

PROYECTO DE
CENTRO DE TRANSFORMACION
E INSTALACION DE L.M.T.

	ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE GALICIA - SANTIAGO DE COMPOSTELA
N.º REC. 277/91	V.º L.º 60
N.º C.º 424	V.º C.º DELEGADO
FECHA: 03 DIC 1993	

	PROMOTOR: ORGANIZACION DE PRODUCTORES DE PESCA FRESCA DEL PUERTO Y RIA DE MARIN (O.P.P-8)	
	SITUACION: PUERTO DE MARIN	FECHA: DICIEMBRE 1.993
	INGENIERO AUTOR DEL PROYECTO: MANUEL VIDAL LOPEZ	

PROYECTO DE
CENTRO DE TRANSFORMACION
E INSTALACION DE L.M.T.

	PROMOTOR: ORGANIZACION DE PRODUCTORES DE PESCA FRESCA DEL PUERTO Y RIA DE MARIN (O.P.P-8)	
	SITUACION: PUERTO DE MARIN	FECHA: DICIEMBRE 1.993
	INGENIERO AUTOR DEL PROYECTO: MANUEL VIDAL LOPEZ	



MEMORIA



M E M O R I A

1. GENERALIDADES.

1.1. OBJETO.

El presente documento constituye el Proyecto de un Centro de Transformación de 400 KVA. y una L.M.T. subterránea a instalar en Marín, propiedad de la Organización de Productores de Pesca Fresca del Puerto y Ría de Marín (O.P.P. -8) y tiene por objeto establecer y justificar todos los datos constructivos que permitan la ejecución de la obra.

1.2. PETICIONARIO.

El Peticionario del presente Proyecto es la Organización de Productores de Pesca Fresca del Puerto y Ría de Marín (O.P.P.-8).

1.3. SITUACION.

El C.T. está situado en el interior del recinto de la Fábrica de Hielo en el Puerto de Marín en la planta baja de la misma, se define su situación en el plano correspondiente.

La línea de Media Tensión que será subterránea partirá del C.T. de Unión Fenosa S.A. fuera del recinto portuario, tal y como se indica en el plano de situación, cruzando la carretera para entrar en el interior del recinto.



1.4. NECESIDAD DE LA INSTALACION.

La reciente construcción de la Fábrica de Hielo de Marín y la próxima puesta en marcha de la misma hace necesario dotar al recinto del suministro de Energía Eléctrica correspondiente, siendo pues necesaria la instalación de un C.T. en la línea de enlace correspondiente. La potencia instalada es de aproximadamente 220 KW y estimando posteriores ampliaciones se prevee la instalación de un C.T. de 400 KVA cubriendo de esta forma posteriores ampliaciones.

1.5. REGLAMENTACIONES.

En la redacción del presente documento se han tenido en cuenta todas y cada una de las especificaciones contenidas en el Reglamento de Estaciones de Transformación, aprobado según O.M. del 23.02.49, publicada en el B.O.E. del 10.04.49 y las modificaciones al mismo según O.M. del 11.03.71 publicada en el B.O.E del 18.03.71 e instrucciones complementarias B.O.E. del 01.08.84 y B.O.E 05.12.87 y Orden de 27.11.87 así como la Orden del 23.06.88 B.O.E. 05.07.88.

Asimismo, se han tenido en cuenta las Normas UEFE, la normalización nacional (Normas UNE) y las recomendaciones UNESA.

1.6. DISPOSICIONES OFICIALES.

Para la contratación de las obras se tendrán en cuenta todas las Disposiciones Oficiales que se relacionan en el Pliego de Condiciones Generales.



1.7. EMPRESA SUMINISTRADORA.

La empresa suministradora de energía eléctrica en la zona en media tensión es Unión Eléctrica-Fenosa S.A., a 20 KV.

