



**PROCEDIMIENTO DE DISEÑO PARA ADECUACIÓN EN RED
SUBTERRANEA**

Código: PR - 106

Versión: 0

Página 1 de 29

PROCEDIMIENTO DE DISEÑO PARA ADECUACIÓN EN RED SUBTERRANEA

Elaboró: Harol Largo	Revisó: Eduardo Tapia	Aprobó: Jairo Rubio
Fecha: 16-01-2023	Fecha: 18/01/2023	Fecha: 19/01/2023

1. OBJETIVO

Definir un procedimiento en el cual se establezcan parámetros para el diseño de adecuaciones en redes eléctricas subterráneas en BT y MT, según

las necesidades del cliente y usuarios.

2. CONTROL DE CAMBIOS

Fecha	Descripción del cambio
19/01/2023	Creación del documento

3. DEFINICIONES

Excavación: Es el corte, cavidad, zanja o depresión hecha por el hombre mediante la remoción de tierra, arena gravilla, rajón, recebo, etc.

Persona competente: Persona capaz de identificar peligros, en el sitio en donde se realizan trabajos en excavaciones, relacionados con el ambiente o condiciones de trabajo y que tiene la autorización para aplicar medidas correctivas inmediatas para el control de los riesgos asociados a dichos peligros. Debe tener un conocimiento técnico en los procedimientos de seguridad de la empresa y en la legislación nacional vigente y experiencia en trabajo en excavaciones superior a un año.

Persona calificada: Ingeniero con experiencia certificada mínimo de un año para calcular resistencias materiales, diseñar, analizar, evaluar, sistemas de prevención y protección, elaborar especificaciones de trabajos, proyectos o productos acorde con lo establecido en la normatividad vigente y presente guía

Presillas: Pequeños bloques de tierra que se dejan sin excavar, no se clasifican como excavaciones en túnel.

Replanteo: Paso previo a la excavación, para identificar el proceso de ejecución de la obra.

Sistema de protección: Los "Sistemas de Protección" mencionados no protegen a los trabajadores de la caída de materiales resaltadas, sólo los protegen de derrumbes..."

Suelo: Suelo es el material no consolidado o semiconsolidado compuesto de la mezcla de partículas de diferentes tamaños, diferentes minerales y compuestos litológicos, y con diferentes cantidades y clases de materias orgánicas. Los cuales se encuentran sobre la corteza terrestre como: arenas, limos, arcillas, materiales de remoción, etc.

Zanja: Una excavación estrecha hecha en la tierra, generalmente la profundidad es mayor que la anchura, pero la anchura no mide más de 4.5 metros.

Cajón de Zanja: Una estructura capaz de aguantar las fuerzas impuestas sobre ella por un derrumbe y así proteger a los trabajadores que estén adentro.

Apuntalamiento: Una estructura tal como un sistema de metal hidráulico, mecánico, o de madera que apoya los lados de una excavación y está diseñada para prevenir derrumbes

Trabajo a distancia: En este método, el operario ejecuta el trabajo con la ayuda de herramientas montadas en el extremo de pértigas aislantes. Zona Protegida: Es la zona en la que todos sus límites están definidos por dispositivos de maniobra abiertos, condenados y con conexiones de puesta a tierra y en cortocircuito, las cuales pueden ser fijas o temporales.

Zona de trabajo: Es la parte de la zona protegida donde se ejecuta la labor planeada, delimitada por sistemas temporales de puestas a tierra y en cortocircuito que se instalan en todos los conductores que entran al lugar de trabajo, y son visibles por los trabajadores desde su punto de labor.

Amenaza: Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales.

Análisis de riesgos: Conjunto de técnicas para identificar, clasificar y evaluar los factores de riesgo. Es el estudio de consecuencias nocivas o perjudiciales, vinculadas a exposiciones reales o potenciales.

Arco eléctrico: Haz luminoso producido por el flujo de corriente eléctrica a través de un medio aislante, que produce radiación y gases calientes.

Conductor a tierra: También llamado conductor del electrodo de puesta a tierra es aquel que conecta un sistema o circuito eléctrico intencionalmente a una puesta a tierra.

Contacto directo: Es el contacto de personas o animales con conductores activos o partes energizadas de una instalación eléctrica.

Contaminación: Liberación artificial de sustancias o energía hacia el entorno y que puede causar efectos adversos en el ser humano, otros organismos vivos, equipos o el medio ambiente.

Condiciones inseguras: Circunstancias físicas o materiales presentes en las instalaciones o área de trabajo, que pueden dar paso a la ocurrencia de un incidente.

Corriente de contacto: Corriente que circula a través del cuerpo humano, cuando está sometido a una tensión de contacto.

Daño: Consecuencia material de un accidente.

Distancia de seguridad: Distancia mínima alrededor de un equipo eléctrico o de conductores energizados, necesaria para garantizar que no habrá accidente por acercamiento de personas, animales, estructuras, edificaciones o de otros equipos.

Encargado del trabajo (et) o líder del grupo técnico (lgt): Es la persona encargada en terreno de realizar los trabajos previstos en el PDL una vez el RI Designado le entregue la zona protegida y garantiza las condiciones de seguridad de la zona de trabajo.

Persona que supervisa y controla la actividad laboral garantizando la implementación de las instrucciones emitidas, lo que garantiza la ejecución correcta del trabajo por parte de los trabajadores en cumplimiento de las normas de salud y seguridad y las normas de la empresa.

Responsable de la instalación designado (rid) o (móvil de operaciones o ett): Es la persona de la Unidad Operativa que establece comunicación con el CC (Centro de Control) con el fin de realizar las maniobras de los equipos, NO Tele-controlados, para la operación segura de la instalación eléctrica y activa y/o instala las protecciones de puesta a tierra de estos garantizando la zona

Fatalidad: Una fatalidad es una lesión o enfermedad de trabajo que conduce a la muerte.

Incidente ambiental: Evento o circunstancia de origen natural o tecnológico, que afecte directa o indirectamente al medio ambiente.

Subestación: Conjunto único de instalaciones, equipos eléctricos y obras complementarias, destinado a la transferencia de energía eléctrica, mediante la transformación de potencia.

Incidente: Evento relacionado con el trabajo, en el que ocurrió o pudo haber ocurrido lesión o enfermedad (independiente de su severidad) o víctima mortal.

