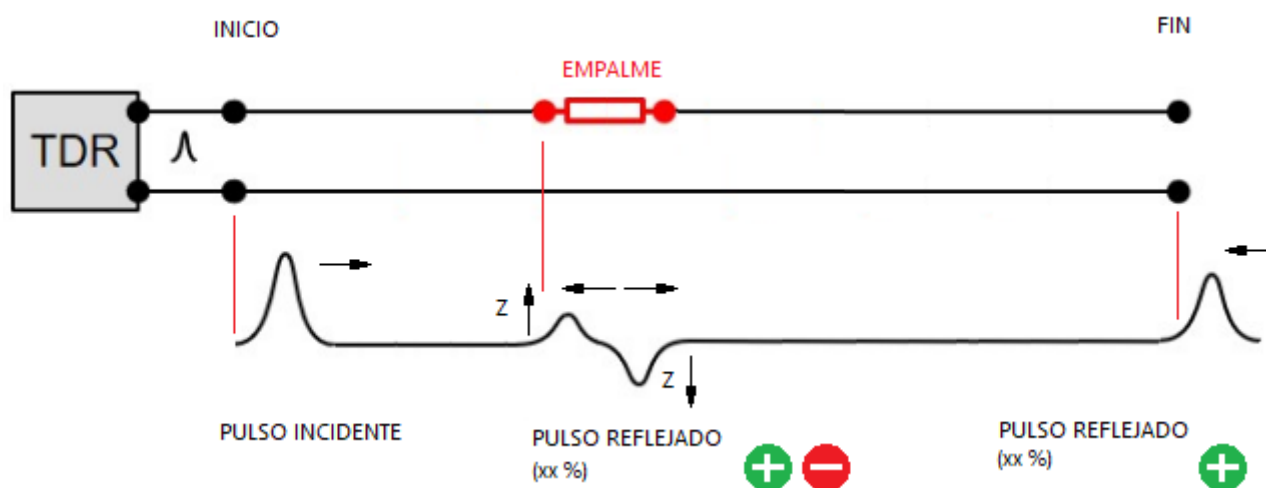


LA REFLECTOMETRIA DIFERENCIAL COMO BASE DE DIAGNOSTICO

- SU APLICACION SOBRE EMPALMES SUBTERRANEOS -



MAS ALLA DE LA CALIDAD DE CONFECCION DE UN EMPALME QUE FORMARA PARTE DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCION DE ENERGIA, LA GRAFICA REFLECTOMETRICA DEL MISMO, DEPENDERA EN MAYOR MEDIDA DE FACTORES TALES COMO SU UBICACION (LEJANIA O CERCANIA CON RESPECTO AL LUGAR DE MEDICION), LA CANTIDAD TOTAL DE EMPALMES EXISTENTES EN EL TENDIDO, Y A LA EXISTENCIA O NO DE OTROS EMPALMES UBICADOS EN FORMA PREVIA AL ANALIZADO, UBICADOS ENTRE EL REFLECTOMETRO Y EL EMPALME EN CUESTION.



INTRODUCCION:

Se dice que la Reflectometría Convencional, permite “ver” en el interior de un cable, y a lo largo de todo su recorrido.

Mientras que la magnitud eléctrica leída en cualquier instrumento digital o analógico de lectura directa, generalmente será la misma para todo aquel que intente leer su escala, en cambio, en una lectura “reflectométrica”, aparece ahora en juego el término “interpretación”, es decir que el especialista no tendrá ante sus ojos un valor numérico absoluto, si no que deberá interpretar una gráfica (gráfica reflectométrica), la cual seguramente contendrá todas las respuestas a sus preguntas, pero deberá “interpretar” según su raciocinio, que es lo que le está indicando la misma.

Del mismo modo, luego de efectuar una medición, un instrumento digital o analógico generalmente expresará un solo resultado (una magnitud eléctrica definida), en cambio, una misma gráfica reflectométrica contendrá centenares de resultados, si tenemos en cuenta que la misma expresa observaciones sobre el estado del cable, para cada unidad de longitud.

REFLECTOMETROS (TDR):

Un reflectómetro (TDR), es básicamente un emisor de señales pulsantes, (pulsos incidentes), de una tensión aproximada de 6 a 40 Vpp, y una frecuencia del orden de los kHz.