2. CAMPO DE APLICACION.

Los criterios que deben conducir a la elección de un determinado centro de transformación, para su aplicación al tener que proyectar cada C.T. concreto, deberán fijarse atendiendo a las siguientes circunstancias:

- a) Tensión de la red: La tensión de alimentación tendrá un valor eficaz de tensión nominal $U=20$ KV., y el valor eficaz de la tensión más elevada de la red entre fases $U_n=24$ KV.
- b) Carga previsible a medio plazo: En el transformador se adoptará la potencia nominal de 400 KVA.
- c) La línea de alimentación será subterránea.
- d) El Centro de Transformación no queda intercalado en la red de M.T. de Unión-Fenosa S.A.
- e) El montaje se prevee en celdas separadas.

3. CARACTERISTICAS.

3.1. CARACTERISTICAS GENERALES.

Local:

El local destinado a centro de transformación estará situado en un edificio independiente. Tendrá las características constructivas reseñadas en los planos correspondientes, que más adelante se indican.

Celdas:

La aparamenta de las celdas de M.T. será la adecuada para



un valor eficaz de la tensión de la red de 24 KV. entre fases y soportará sin fallos las tensiones de ensayo siguientes:

125 KV.(cresta) a impulso tipo rayo con onda de choque de 1,2/50 microsegundos, polaridad positiva y negativa de 50 KV.(valor eficaz) a frecuencia industrial, 50 Hz., durante un minuto.

La celda destinada a albergue del transformador tendrá unas dimensiones eficaces para instalar una máquina de 400 KVA.

Transformador:

La potencia nominal del transformador que se instalará será de 400 KVA. y todas sus características se ajustará a UNFE 6-1; UNE 20101, Recomendación UNESA 5201 y 5202.

Cuadro de Baja Tensión:

Es el elemento de la instalación al que llegan los conductores de baja tensión procedentes del transformador y del que parten las diferentes líneas de distribución.

Estará compuesto de un interruptor general de maniobra y protección del transformador en el lado de baja tensión.

Puesta a tierra:

Se conectarán a tierra, mediante los elementos adecuados, tanto el neutro del e como las masas metálicas existentes en la instalación.

4. DATOS TECNICOS.

4.1. EDIFICIO.

El local del centro de transformación se construirá en el



edificio, en la planta baja, tal y como se indica en el plano correspondiente.

Las dimensiones constructivas del local responderán a la potencia del transformador y al número de celdas de maniobra y protección tal como se detalla en el plano correspondiente, estas dimensiones estarán de acuerdo con la Recomendación UNESA 1301 para C.T.

La ventilación del Centro será natural por medio de aberturas de ventilación de entrada y salida de las dimensiones adecuadas a la potencia del centro, a fin de disipar el calor producido por las pérdidas de los transformadores, estando provistas de rejillas adecuadas.

4.2. ESQUEMA ELECTRICO.

El esquema eléctrico será el unifilar que figura en los planos correspondientes.

4.2.1 DESCRIPCION DEL ESQUEMA.

4.2.1.1 CELDA DE ENTRADA.

La celda de entrada estará provista de seccionador de corte visible, equipado con seccionador de puesta a tierra en su parte inferior.

La unión de entrada y salida de cables se realizará con botellas terminales unipolares.

4.2.1.2 CELDA DE MEDIDA.

La celda de medida irá dotada de los correspondientes transformadores de tensión e intensidad, debidamente conexiónados que permitan medir la energía consumida en



Media Tensión.

La celda irá totalmente cerrada siendo precintada por la Empresa Suministradora.

4.2.1.3 CELDA DE PROTECCION.

La celda de protección estará provista de interruptor seccionador de corte visible, cartuchos fusibles de alto poder de ruptura y reles de máxima intensidad.

Se considera que el interruptor cumple la condición de interruptor-seccionador cuando la tensión de cebado, tanto a onda de choque como a frecuencia industrial, entre los contactos de un mismo polo, sea al menos un 13% superior a las tensiones de cebado a tierra, o entre, polos diferentes.

Su accionamiento permitirá la conexión y desconexión bruscas.

Responderá a las tensiones de aislamiento pleno, con los valores siguientes:

Valor eficaz de tensión nominal: 20 KV

Valor eficaz de la tensión más elevada de la red entre fases: 24 KV.