Peligro: Fuente, situación o acto con potencial de daño en términos de enfermedad o lesión a las personas o una combinación de estos.

Plan de trabajo en instalaciones eléctricas desenergizadas y aterrizadas. (pdl): Este es el documento que especifica las maniobras que se realizarán en la instalación eléctrica para llevar a cabo las actividades de trabajo, y la información sobre la configuración que se debe mantener durante estas actividades de trabajo. Este documento está enfocado en garantizar la seguridad del personal en terreno (cumplimiento 5 reglas de oro)

Riesgo: Combinación de la probabilidad de que ocurra un evento o exposición peligrosa, y la severidad de la lesión o enfermedad que pueda ser causada por el evento o exposición

Riesgo eléctrico: Fuente de posible lesión o daño a la salud en presencia de energía eléctrica de una instalación eléctrica.

Plan de intervención para trabajo Desenergizado: Este es el documento que especifica toda la información sobre las medidas de seguridad y los modos de intervención, el equipo que se utilizará y los EPP que se adoptará.

Red de baja tensión: Conjunto de cables sueltos o trenzados que distribuyen energía con un voltaje que puede ir desde 110V hasta 440V de un punto a otro.

Red de media tensión: Conjunto de cables sueltos o trenzados que distribuyen energía con un voltaje que puede ir desde 11.000V hasta 14.400V de un punto a otro.

Señalización: Conjunto de actuaciones y medios dispuestos para reflejar las advertencias de seguridad en una instalación.

4. PLANIFICACIÓN DEL DISEÑO Y DESARROLLO

Naturaleza del diseño: Este procedimiento considera el diseño para adecuaciones en redes eléctricas subterráneas de media y baja tensión; El cual tendrá contemplados los

siguientes procedimientos técnicos: **PR – 28 Procedimiento ampliación y apertura de cámaras en aproximación a líneas energizadas, y PR – 81 Procedimiento para tendido de conductor aéreo y subterráneo.**

Duración del diseño: El tiempo de duración de este diseño dependerá del proyecto, y será determinado por el coordinador de proyectos.

La complejidad: Este procedimiento comprende actividades de: diseño previo, memoria de cálculos y su especial cuidado a las fórmulas necesarias, diseño posterior.

Cada sección de este procedimiento de diseño comprende actividades de especifica atención a: la norma, el cliente, la zona, las autoridades según corresponda.

Etapas del proceso:

- Visita previa, con su respectiva evidencia fotográfica y levantamiento de diagrama unifilar
- Análisis de elementos existentes
- Dimensionamiento y elección de conductores con sus respectivos cálculos de regulación, con la carga que se desea conectar, dicha carga debe ser proporcionada por el cliente
- Dimensionamiento de ductería y canalización necesaria para este tipo de conductores, dentro de este dimensionamiento se debe estructurar el tipo de relleno y numero de ductos
- Diseño de ampliación de cámara o cámaras para la maniobra requerida dependiendo del nivel de tensión y de las canalizaciones necesarias a construir
- Determinar los materiales y herramientas que se necesitan para la maniobra teniendo en cuenta el diseño ya generado.

Responsabilidades y autoridades

Gerencia

Asegurar la implementación de este procedimiento por el coordinador de proyectos, verificar que el coordinador de proyectos tenga el conocimiento y las competencias necesarias, velar por que el coordinador de proyectos sea habilitado según **PR – 84 Procedimiento habilitación del personal V0.**

Coordinador de proyecto

- Garantizar que los datos para la elaboración del diseño sean fidedignos y confiables.
- Diseñar los cálculos y el dibujo eléctrico en los softwares especializados para esta labor

- Garantizar que los técnicos tengan todos las herramientas y los equipos para realizar la maniobra pertinente.
- Garantizar que el grupo técnico tenga las capacidades, habilidades y conocimientos para realizar las distintas maniobras asociadas a este procedimiento.
- Garantizar que se realicen los cambios pertinentes en el diseño, en cualquier fase que se requiera o solicite el usuario.
- Cambiar el grupo técnico o integrantes del grupo técnico en cualquier fase de la maniobra si así se requiere.
- Conocer esté procedimiento y velar por su cumplimiento.
- Participar en las actividades de capacitación que la empresa vea necesarias para tener un desempeño óptimo de su labor.
- Supervisar que la parte constructiva de la maniobra se apegue 100% al diseño, de la manera adecuada, en caso de que se deba realizar alguna desviación por parte del fabricante o del cliente, se deberá garantizar el cambio desde el diseño.

Equipos y materiales:

- Computador
- Software licenciado para cálculos matemáticos
- Software especializado en dibujo eléctrico
- Celular

Medios de control

- **Equipos:** El equipo de computo que se utilice para el diseño debe tener la capacidad suficiente para el diseño a realizar.
- **Personas:** todo el personal debe contar con la experiencia y los conocimientos necesarios para la labor que va a desempeñar: el manejo del software especializado. Estas personas aparte de tener las competencias necesarias deberán estar habilitadas según el procedimiento **PR – 84 Procedimiento habilitación del personal V0**.
- El Coordinador del proyecto deberá apegarse al sitio a donde se debe hacer la maniobra, para que el diseño se apegue 100% a la realidad, y se minimicen errores que repercutan en desgaste innecesario de recursos de la empresa.

	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO PARA ADECUACIÓN EN RED SUBTERRANEA	Código: PR - 106
		Versión: 0
		Página 8 de 29

Matriz de comunicación para actividad de diseño

Que comunicar	Ente externo	Medio	Frecuencia	Registro	Encargado
Permisos y peticiones	Autoridades correspondientes	correo electrónico Visita presencial a dependencia de autoridad	Cada vez que se requiera	Correo electrónico Documentos otorgados por la entidad	Coordinador de proyecto y/o Director de proyecto
Diseño de adecuación de red subterránea	Usuario cliente y/o	Correo electrónico	Cada vez que se requiera	Diseño de dibujo en formato PDF con su respectiva memoria de calculos	Coordinador de proyecto y/o Director de proyecto
Aprobación por parte del cliente del diseño	Usuario cliente y/o	Correo electrónico reunión	1	Correo electrónico	Coordinador de proyecto y/o Director de proyecto

Base normativa para el diseño de bancos de condensadores

- Norma NTC 1630
- Norma NTC 3363
- ICONTEC 576
- ICONTEC NTC 589
- ICONTEC NTC 127
- ICONTEC 98
- ICONTEC NTC 183
- IEC 60287
- CS273 Banda plástica de indicación de ductos eléctricos instalados
- NTC 2050 Código eléctrico colombiano
- Resolución 90708 del 30 de agosto de 2013 RETIE
- Resolución 0011 de 2013

- CS270 Resumen de cajas de inspección, junto con todas sus normas anexas según la aplicable

Documentos.