Se trata de un instrumento específicamente diseñado para medir el tiempo transcurrido (Δt) entre dos cursores, posicionados aleatoriamente por el operador, entre el inicio de un pulso incidente y el inicio de un pulso reflejado. Ese tiempo, será traducido a unidades de longitud, teniendo en cuenta la velocidad de propagación de esa señal; dato que el usuario deberá introducir para cada caso (tipo de cable) en particular.

CONCEPTO DE IMPEDANCIA:

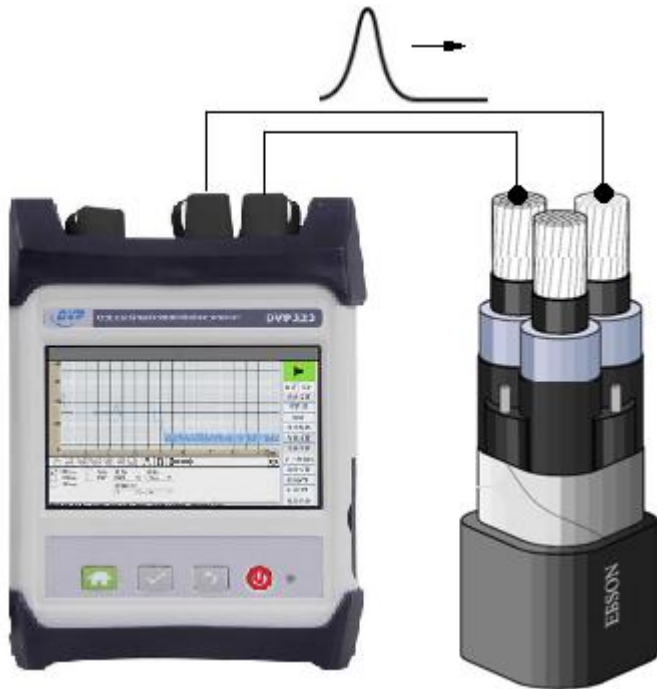
Las técnicas de Reflectometría Convencional en el dominio del tiempo (TDR), tienen como misión de base, identificar y posicionar los cambios de impedancias que se encuentran en un cable subterráneo, y así determinar su naturaleza u origen.

Se entiende por cambios de impedancias en un cable, a todos aquellos puntos de su recorrido que presenten una diferencia con respecto a la impedancia característica del mismo (Z_0).

Ante cada cambio de impedancia que se presenten a lo largo del cable, los pulsos incidentes enviados por el TDR, producirán reflexiones.

La naturaleza de estos cambios, son los que determinarán la amplitud (altura), y el signo de esas reflexiones (positivas o negativas).

Estos cambios de impedancias, pueden ser atribuidos a una gran variedad de circunstancias, entre ellas: daños, ingreso de humedad, cambios en la sección o en el tipo de cable, instalación inapropiada, radios de curvaturas extremos, pero en especial los empalmes.



REFLECTOMETRIA DE EMPALMES: ATENUACIONES

En cualquier circunstancia, las señales reflectométricas al viajar por un cable, sufrirán alteraciones debido principalmente a:

- 1º- LOS PRINCIPIOS DE ATENUACION Y PERDIDAS DE POTENCIA QUE SUFRE TODA SEÑAL DE ALTA FRECUENCIA AL RECORRER UN CABLE DE ENERGIA.
- 2º- EL FACTOR LONGITUD DEL CONDUCTOR.
- 3º- EL FACTOR DE UBICACION O POSICION FISICA ALEATORIA DE UN EMPALME.

La atenuación se define como la pérdida de potencia eléctrica que sufren las señales incidentes y reflejadas, a lo largo del cable ensayado.

Mientras más largo es el cable a ensayar, y mayor cantidad de empalmes o cambios de impedancias que posea; mayor será la atenuación que sufrirá la señal de reflectometría en el dominio del tiempo.

Para un mismo empalme (idéntico), las alturas de la gráfica de su señal (cambios de impedancias positivos y negativos), no serán nunca una constante, y dependerán entre otros factores, de su ubicación física dentro del recorrido del cable analizado.

En toda señal que viaje por un cable, parte de su energía (expresada en dB), es perdida debido a la resistencia propia del cable. Si la energía de la señal transmitida alcanza una discontinuidad de impedancia, entonces, parte de la energía será reflejada, y la relación entre la energía reflejada y la transmitida, es conocida como una pérdida de retorno.