Tensión de ensayo soportada al choque con onda 1,2/50 μ seg: 125 KV. cresta.

Tensión soportada durante un minuto a frecuencia industrial de 50 Hz: 50 KV.

La intensidad nominal será 400 A. con un límite térmico durante un segundo de 14,5/15 KA y 36/40 KA. de límite dinámico que corresponde a una potencia inicial de cortocircuito en el punto de la instalación de 500 MVA. a



20 KV. de tensión eficaz nominal.

El interruptor-seccionador será capaz de cortar su intensidad nominal 400 A. en carga activa $\text{Cos} > 0,7$ y en carga de bucle $\text{cos} > 0,3$.

El poder de cierre del interruptor ha de ser a la tensión nominal, por lo menos, 2,5 veces mayor que la intensidad nominal de la corriente simétrica de ruptura. Para una potencia inicial de cortocircuito en el punto de la instalación de 500 MVA a 20 KV., la intensidad inicial de cortocircuito será:

$$I_{CC} = \frac{500}{\sqrt{3} \times 20} = 14,45 \text{ KA}$$

La corriente simétrica de ruptura de la red será:

$$I_R = \mu I_{CC}$$

con valores de:

$$\mu = 0,7/I$$

según los tiempos de desconexión:

$$I_R = 10,1/14,45 \text{ KA}$$

El poder de cierre será $2,5 I_R \text{ KA.}$, o sea $25,1/36 \text{ KA.}$

Los interruptores seccionadores estarán provistos de cuchillas de puesta a tierra en su parte inferior, enclavadas mecánicamente con las cuchillas principales, de tal manera que no se puedan cerrar sin que este abierto el interruptor.

4.2.1.4 CONEXIONADO EN MEDIA TENSION.

La conexión de los aparatos de maniobra, protección y medida se hacen con varilla de cobre, a fin de dar la



rigidez mecánica necesaria a las conexiones efectuadas; para evitar las deformaciones que pudieran presentarse en los casos de cortocircuitos, se harán por intermedio de piezas de ajuste de presión, dimensionadas de forma que no puedan presentarse calentamientos superiores a 30°C. sobre el ambiente.

Las conexiones de los conductores a los aparatos de protección y al transformador se harán también por intermedio de piezas a presión, situando previamente botellas unipolares o terminales para cable seco de tensiones nominales 15/25 KV. El conductor de conexión al transformador será cable unipolar de aluminio con aislamiento seco de etileno-propileno (EPR) o polietileno reticulado (PRC) denominación UNE DHV y RHV respectivamente, termoestable de la serie 15/25 KV y sección de 1*95 mm² AL.

4.2.1.5 TRANSFORMADOR.

Responderá a las Normas y características de la Norma UNFE 6.10 y 6.15.

El transformador en función de sus tensiones nominales será de clase A₂/B₂ que corresponde a transformadores de tensión primaria de 10/20 KV. y secundaria de 220/380 V.

La potencia nominal a utilizar será de 400 KVA.

Refrigeración: Por circulación natural de aceite, enfriado a su vez por las corrientes de aire que se producen por convección natural al rededor de la cuba.

Regulación de la tensión: Será de +2,5 ; +5

Grupo de conexión: Triangulo-estrella (Dy11)



La tensión nominal de cortocircuito será 4%.

Pintura: El transformador se someterá a un tratamiento de protección anticorrosión con un acabado de pintura cuyo color será azul-verdoso muy oscuro.

4.2.1.6 CONEXIONADO DE BAJA TENSION.

Los cables de conexión entre los bornes de baja tensión del transformador y el cuadro de distribución serán unipolares de Al., aislados con PRC ó EPR y de sección 240 mm² por fase y 240 mm² en el neutro.

La unión de los cables a los bornes del transformador y al cuadro de baja tensión, se efectuará mediante terminales bimetálicos AL-Cu.

4.2.1.7 CUADRO DE BAJA TENSION.

El tipo de cuadro a utilizar tendrá los siguientes elementos en su composición:

- Interruptor tetrapolar automático de 630 A.