Visita previa

Orden de trabajo

Permisos radicados según la autoridad pertinente

Diseño en software especializado de dibujo eléctrico,

Memoria de cálculos con cálculos de regulación de tensión

Certificado de calidad de cada uno de los productos

5. ENTRADAS PARA EL DISEÑO

- **VISITA PREVIA**

Formato **F – 228 Formato visita previa V0.**

- Plano del sistema de potencia de la zona a intervenir, estos planos deberán tener consigo el diagrama unifilar y el cuadro de cargas según la zona.
- Los detalles técnicos eléctricos otorgados por el cliente en el cual deberán tener como mínimo tensiones y cargas, de no ser posible, el Coordinador de proyectos deberá estructurar una medición y un análisis para poder obtener dichos datos y que su diseño sea congruente con lo pedido por el cliente
- El coordinador de proyectos deberá de solicitar el respectivo equivalente de red de los puntos que se desean conectar y/o interconectar, de no ser posible el deberá gestionar la respectiva medición
- Se debe solicitar a la autoridad correspondiente que maneje los planos de los ductos subterráneos, de la zona en la cual se planea generar la maniobra, con el fin de no causar daños a canalizaciones de terceros

- **CONSECUENCIAS**

En caso de que el diseño tenga información inexacta, se vera reflejado en un desperdicio de recurso de la empresa; mas sin embargo si este error llega hasta la fase operativa técnica, es factible que repercuta en consecuencias negativas, para equipos, grupo técnico e incluso usuarios.

6. DISEÑO

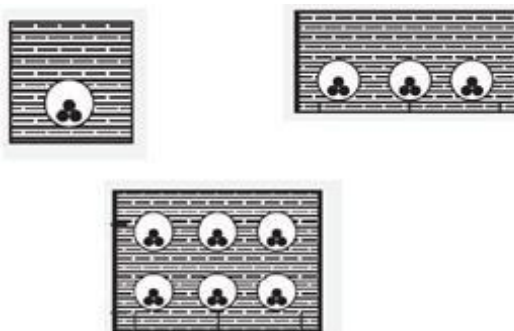
DISEÑO INICIAL

Con ayuda de cualquier software especializado en dibujo eléctrico, determinar según la visita previa, requerimientos del cliente y autoridades territoriales, la distribución espacial que tendrá este diseño, para evitar repercusiones de indoles ambientales, judiciales y demás que puedan representar un desgaste innecesario de recursos.

ELECCIÓN DE CONDUCTORES:

Las corrientes de los conductores subterráneos varían dependiendo del número de cables que se aloje en un ducto y también del número de circuitos que vaya por una canalización.

Circuitos por Canalización.



- Circuito 1, canalización con un circuito
- Circuito 2, canalización con tres circuitos
- Circuito 3, canalización con seis circuitos

Capacidad de corriente para calibres de cobre.

13,2 kV	34,5 kV	Capacidad de Corriente [A]		
AWG/kcmil	AWG/ kcmil	Circuito 1	Circuito 2	Circuito 3
2	-	155	130	105
1/0	-	200	165	135
2/0	2/0	230	185	150
4/0	4/0	295	240	190
250	250	325	260	210
350	350	390	310	245
500	500	465	370	290
750	750	565	440	350
1000	1000	640	495	390

Nota: Capacidad de corriente de tres conductores de cobre, individualmente aislados, en ductos eléctricos subterráneos (tres conductores por cada ducto eléctrico), con base en una temperatura ambiente de la tierra de 20 °C, el montaje de los ductos eléctricos, de acuerdo con la Figura anterior, factor de carga del 100 %, resistencia térmica ρ (Rho) de 90 [°C-cm/W], temperaturas del conductor de 90 °C.

Los cables de aluminio monopoles a utilizar deben cumplir lo establecido en la norma GSC001 para media tensión y para baja tensión ET114 (cables de cobre aislado XLPE/PVC, 600 V, uso subterráneo), ET116 Alambre y cable monopolar de cobre THW, THWN o THHN - 600 V, ET106 Cable monopolar de aluminio THW-600V.

Capacidad de corriente para calibres de aluminio.

13,2 kV	34,5 kV	Capacidad de Corriente [A]		
AWG/kcmil	AWG/kcmil	Circuito 1	Circuito 2	Circuito 3
4/0	4/0	230	185	150
250	250	250	200	165
350	350	305	245	195
500	500	370	290	230
750	750	455	355	280
1000	1000	525	405	320

La capacidad de corriente de tres conductores de aluminio, individualmente aislados, en ductos eléctricos subterráneos (tres conductores por cada ducto eléctrico), con base en una temperatura ambiente de la tierra de 20 °C, el montaje de los ductos eléctricos, de acuerdo con factor de carga del 100 %, resistividad térmica ρ de 90 [°C-cm/W], temperaturas del conductor de 90 °C.

Resistencia del conductor

La resistencia del conductor empleado, en ohmios por km, depende de las características y sección de este y de la temperatura de trabajo de la línea.

La temperatura máxima de trabajo prevista es de 90° C para el conductor y 70° C para la pantalla. El valor de la resistencia en corriente continua para un conductor cuya temperatura máxima de trabajo es 90° C, se calcula a partir del valor a 20° C, mediante la siguiente expresión:

$$R_{90} = R_{20}[1 + \alpha * (90 - 20)]$$

Donde:

R: Resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura 90 °C (Ω /km).

α : Coeficiente de variación de la resistividad en función de la temperatura, siendo $\alpha = 0,00403$ para conductores de aluminio y 0,00393 para conductores de cobre ($^{\circ}\text{C}^{-1}$) para una temperatura de 20° C.

En cuanto a la resistencia en corriente alterna, es necesario tener en cuenta el efecto piel y el efecto proximidad que dan lugar a un aumento de la resistencia aparente del conductor. El valor de la resistencia en corriente alterna según la norma IEC 60287 será:

$$R_{ca} = R_{cc}(1 + K_s + K_p)$$

Siendo:

Rca: Resistencia del conductor en corriente alterna (Ω /km).