Si la impedancia de carga no es igual a la impedancia característica del cable (nunca lo es en la práctica), entonces se producirán reflexiones múltiples. Parte de la energía que llega a la carga, será absorbida por ésta, y parte será reflejada hacia el elemento transmisor.

Cualquier irregularidad en la impedancia a lo largo del cable, hará las veces de carga desadaptada y provocará una nueva reflexión, definiéndose entonces como pérdida de retorno, a la relación en dB entre la onda reflejada y la incidente.

Las pérdidas de retorno, son una forma de medir (cuantificar) los cambios de impedancias en el cable, Grandes pérdidas de retorno significan que gran cantidad de la señal se está reflejando en el punto de ocurrencia del cambio de impedancia.

COEFICIENTES DE REFLEXION:

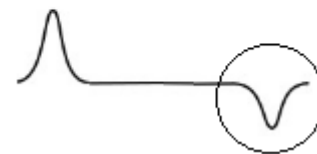
La impedancia característica de un cable de energía (Z_0), oscila generalmente entre los 40Ω a 80 Ω.

Si denominamos Z_b a una impedancia de falla, o a una impedancia distinta en un determinado punto, tendremos:

Para impedancias paralelo:
 $r\% = -Z_0 / (2xZ_b + Z_0) \times 100$

$$Z \ll Z_0$$

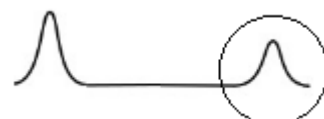
(r -) Reflexión Negativa

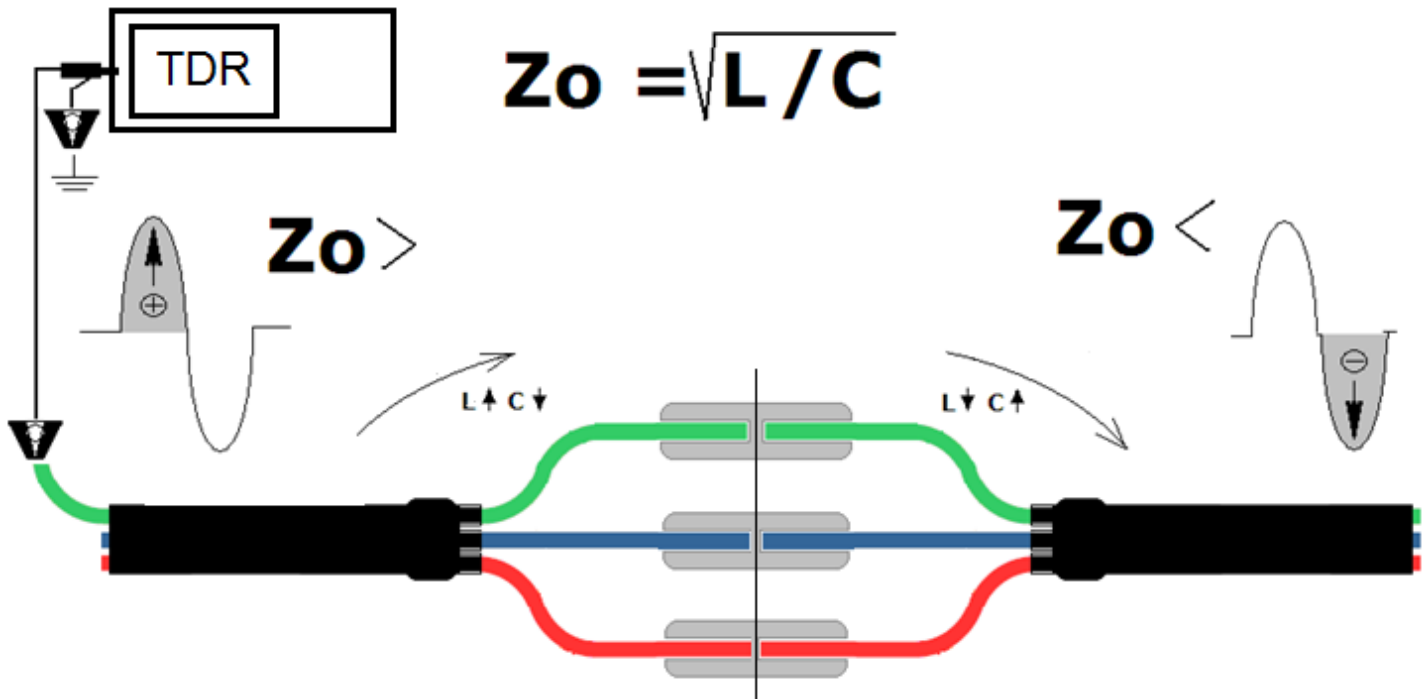


Para impedancias serie:
 $r\% = Z_b / (2xZ_0 + Z_b) \times 100$

$$Z \gg Z_0$$

(r +) Reflexión Positiva





De aquí se podrá deducir que las alturas de las imágenes reflectométricas (reflectograma), de los cambios de impedancias, estarán en función a los coeficientes de reflexión expresados, y son las que serán visualizadas en la pantalla de un TDR, pero a la vez serán influenciados por los factores de atenuación de señales.

De aquí podríamos deducir, que a mayor cambio de impedancia con respecto a Z_o , mayor sería la gravedad del problema que estaríamos intentando ubicar, problema, pero, no debemos olvidar que mientras un cambio de impedancia de unos: $Z_b \approx 10 \times Z_o$, ubicado a los 100 m, producirá siempre una traza reconocible en un reflectograma, en tanto que el mismo cambio de impedancia $Z_b \approx 10 \times Z_o$; ya no será distinguido a los 1000 m, en la misma traza del reflectograma.

Es por esto, que un reflectómetro convencional, no es un aparato destinado a cuantificar cambios de impedancias, si no a la medición de las distancias para posicionar o ubicar a cada uno de esos cambios (reflexiones).

EMPALMES Y SUS GRAFICAS REFLECTOMETRICAS:

Dado que un empalme es básicamente una unión entre dos conductores, esta unión estará por ende sujeta a una impedancia serie de acuerdo a su calidad de unión, lo que se traduce en que su grafica reflectométrica sea inicialmente congruente con una zona de $Z_o >$, o sea con reflexión positiva. (En un empalme abierto $Z = \infty$)