4.2.2 PROTECCIONES.

4.2.2.1 PROTECCION DEL TRANSFORMADOR.

El transformador se protegerá contra cortocircuitos por medio de fusibles de alto poder de ruptura, que equipan al interruptor-seccionador fusible. Al fundirse cualquiera de ellos provocará el disparo automático del interruptor por medio de un multiplicador mecánico de esfuerzo, accionado por el percutor del cartucho fusible.

Los cartuchos fusibles responderán a la norma UNE 21-120-74, CEI 282-1 y DIN 43.625.



La corriente de cortocircuito vendrá limitada por los fusibles de alto poder de ruptura de acuerdo con la curva de limitación de corriente.

4.2.2.2 SELECTIVIDAD DE LAS PROTECCIONES.

Las protecciones del transformador en el lado de M.T y B.T., así como las protecciones de las salidas han de tener selectividad entre ellas por estar situadas en un mismo circuito.

4.2.3 DISPOSICION DEL ESQUEMA.

El montaje de las celdas de entrada, protección y medida se dispondrá en celdas prefabricadas

El montaje de la celda del transformador se dispondrá también en obra civil.

El montaje del cuadro de B.T. se dispondrá en zona separada de acuerdo con lo desarrollado anteriormente y ubicado conforme a la disposición del centro.

En la celda n°2 irá instalado un interruptor automático de corte visible de 24 KV. 400 A. equipado con tres relés de máxima intensidad, con regulación, y tres cartuchos fusibles de alto poder de ruptura, quedando pues protegido el transformador contra cortocircuitos. El calibre de los fusibles deberá ser de 25 A.

En la celda del transformador irá instalado el transformador de potencia de 400 KVA., tensión primario 20 KV. y en el secundario 220/380 V

4.2.3.1. CELDAS PREFABRICADAS.

Las celdas prefabricadas responderán a las Normas UNE



20099 y CEI 298, así como a la recomendación UNESA. Su conjunto, de acuerdo con la O.M. de 11 de marzo de 1.971, deberá ser ensayado en laboratorio que acredite que el conjunto de las celdas soporte sin fallos una tensión de 50 KV a frecuencia industrial durante un minuto y 125 KV a impulso tipo rayo con onda de choque de 1,2/50 s, polaridad positiva y negativa.

Características:

Sus características responderán a los valores siguientes:

Valor eficaz de tensión nominal: 20 KV.

Valor eficaz de la tensión más elevada de la red entre fases: 24 KV.

Intensidad nominal del embarrado: mínimo 500 A.

Límite térmico durante 1 seg. 14,5/15 K.A. y límite dinámico 36/40 KA., que corresponden a una potencia inicial de cortocircuito en el punto de la instalación de 500 MVA a 20 KV. de tensión eficaz nominal.

Envolvente.

La envoltura metálica estará constituida por una estructura de perfiles laminados en caliente y por chapa de acero pulida de 2 a 3 mm. de espesor, según las partes, para una mayor resistencia.

La chapa metálica tendrá un tratamiento previo de desengrase, decapado y pasivado, y una protección contra la oxidación por medio de una capa de pintura antioxidante y dos capas de pintura epoxi en polvo.

Las puertas dispondrán de unas mirillas cerradas por placas transparentes de cristal templado inantillable,



que permita la observación del estado de conexión del aparellaje interior, con una resistencia mecánica comparable a la de la envoltura. En caso, para evitar la formación de cargas electroestáticas peligrosas, se dispondrá un apantallamiento, como una malla metálica puesta a tierra, sobre la cara interior de la mirilla. Los paneles o tabiques separadores de las celdas contiguas serán metálicos.

Las celdas permitirán la posibilidad de comprobación de ausencia de tensión por introducción de pértigas a través de las protecciones mecánicas que impiden su acceso y opcionalmente podrán instarse detectores permanentes de presencia de tensión.

La seguridad del personal frente a los efectos de sobrepresiones, gases y humos producidos por un eventual cortocircuito, quedará asegurada por unos orificios de ventilación o escape, o una tapa de expansión en el techo que permite su evacuación en dirección a la parte posterior.