Rcc: Resistencia del conductor en corriente continua (Ω /km).

Ks: Coeficiente por efecto piel. Su valor se obtiene mediante la siguiente expresión:

Donde:

$$K_s = \frac{3.28 * f^2 * S^2}{\rho_{\theta}^2 * 10^8}$$

f: Frecuencia de la corriente (60 Hz).

s: Sección efectiva del conductor (mm²).

ρ_{θ} : Resistividad del conductor a la temperatura considerada.

Para conductores de aluminio a 90°C, $\rho_{\theta} = 36,237$ (Ω mm²/km) y para conductores de cobre para 70°C de temperatura $\rho_{\theta} = 20,6288$ (Ω mm²/km).

Kp: Coeficiente por efecto proximidad. Su valor se calcula empleando la siguiente ecuación:

$$K_p = 2,9 * K_s * a^2$$

Donde:

Ks: Coeficiente por efecto piel.

a: Relación entre el diámetro del conductor y la distancia entre los ejes de los conductores más próximos.

Reactancia inductiva del conductor de línea trifásica equilibrada

La reactancia de una línea trifásica, por unidad de longitud y por fase, para líneas equilibradas, se determinará mediante la siguiente expresión:

$$X = 2 * \pi * f * \mathcal{E}$$

Siendo:

f: Frecuencia de la red (60 Hz).

$\mathcal{E}$: Coeficiente de Inducción Mutua por unidad de longitud (H/km).

El coeficiente de inducción por unidad de longitud ($\mathcal{E}$) vendrá dado por la expresión:

$$\mathcal{E} = \left(K + 4,605 * \log_{10} \left(\frac{2 * Dm}{d} \right) \right) * 10^{-4}$$

Donde:

K: Constante que depende del número de alambres que conforman el conductor, de acuerdo con los valores de la siguiente tabla:

Constante en Función del Número de Alambres.

No de Alambres	1	7	19	37	61 o más
K	0,5	0,64	0,55	0,53	0,51

Dm: Distancia media geométrica entre conductores. Los conductores se instalarán en triángulo, estando las tres fases en contacto mutuo, por lo tanto, la distancia media geométrica coincide con el diámetro exterior del conductor (mm).

d: Diámetro del conductor (mm).

Factores de corrección de corriente

- **Factor por temperatura**

La capacidad de corriente para conductores enterrados en ductos con temperatura distinta de 20 °C para media tensión (MT) se debe corregir mediante la fórmula mostrada mostrado a continuación:

$$I' = I * \sqrt{\frac{T_c - T_{a'}}{T_c - T_a}}$$

Donde:

I' = capacidad de corriente corregida para la temperatura ambiente

I = capacidad de corriente para T_c y T_a

T_c = temperatura nominal del conductor en °C

$T_{a'}$ = temperatura del nuevo ambiente en °C

T_a = temperatura ambiente usada normalmente °C

Factor por profundidad de enterramiento

Cuando se modifica la profundidad de enterramiento, de circuitos en bancos de ductos eléctricos, se permite modificar las capacidades de corriente tal como se indica a continuación:

- Si la profundidad de enterramiento es mayor que la indicada en la siguiente tabla, a la capacidad de corriente se le debe aplicar un factor de corrección del 6 % por cada 0,3 m de aumento en la profundidad, para cualquier valor de ρ .
- Si aumenta la profundidad de enterramiento en partes de un tramo del ducto eléctrico existente, no es necesario reducir la capacidad de corriente de los conductores, siempre que la longitud total de las partes del tendido del ducto en que se aumenta la profundidad sea menor al 25% de la longitud total de tendido.

Profundidad de Enterramiento.

Tensión fase – fase (V)	Profundidad Ducto (m.)
Alumbrado público	0.50
601 a 34500	0.75

Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores

Es la intensidad que no provoca ninguna disminución de las características de aislamiento de los conductores, incluso después de un número elevado de cortocircuitos.

Se calcula admitiendo que el calentamiento de los conductores se realiza en un sistema adiabático (a calor constante) y para una temperatura máxima admitida por el aislamiento de 250 °C. La intensidad máxima de cortocircuito para un conductor de sección S , viene dada por:

$$I_{cc} = K * S * \sqrt{\frac{1}{t}} [A]$$

Donde:

I_{cc}: Intensidad máxima de cortocircuito (A).

K: Coeficiente que depende de la naturaleza del conductor, del aislamiento y de sus temperaturas al principio y al final del cortocircuito.

S: Sección del conductor (mm²).

t: Tiempo de duración del cortocircuito (s).

Caída de tensión

Dadas las características particulares de distribución será necesario tener en cuenta la caída de tensión que se produce en la línea, debido a la propia resistencia de los conductores.

Los cálculos serán aplicables a un tramo de línea, siendo la caída total de tensión la suma de las caídas en cada uno de los tramos intermedios.

La caída de tensión por resistencia y reactancia de una línea trifásica viene dada por la fórmula:

$$\Delta V = \sqrt{3} * I * (R * \cos\varphi + X * \sin\varphi) * L$$

Donde:

ΔV: Caída de tensión compuesta (V).

I: Intensidad de la línea (A).

R: Resistencia del conductor en Ω/km para una temperatura de 90°C.

X: Reactancia inductiva en Ω/km.

L: Longitud de la línea en km. Teniendo en cuenta que:

Donde:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$$

P: Potencia trifásica transportada en kilovatios.

V: Tensión línea.

La caída de tensión en tanto por ciento será:

$$V\% = \frac{P * L}{10 * V^2} (R + X * \tan\phi)$$

Los valores de regulación que deben cumplir en los distintos niveles de tensión son:

- Para circuitos primarios (13,2 kV ó 11,4kV): 2%
- Transformador de distribución (con el transformador a un 140% de su capacidad nominal): 4%
- Circuitos secundarios o acometidas desde bornes del transformador: 3%
- Acometida hasta el medidor: 1%

CANALIZACIONES

Dimensiones del ducto

El diámetro de la tubería recomendado a emplear será mínimo de 3" para redes de baja tensión, y mínimo de 4" para redes de media tensión, pero dependerá en todos los casos del número de cables por ducto y su calibre, más sin embargo deberá apoyarse en la siguiente tabla para poder usar un ducto adecuado.