A la vez, dado que para construir un empalme, las fases deben ser forzosamente separadas entre sí y contra tierra, esto hace que en esa zona, la componente inductiva crezca, y la componente capacitiva que formará esa nueva impedancia disminuya, dando como resultado nuevamente una $Z_o >$.

Luego de atravesada la zona de unión (manguito de conexión), la fases vuelven a reestablecer su posición inicial (a juntarse), esto hace que la componente inductiva decrezca y la componente capacitiva suba, dando como resultado una $Z_o <$, con reflexión negativa. Ambas gráficas unidas, formarán en conjunto la tradicional forma senoidal que caracteriza a todo empalme recto.



Teniendo entonces bajo consideración los factores de atenuación y dispersión, será fácil de comprender que las gráficas producidas por los empalmes (cambios de impedancias), aun tratándose del mismo empalme (léase de la misma calidad, material, etc.), será diferente, según la ubicación o posición física del mismo a lo largo del cable analizados, es decir que tendrán una dependencia en función a su ubicación.

Un mismo empalme, ubicado próximo al final del cable, producirá una menor reflexión, que su gemelo ubicado próximo al punto de conexión del TDR.

En otras palabras, y volviendo al ejemplo anterior, un mismo empalme ubicado a 100 metros del inicio del cable, no producirá la misma altura de señal (cambio de impedancia) que si estuviera ubicado a 1000 metros. Mientras más cercano del punto de medición se encuentre un empalme, mayor será la altura de su señal y mayor será también la altura de la señal producida por el final del cable.

Por lo tanto, intentar determinar un criterio de aceptación y/o rechazo de un empalme, basado únicamente en la comparación de alturas, se tornaría inviable.

UNA REGLA PRACTICA:

Una de las pocas reglas prácticas para inferir una anomalía, o poner una objeción sobre la confección y/o estado de un determinado empalme; ubicado en un tendido que posea a la vez otros empalmes, es la de observar que ningún empalme posterior al mismo (léase más cercano al extremo opuesto de medición), posea una altura de gráfica mayor a sus inmediatos anteriores (más cercano al extremo donde se ubica el reflectómetro), ya que a medida que se alejan del extremo de medición, todas las alturas de los empalmes deberán ser proporcionalmente descendentes.

Las objeciones sobre la calidad de confección/estado de un empalme, deberá siempre ser confirmada con otras mediciones complementarias, y suponiendo que no trata de empalmes de transición / cambios de secciones, u otros aspectos cuyas gráficas se diferenciarán en gran medida de los empalmes convencionales.