El embarrado soportará las solicitaciones de un cortocircuito, y facilitará la posible ampliación de los centros.

Las botellas y terminales irán montados en soportes que eviten la entrada de roedores en la celda. Estos soportes del fondo de la celda serán desmontables para facilitar la confección de las cajas terminales.

Enclavamientos

Las celdas dispondrán de enclavamientos entre los



diferentes elementos del aparellaje tanto por razones seguridad como para facilitar el servicio, evitando maniobras erróneas. Tendrán los siguientes enclavamientos:

- De puerta: Impide la apertura de la puerta con el interruptor seccionador cerrado, cuando no lleve puesta a tierra, o mientras no este conectado el seccionador tripolar de puesta a tierra.
- De maniobra o puerta abierta: Impide conectar los interruptores - seccionadores con la puerta abierta.
- De puesta a tierra: Impide cerrar el seccionador de puesta a tierra si el interruptor - seccionador no está abierto.

La celda del transformador será de fábrica y con dimensiones según plano (2,2 mts.) y estará cerrada con reja metálica con alambre de diámetro de 2 mm. y separación de 25 mm. entre alambres y una altura de 1,80 mts.

En la segunda celda irá instalado el equipo de medida y estará totalmente cerrada con puerta metálica y precintada por Unión Fenosa.

En la celda n° 1 irán instaladas las botellas terminales del cable, que serán de 24 KV, para cable de aluminio de 95 mm². de sección, y se anclarán en el herraje correspondiente. Se instalará igualmente un seccionador con cartuchos de corte visible de 24 KV y 400 A.

En la celda n°2 se instalará el equipo de medida, instalando tres transformadores de intensidad de relación



25-50/5 A. a 24 KV. y tres transformadores de tensión de relación 10/20-110 V., contador activa triple tarifa con maxímetro y contador de reactiva así como reloj conmutador.

Esta puerta irá precintada por Unión-Fenosa.

En la celda nº3 irá instalado un interruptor automático de corte visible de 24 KV. 400 A., equipado con tres relés de máxima intensidad, con regulación, y tres cartuchos fusibles de alto poder de ruptura, quedando pues protegido el transformador contra cortocircuitos. Al fundirse cualquiera de estos fusibles se provocará el disparo automático del interruptor, por medio de un multiplicador mecánico de esfuerzo, accionado por el percutor del cartucho fusible. Debe responder a la norma UNE 21-120-74 o DIN 43625, quedando pues limitada la corriente de cortocircuito por estos fusibles, debiendo ser el calibre de los mismos de 12,5 A.

El transformador queda igualmente protegido contra sobreintensidades por medio de los relés de máxima intensidad que provocarán el disparo del interruptor al sobrepasar la intensidad admisible que se fija de acuerdo con los cálculos que posteriormente se harán.

En la celda del transformador irá instalado el transformador de potencia de 400 KVA., tensión primaria 20.000/10.000 V., tensión secundaria 398/230 V clave H2/B2, refrigeración mediante circulación natural de aceite, regulación de temperatura 2,5 5% y tensión de c.c. 4% debiendo responder sus características a las



normas UNFE 6.10 y 6.15 y cumplirá la Recomendación UNESA 520 1.

4.3 RED DE TIERRAS.

El centro de transformación dispondrá de dos sistemas de puesta a tierra separadas:

- a) Puesta a tierra de las masa del centro (herrajes, cuba del transformados etc.)
- b) Puesta a tierra del neutro de los circuitos de baja tensión.

No se conectarán a tierra los elementos metálicos como: entrada de hombre, tapas, escaleras, etc., salvo en aquellos casos que estos pudieran ponerse en contacto con partes bajo tensión por causa de defectos o averías.

Las masas se enlazarán por medio de varilla de Cu de 7 mm. de diámetro con material concentrico y de presión.

El sistema estará constituido por cable desnudo de cobre de 35 mm² de sección y picas cilindricas de acero-cobre, según norma UEFE 4.4.85 60-1 y Recomendación UNESA 6501.