AWG o kcmil Cu	Cu (mm²)	Al (mm²)	Redes - Circuitos	Ducto para canalizaciones	Ducto metálico para subterranización o afloramiento
2/0-4/0-300 (**)	70-120- 150 (**)	240	De 34,5 kV	6"	6"
2-2/0-4/0- 300 (**)	35-70-120 150 (**)	95 - 185 -240	11,4kV y 13,2 kV	6"	6"
		25 – 50 – 95 - 150 - 240	De BT: 208/120 V	4" (*)	4", 3", 2" (*)
		16 – 25 - 35	De AP: 208/120 V; 480/277 V; 380/220 V	3"	3", 2" (*)

(*) El ducto se selecciona de acuerdo a los calibres de los conductores utilizados, entre los diámetros presentados. considerando que pueden llevar más de un circuito y la disponibilidad para otros circuitos.

(**) El cable de cobre aplica solo para redes existentes donde se requiera reponer la infraestructura existente donde el ducto no permita el uso de cable de Aluminio.

Profundidad de la canalización

El Coordinador de proyectos deberá determinar la profundidad de la excavación de La canalización dependiendo de las siguientes consideraciones.

Las profundidades mínimas de los ductos serán acorde con lo establecido en el artículo 25.7.2 conductores subterráneos de la resolución 90708, RETIE, agosto 30 de 2013, que se determinarán en la siguiente tabla.

Tensión fase – fase (V)	Profundidad Ducto (m.)	Profundidad conductor enterramiento directo (m.)
Alumbrado público	0.50	0.50
0 a 600	0.60	0.60
601 a 34500	0.75	0.95
34501 a 57500	1.00	1.20

- Con respecto a canalizaciones de servicios de gas, agua, calefacción, vapor, aire comprimido, etc., deberá tenerse una distancia no menor de 0.20 m. a partir del borde externo del ducto. Si tal distancia no puede ser mantenida, deberá separarse en forma efectiva las instalaciones a través de una hilera cerrada de ladrillos u otros materiales dieléctricos resistentes al fuego y al arco eléctrico de por lo menos 0.05 m. de espesor.
- Se evitará al máximo la construcción de canalizaciones longitudinales sobre vías vehiculares.
- Cuando la canalización efectué cruce sobre vías vehiculares, se deberá atracar el ducto en concreto con una resistencia no menor a 21 Mpa., (dosificación 1:2:3) y con un espesor sobre el ducto no menor a 0.10 m. para tensiones menores o iguales a 34500 V. Para tensiones superiores a 34500 V. la profundidad mínima exigida será de 1.00 m. la cual no será necesario atracar en concreto.
- Las canalizaciones en cruces de vía, en lo posible, y salvo casos muy excepcionales y debidamente documentados y justificados, deberá ser perpendicular al eje de la vía, buscando con ello que el ducto invada lo menos posible la calzada, para evitar inconvenientes futuros con otro tipo de canalizaciones (acueducto, saneamiento, telecomunicaciones.)

Pendiente mínima

Los ductos se colocarán con pendiente mínima de 0.1% hacia las cámaras o cajas de inspección, en una zanja de profundidad suficiente que permita el recubrimiento de relleno sobre el ducto.

Pendiente máxima

La pendiente máxima que se debe presentar en los bancos de ductos es de 30%.

Dimensiones de la excavación

Para determinar la anchura de la excavación es necesario tener en cuenta que se deben conservar como mínimo 0.15 m entre la pared de la excavación y el borde lateral del ducto; además de las dimensiones de los diámetros de los ductos, cantidad de ductos dispuestos horizontalmente según la necesidad del proyecto propuesto y la separación mínima de 0.05 m. entre ellos. El tendido máximo de ductos horizontales será de 3 ductos.

La profundidad del banco de ductos se determina a partir de cumplir las distancias mínimas exigidas en el RETIE y mencionadas anteriormente; del número de tendidos verticales máximo podrá ser de tres ductos, dando una totalidad de máximo nueve ductos por canalización.

Cantidad de ductos

En la totalidad de casos, el número de ductos de un banco debe ser superior al número de ductos ocupados determinado por el diseño de la red, el cual debió prever si el sector a servir es factible de futuras expansiones, a continuación, se suministra una tabla que marca las recomendaciones para determinar la cantidad de ductos a utilizar por cada nivel de tensión.

DUCTOS OCUPADOS	DUCTOS DE RESERVA
De 1 a 3	$Dr = 1$
Entre 4 y 6	$Dr = \frac{Doc}{2}$
>6	$Dr = \frac{Doc}{2} - 2$

Dónde:

Dr = ductos de reserva

Doc = ductos ocupados

En el caso de obtener un número con decimales, de ductos ocupados, el número de ductos de reserva se aproximará al entero superior.

Disposición de uso de ductos

Para el uso de banco de ductos se tendrá en cuenta en primer lugar los niveles de tensión, siendo el nivel de tensión más alto el que se disponga en la parte inferior del banco de ductos, adicionalmente la utilización del banco de ductos se hará desde el tendido más bajo hacia arriba, tratando de dejar los ductos de reserva en la parte superior.

Los ductos se dispondrán de tal manera que los ejes verticales de los ductos estén desplazados respecto al eje del tendido superior, guardando una separación mínima de 0.10m. Entre cada tendido de ductos.

Las uniones de los ductos dentro del tendido de ductos deben quedar traslapadas, nunca deben quedar una sobre otra. Los espacios entre ductos deben ser llenados exclusivamente con arena de peña compactada, libre de piedras.

Acabado sobre vías

El coordinador de proyecto deberá dejar especificado en la orden de trabajo que la reposición de zonas pavimentadas que se deterioren por la construcción de canalizaciones deberá ejecutarse de acuerdo con las especificaciones dadas por la Secretaría de Obras Públicas del respectivo municipio o al organismo encargado y cumpliendo con los decretos municipales vigentes.

Terminación en cámaras y/o cajas

El coordinador de proyecto deberá dejar especificado en la orden de trabajo que en la llegada de los ductos a las cámaras de registro serán empleados adaptadores terminales tipo campana, cuando no pueda hacerlo coincidencialmente en la campana natural de fábrica que posee el ducto o hacer un emboquillado de aproximadamente 0.05 m. de profundidad y 45 grados de inclinación a la llegada del ducto o banco de ductos.

En ningún caso el ducto terminará directamente en la embocadura a la cámara.

Antes de tender los conductores, los ductos deberán ser sellados provisionalmente empleando tapones adecuados al diámetro del ducto. Adicionalmente, deberán limpiarse cuidadosamente los ductos que vayan a ser empleados en la canalización. Los ductos de reserva permanecerán sellados en cada una de las cámaras y/o cajas construidas.

Consideraciones adicionales para el diseño de ducteria.

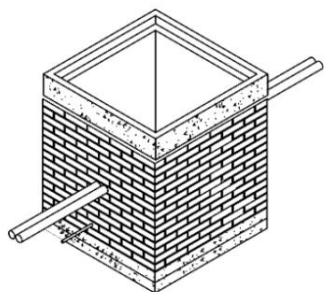
Otras consideraciones

- Los cambios de dirección en el plano horizontal y vertical se harán a través de cámaras y/o cajas, dependiendo del nivel de tensión considerado. Los cambios de dirección sólo se pueden realizar a noventa grados (90°).

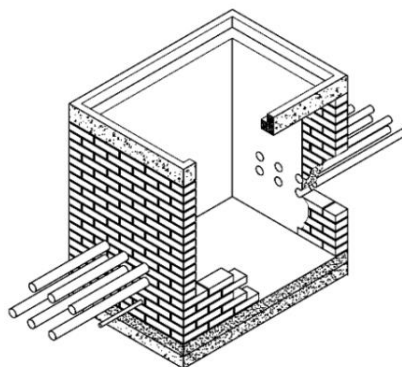
- Al ducto no se le debe aplicar una curvatura superior a la permitida por la condición natural del material, es decir, no se le debe generar esfuerzos mecánicos indebidos o generarle la curvatura por medios artificiales tales como el calentamiento del tubo.
- Los ductos para energía deberán ser independientes de los ductos de los otros sistemas o estructuras (teléfono, y operadores telemáticos,).
- Las rutas de la canalización para las redes de Nivel de tensión 1 deben ir lo más próximas al paramento de las edificaciones. Al tanto que niveles superiores de tensión deberán ir sobre el andén, lo más próximo posible al bordillo de este.
- La unión de ductos será por medio de acoples en tal forma que no queden escalones entre uno y otro tramo. Se debe evitar el uso de materiales que puedan penetrar al interior de los ductos, formando protuberancias que al solidificarse puedan causar daño a los cables.
- Los ductos que atraviesan los muros de un edificio deben estar provistos de sellos que eviten la entrada de gases o líquidos al edificio.
- Los ductos a la entrada de cajas o recintos deben quedar en terreno compactado o quedar soportados adecuadamente para evitar esfuerzos cortantes en los mismos.
- No deben existir curvas, horizontales o verticales, en los ductos entre una cámara y otra, conservando así el radio de curvatura adecuado. El radio de curvatura mínimo permitido es de 15 veces el diámetro del conductor, si esto no se pudiera cumplir se hace necesario la instalación de una cámara y/o caja de inspección.
- Cuando los ductos se crucen con alguna fuente de calor, será indispensable colocar entre ellos una barrera térmica adecuada.
- Se debe evitar que los ductos pasen por terrenos inestables.
- Las canalizaciones que impliquen cruces de vías se deben realizar preferiblemente en las esquinas.

CAMARAS

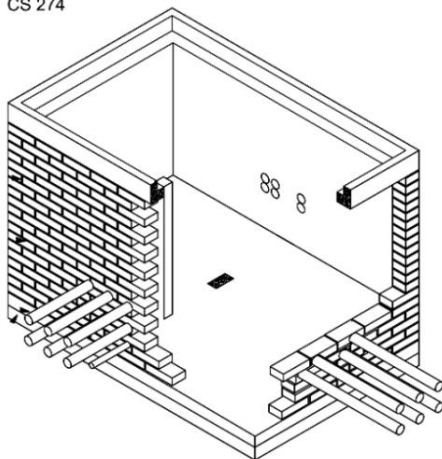
En el sistema subterráneo se utilizan cajas de inspección dobles (Norma CS276), cajas de inspección sencillas (Norma CS275) y cajas de inspección para acometidas de Baja Tensión y Alumbrado Público (Norma CS274), y cajas para alojar elementos premoldeados, estas cajas deberán ser determinadas dependiendo el tipo de suelo en donde se deba colocar, el coordinador de proyectos deberá analizar junto con la autoridad territorial correspondiente los permisos de intervención de vías y los planos de redes subterráneas de la zona para poder determinar la excavación, a continuación se mostraran los tipos de cajas determinados por Enel, con su respectiva normatividad Enel.