La puesta a tierra del neutro de los circuitos de baja tensión al ser la distribución B.T ., se efectuará a una distancia mínima de 20 m. de la tierra de las masas.

La puesta a tierra de las masas se hará en el mismo centro de transformación situando las picas cilindricas y a la profundidad necesaria para la obtención del valor señalado por la resistencia.

La puesta a tierra del neutro de los circuitos de baja tensión se hará en una arqueta de la zanja de cables de salidas de B.T., situada como mínimo a 20 m. del centro



de transformación, llevando una derivación del neutro de salida de B.T. del transformador tomada en el terminal de entrada al cuadro de B.T., con un conductor aislador tipo RV de 50 mm² de Cu, a la toma de tierra a efectuar en dicha arqueta.

Para obtener los valores de resistencia a tierra adecuada se dispondrá una pica en una perforación cilíndrica de barrena a la profundidad necesaria rellenando el hueco con las tierras y tratamiento adecuado.

4.4 INSTALACIONES AUXILIARES.

4.4.1 ALUMBRADO.

El circuito estará alimentado por el transformador del centro, a partir de cartucho fusible y de la barra del neutro previstos a este efecto sobre el cuadro de B.T. La canalización será con cable de 2x1,5 mm² de sección de cobre, para 1.000 V. El interruptor de mando noserá metálico y emplazado en las proximidades de la entrada de hombre. Se dispondrá de un mínimo de un punto de luz, de manera que ninguna sombra sea llevada sobre las celdas de maniobra y protección, y la sustitución de las lámparas pueda realizarse con facilidad, sin peligro para el operador.

4.4.2 ALIMENTACION DE OTROS SERVICIOS AUXILIARES.

Se dispondrá una salida además de las anteriores en el lado de baja tensión del transformador para otros servicios que puedan ser necesarios tales como bomba de achique.



4.4.3 MATERIAL DE SEGURIDAD.

4.4.3.1 CARTELES E INSTRUCCIONES.

El centro estará provisto de un cartel con instrucciones relativas a los primeros auxilios a que deben someterse los accidentados por contactos con las partes en tensión. En lugar visible se colocarán carteles con las instrucciones generales de servicio del centro y con el esquema unifilar. En el cierre de protección de celdas de obra civil se colocará una placa con indicación de "Hombre fulminado" según Norma UNFE 0.6-1.

4.4.3.2 MATERIAL DE AISLAMIENTO.

El centro dispondrá antes de ponerlo en funcionamiento del siguiente material adecuado a la tensión de servicio:

- Un taburete ó alfombra aislante.
- Una pértiga de maniobra.

4.5 CALCULOS JUSTIFICATIVOS C.T.

4.5.1 INTENSIDADES MAXIMAS EN REGIMEN NORMAL.

Teniendo en cuenta la potencia del transformador a instalar tendremos para media tensión y baja tensión respectivamente como intensidades máximas las determinadas por las ecuaciones que a continuación se relacionan:

$$I_1 = \frac{P \text{ (KVA)}}{3^{1/2} \times U_1 \text{ (KV)}}; \quad I_2 = \frac{P \text{ (KVA)}}{3^{1/2} \times U_2 \text{ (KV)}}$$

siendo:

P : Potencia aparente del transformador.



U_1 : Tensión en M.T

U_2 : Tensión en B.T

Por tanto en presente caso obtendremos:

$$I_1 = 11,56 \text{ A.} \quad I_2 = 608 \text{ A.}$$

4.5.2 CALCULO DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO.

Se realizará el cálculo en base a una potencia máxima de cortocircuito de 400 MVA y suponiendo éste tripolar.

4.5.2.1 INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO EN M.T.

Se supondrá para el cálculo que la potencia de cortocircuito de 400 MVA., se situa en C.T. sin hacer reducción alguna por caída de tensión de la red de M.T por lo que estaremos considerando un caso algo más desfavorable.

$$I_{CC} = \frac{400.000}{3^{1/2} \times 20} = 11,55 \text{ KA}$$

4.5.2.2 EFFECTOS DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN M.T.

A) Calentamiento.

El aumento de temperatura vendrá dado por la expresión

$$I_C = 13 \times S \times \left(\frac{\Delta\theta}{t} \right)^{1/2}$$

S: Sección en m^2 .

t: Tiempo de duración del c.c en segundos.

$$\Delta\theta = \frac{(I_C)^2 \times t}{13^2 \times S^2}$$

Se considera para $t = 0,1 \text{ seg.}$, que es lo que tardarían en fundirse fusibles



En este caso la sección será $S = 78,54 \text{ m/m}^2$., con varilla de cobre de diámetro 10 m/m.

$$\Delta\theta = 12,79 \text{ }^\circ\text{C}$$

B) Esfuerzo mec. por efecto electromagnético.

El esfuerzo máximo para el cortocircuito tripolar viene dado por:

$$F = 2,04 \times 10^{-8} \frac{(I_C)^2}{a} \times L \text{ Kg/cm.}$$

Siendo a = separación entre conductores (cm.)

$$F = 2,04 \times 10^{-8} \frac{11.547^2 \times 120}{35} \text{ Kg/cm.}$$

$$F = 9,3 \text{ Kg}$$

Considerando el conductor como una viga empotrada en sus dos extremos, y sometida a una carga uniformemente repartida de 9,3 Kg/cm., de longitud 120 cm., máximo.

El momento flector máximo viene expresado por:

$$M_{F\text{max}} = \frac{F \times L}{12} = \frac{9,3 \times 120}{12}$$

$$M_{F\text{max}} = 93 \text{ Kg. cm}$$

Por otra parte el módulo resistente de una varilla de 10 m/m de diametro es:

$$W_x = \frac{\pi \times d^3}{32} = \frac{3,14 \times 1}{32} = 0,1 \text{ cm}^3.$$

Para que sea válido: $W > \frac{M}{K}$

siendo K para el cobre: 1.000-1.200 Kg/cm²

$$0,1 > \frac{93}{1.000} = 0,093 \text{ cm}^3$$

po lo que es válida la varilla de 10 mm.



4.5.3 POTENCIA DE CORTOCIRCUITO EN B.T.

Partiremos de:

$$P_{CC} = n \times P_b \frac{100}{Z_r} \quad \text{y} \quad Z_r = Z_0 \frac{P_b}{P_x}$$

donde:

P_b : Potencia arbitraria tomada como base.

P_x : Potencia del transformador.

n : 1,3

Z_0 : Impedancia en % del transformador.

Por tanto, para el presente caso:

$$P_{CC} = 13.000 \text{ KVA.}$$

4.5.3.1 INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO EN B.T.

$$I_{CC} = \frac{P_{CC}}{\sqrt{3} E} = \frac{13.000}{\sqrt{3} \times 0,380} = 19.775 \text{ A.}$$

4.5.3.2 EFFECTOS DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN B.T.

A) Calentamiento.

El aumento de temperatura vendrá dado por la expresión:

$$I_C = 13 \times S \times \left(\frac{\Delta\theta}{t} \right)^{1/2}$$

S = Sección en m^2 .

t = Tiempo de duración del c.c en segundos.

$$\Delta\theta = \frac{(I_C)^2 \times t}{13^2 \times S^2}$$

Se considera para $t = 0,1$ seg., que es lo que tardarían en fundirse los fusibles.

En este caso la sección será $S = 500 \text{ m}^2$.



$$\Delta\theta = \frac{19.775^2 \times 0,1}{13^2 \times 500^2} = 9,25 \text{ }^\circ\text{C.}$$

B) ESFUERZO MEC. POR EFECTO ELECTROMAGNETICO.

El esfuerzo máximo para el cortocircuito tripolar viene dado por:

$$F = 2,04 \times 10^{-8} \frac{(I_C)^2}{a} \times L \text{ Kg/cm.}$$

Tratándose de barras rectangulares,

$$F = 2,04 \times 10^{-8} \times \frac{19.775^2}{15} \times 100 = 53 \text{ Kg}$$

$$F = 53 \text{ Kg}$$

Considerando la barra como una viga empotrada en sus dos extremos, y sometida a una carga de 53 Kg. y de 100 cm. de longitud máxima.