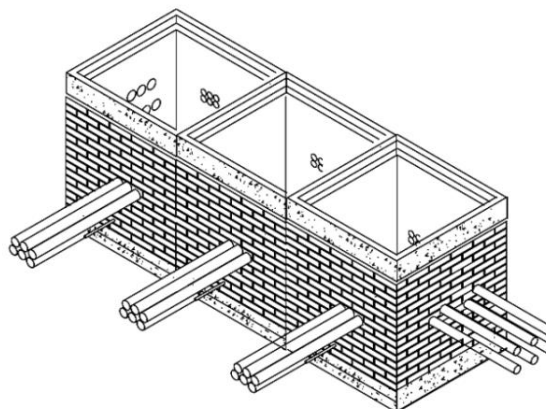
CAJA DE INSPECCIÓN PARA ALUMBRADO PÚBLICO
Y ACOMETIDA DE BAJA TENSIÓN
CS 274



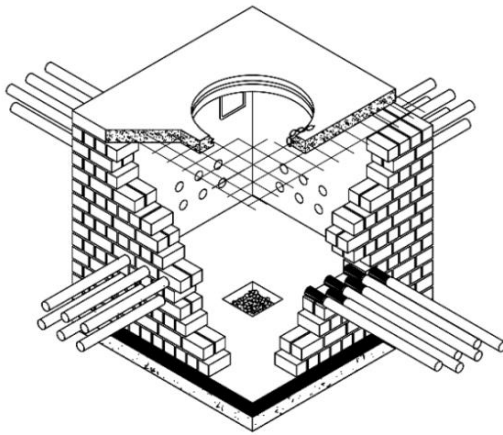
CAJA DE INSPECCIÓN SENCILLA PARA
CANALIZACIÓN DE M.T. Y B.T.
CS 275



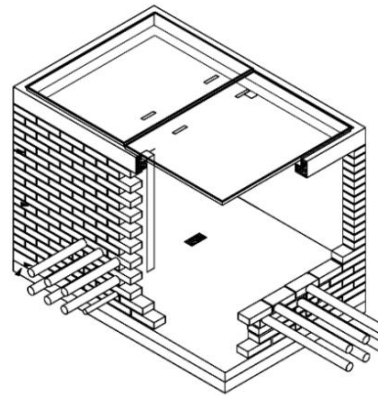
CAJA DE INSPECCIÓN DOBLE PARA CANALIZACIÓN
DE M.T. Y B.T.
CS 276



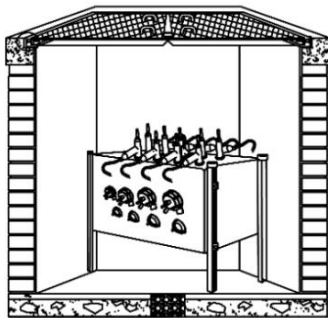
CAJA DE INSPECCIÓN TRIPLE PARA CANALIZACIÓN
DE M.T.
CS 278



CAJA DE INSPECCIÓN TIPO VEHICULAR
CS 280



CAJA PARA ALOJAR BARRAJE PREFORMADO DE MT.
CS 281 (*) Solo para subestaciones existentes



CAJA PARA ALOJAR SECCIONADOR DE MANIOBRAS EN M.T.
CS 290

El coordinador de proyecto deberá realizar su diseño y trazado de estas líneas teniendo en cuenta que:

- Las canalizaciones subterráneas deben tener cámaras de inspección en tramos rectos cada 40 m de ducto, y como máximo cada 80m, este valor puede variar dependiendo el caso específico del proyecto, por ejemplo, cruces de avenidas o Inter distancias por diseños fotométricos.
- Cuando los bancos de ductos consten de más de 6 ductos, todas las cajas de inspección serán dobles.
- Las cajas de inspección pueden ser prefabricadas o no y también en materiales poliméricos tales como policoncreto, fibra, o polipropileno de alta densidad.
- Las paredes son en ladrillo tolete recocido colocado en forma “trabada” con las superficies internas pañetadas, el piso es en concreto de 175 Kg/cm², (2.500 psi) sobre una capa de recebo previamente compactada ó del valor que indique la regulación vigente.

- En el piso de las cajas se ubica un drenaje (caja o tubería) el cual es opcional, dependiendo del nivel freático de la zona donde se esté instalando el sistema subterráneo.
- Las tapas de las cajas son prefabricadas y deben ser construidas de acuerdo con las Normas CS274-2, CS278 y CS280-3

El dimensionamiento de las cámaras podrá ser consultado en la respectiva norma aplicable de ENEL CONENSA, en cuanto a los materiales, en esta etapa el coordinador de proyectos deberá elaborar una orden de trabajo en la cual se especifique la elaboración de talud o entibaciones para la excavación, se deberán especificar según la normatividad aplicable y según criterios de diseñador, estos taludes o entibaciones deben velar por la seguridad de los trabajadores y de los materiales de esta excavación.

7. CONTROLES DE DISEÑO.

CONTROL EN LOS MATERIALES

Mortero o cemento

El mortero utilizado ya sea para las cámaras o para algún tipo de canalización especial, deberá cumplir con las especificaciones mínimas de calidad de la normatividad nacional, en cuanto a su preparación este deberá llevar sus respectivos cálculos, para que el concreto utilizado tenga la resistencia mínima adecuada dependiendo del tipo de cámara a instalar.

Material de los ductos

Solamente se admiten ductos en tubería de uso eléctrico tipo PVC DB (Norma NTC 1630), TDP (Norma NTC 3363).

Para el empleo de estos ductos debe cumplirse con las normas técnicas dadas por los fabricantes DB, TDP o similares. Deben estar en perfecto estado a simple vista, no presentar perforaciones, fisuras, desintegración en escamas, deformaciones en el sentido del eje del ducto (curvatura), deformaciones en el sentido diametral del ducto (disminución del diámetro), líneas de falla de color claro o blancuzco, signos de mal trato, etc.

Dichos ductos deberán ser para uso eléctrico, cumplir con las normas técnicas de los fabricantes y deberán seguirse las recomendaciones de montaje de los mismos.

Material compactante y de separación entre ductos

Arenilla

La arenilla es un suelo grueso granular según la clasificación unificada de los suelos, es a menudo utilizada para llenos estructurales y para llenos de protección. Los dos anteriores usos exigen que el material esté libre de materia orgánica, arcilla, sales y de todo tipo de partículas deleznableles.

La calidad de la arenilla está sujeta a lo siguiente:

- La gradación deberá conformarse de acuerdo con los límites determinados por la relación indicada a continuación:

$$\frac{\% \text{ en peso que pasa el tamiz 200}}{\% \text{ en peso que pasa el tamiz 40}} = 0.65$$

- La fracción que pasa el tamiz 40 no tendrá un índice de plasticidad mayor de 6.
- La fracción que pasa el tamiz 200 no excederá el 30% del volumen de material tamizado.
- El porcentaje máximo de grumos de arcilla será igual al 3% en peso y su determinación deberá conformarse de acuerdo con la norma ICONTEC NTC 589.
- El contenido de materia orgánica, definido por máximo color según la norma ICONTEC NTC 127, será igual a 4.

Ladrillo

Ladrillo tolete recocido colocado en forma “trabada” con las superficies internas pañetadas, el piso es en concreto de 175 Kg/cm², (2.500 psi) sobre una capa de recebo previamente compactada ó del valor que indique la regulación vigente.

Material de base compactado

Será empleado afirmado compactado para la compactación a realizar sobre la arenilla

Sobre las vías la capa de material de base para el pavimento deberá ser afirmado compactado o subbase según norma INVÍAS, y tendrá un espesor igual al existente o mínimo de 0.30 cm. de acuerdo con las características de la vía. (Este espesor será definido con la interventoría de acuerdo con las recomendaciones técnicas de la Secretaría de Obras Públicas del Municipio y/o ciudad).

En canalizaciones cruzando zonas verdes, la capa a compactar sobre la arenilla será de tierra y de 0.10 m de espesor.

En canalizaciones sobre andenes, será tendida una capa de base en material afirmado compactado de 0.10 m. o de piedra seleccionada con un espesor de 0.20 m, sobre la cual se tenderá una capa de concreto de 0.10 m. Cuando se tenga un andén en acabado especial, sobre el concreto se deberá construir el acabado igual al existente.

El material de base para canalizaciones por vías es afirmado compactado o subbase tipo INVÍAS que debe cumplir con ensayos de densidad mínimo del 95%. Es un suelo granular, generalmente de color amarillento, gris, verdoso o azulado, de corriente uso en llenos estructurales y de protección, bases, subbases para pavimentos, drenajes y filtros.

Deberá estar libre de materias orgánicas, arcilla, sales y de todo tipo de partículas deleznable y cumplir además con lo siguiente:

- La resistencia de desgaste en la máquina de los ángeles no excederá el 50% del volumen del material ensayado y deberá conformarse de acuerdo con la norma ICONTEC 98.
- En las gravas trituradas no menos del 50% en peso de las partículas retenidas por el tamiz 10, deberán presentar como mínimo una cara fracturada.
- El porcentaje que pase por el tamiz 200 será siempre menor del 50% del porcentaje que pasa el tamiz 40.
- El límite líquido de la fracción que pasa el tamiz 40 será menor del 25%.
- El índice de plasticidad de la fracción que pasa el tamiz 40 será menor de 4.
- El porcentaje máximo de grumos de arcilla será igual a 0.25% en peso y su determinación deberá conformarse de acuerdo con la norma ICONTEC NTC 589.
- El límite máximo de partículas blandas para los gruesos del material será igual al 5% en peso y se determinará de acuerdo con la norma ICONTEC 183

CONTROL DOCUMENTAL

Cada parte de este diseño cuando corresponda deberá tener: memoria de cálculos, referencia al cumplimiento de la norma en la elección de materiales, plano eléctrico de la maniobra, permisos de las autoridades correspondientes para la maniobra, certificados de los insumos utilizados, según norma vigente

CONTROL NORMATIVO

Cada sección de este diseño deberá apegarse a la normatividad eléctrica y civil vigente; Se deberá seguir especial cuidado en el manejo de la aplicación de la normatividad y no se podrá obviar ningún elemento, el coordinador de proyectos deberá verificar que los elementos y herramientas para la maniobra cuentan con su respectiva certificación dependiendo del tipo de excavación que se necesite, para efectos de formatos y elementos

	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO PARA ADECUACIÓN EN RED SUBTERRANEA	Código: PR - 106
		Versión: 0
		Página 26 de 29

de seguridad que se deban tener en cuenta en el procedimiento, se debe contar con los siguientes procedimientos y velar por su aplicación según lo determine el coordinador de proyectos, los procedimientos operativos para esta maniobra serán

8. SALIDAS DEL DISEÑO

- Cuando el diseño este totalmente terminado es indispensable que se haga una revisión de la memoria de cálculos para evidenciar que las regulaciones de tensión, las distancias y demás aplicables al proyecto estén.
- El diseño debe entregarse al cliente para aprobación según peticiones técnicas del mismo.
- Se debe hacer llegar este diseño a la autoridad territorial correspondiente si aplica, para verificar permisos del proyecto
- SICTE pedirá al proveedor la certificación correspondiente en cuanto de materiales, cuando se genere su compra, estos certificados deberán estar validados con las autoridades correspondientes para poder dar entrega de manera puntual a un producto de la excelente calidad

9. CAMBIO EN EL DISEÑO Y EL DESARROLLO

- En caso de que se evidencien fallas en el proceso de construcción en cuanto a dimensionamiento, el técnico deberá comunicarse inmediatamente con el Coordinador de proyecto, el cual hará las modificaciones pertinentes en el diseño.
- La autoridad competente podrá realizar la petición del cambio del diseño si lo ve conveniente, es claro evidenciar que este cambio deberá estar soportado por razones de peso; Inmediatamente el coordinador de proyectos realizará las modificaciones correspondientes desde el diseño para evitar repercusiones legales.
- El cliente podrá pedir un cambio en el diseño antes de dar su aprobación para el inicio e la parte operativa de esta maniobra, si el cliente desea hacer este tipo de modificaciones se deberá ver la viabilidad con el coordinador de proyecto y/o el director de proyectos.
- Si en la fase operativa se evidencia que existen elementos inexactos en la medición el técnico podrá solicitar una revisión una modificación al diseño por parte del coordinador de proyectos, si se debe hacer el coordinador de proyectos generará las actividades necesarias para adecuar el diseño, implementando visitas mediciones y demás elementos que vea necesario para poder culminar de la mejor forma el diseño.

	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO PARA ADECUACIÓN EN RED SUBTERRANEA	Código: PR - 106
		Versión: 0
		Página 27 de 29

10. ASPECTOS AMBIENTALES

Los residuos generados en la realización de la actividad deben llevarse a las instalaciones de SICTE SAS para su almacenamiento temporal y disposición final, según la clasificación de residuos establecida de acuerdo con el **PR - 86 Procedimiento para el manejo de residuos**, o cuando la situación así lo requiera se entregarán al cliente, dejando la observación en el acta y tomando el registro fotográfico.

11. REGISTRO RELACIONADO

- PR - 086 Procedimiento para el manejo de residuos
- PR – 99 Procedimiento de planeación segura
- F – 228 Formato visita previa
- RES 0312 No. 4.2.3 La empresa estructura procedimiento instructivos de protección para seguridad y salud en el trabajo.
- Norma NTC 1630
- Norma NTC 3363
- ICONTEC 576
- ICONTEC NTC 589
- ICONTEC NTC 127
- ICONTEC 98
- ICONTEC NTC 183
- IEC 60287
- CS273 Banda plástica de indicación de ductos eléctricos instalados
- NTC 2050 Código eléctrico colombiano
- Resolución 90708 del 30 de agosto de 2013 RETIE
- Resolución 0011 de 2013
- CS270 Resumen de cajas de inspección, junto con todas sus normas anexas según la aplicable
- NTC 2050 Código eléctrico colombiano
- Resolución 90708 del 30 de agosto de 2013 RETIE