El momento flector máximo viene expresado por:

$$M_{Fmax} = \frac{F \times L}{12}$$

$$M_{Fmax} = 442 \text{ Kg.cm}$$

Por otra parte el módulo resistente (barra de 100 x 5 mm²):

$$W_x = 0,80 \text{ cm}^3$$

En consecuencia la tensión de trabajo de la varilla de cobre es:

$$T = \frac{M_{Fmax}}{W_x} = \frac{442}{0,80} = 553 \text{ Kg/cm}^2$$

Muy inferior a la carga de rotura del cobre.

5. MATERIALES.

Se describen a continuación con sus características los



materiales que se utilizarán en el centro de transformación.

5.1 TRANSFORMADOR.

Responderá a las características de la Recomendación UNESA 520.1

Sus características serán las del siguiente cuadro:

Potencia	400 KVA
Tensión primaria	20.000
Tensión secundaria	398/230 V
Clave	A2/B2
Servicio	Continuo.Interior.
Refrigeración	Circulación natural de aceite
Regulación de la tensión	$\pm 2,5$; $\pm 5\%$
Grupos de conexión	Dy 11
Tensión de c.c	4%

5.2 INTERRUPTOR-SECCIONADOR.

Responderán a las Normas CEI-265 y VDE-0670.

Sus características serán las del siguiente cuadro.

Tensión mas elevada de la red		24 KV
Tensión nominal de servicio		20 KV
NIVEL DE AISLAMIENTO	Tensión de ensayo a frecuencia industrial 50 Hz un minuto	50 KV
	Tensión de ensayo con onda de choque 1,2/50 μ s	125 KV



Intensidad nominal	400 A
Intensidad nominal de ruptura ($\cos \varnothing \geq 0,7$)	400 A
Poder de corte del interruptor seccionador fusible combinado (dado por los fusibles)	750-1.000 MVA
Poder de cierre	25,2/36 KA
Límite térmico	14,5/15 KA
Límite dinámico	36/40 KA

5.3 SECCIONADORES DE PUESTA A TIERRA.

Deberán cumplir las especificaciones de la Norma UNE 20.100 para una tensión más elevada de la red (valor eficaz) 24 KV. y una intensidad nominal de 400 A.

5.4 AISLADORES DE APOYO.

Deberán cumplir las especificaciones de las Normas UNE 21110 h₁ UNE 29110 h₂, CEI 168 273 y Recomendaciones UNESA 6611, 6612, 6613 y 6614 A.

5.5 EMBARRADOS MT.

Las barras principales serán de varilla de cobre de 10 mm². de diámetro y las barras de alimentación al transformador serán de varilla de cobre de diámetro 10 mm².

5.6 CABLES PARA ENLACES M.T- AL TRANSFORMADOR.

Los cables de conexión M.T al transformador serán unipolares de aluminio con aislamiento seco termoestable de la serie 15/25 KV. y sección 1 x 95 mm² Al.



5.7 BOTELLAS TERMINALES.

Los conos defectores responderán a las características del conductor.

5.8 CABLES PARA ENLACES B.T. DEL TRANSFORMADOR.

Los cables de conexión B.T. del transformador serán unipolares de aluminio aislado con PRC o EPR y de secciones de acuerdo con el punto 4.2.1.5.

5.9 CUADRO DE B.T.

El cuadro de baja tensión será del tipo de la Norma UEFE P-5.92.30-1 que cumple la recomendación UNESA 6302. Los materiales componentes del cuadro B.T. estarán de acuerdo con lo especificado en el punto 4.2.1.6.

5.10 RED DE TIERRAS.

Los materiales de la red de tierras estarán de acuerdo con lo especificado en el punto 4.3.

6. ESTUDIO PRELIMINAR DE LAS TOMAS DE TIERRA.

La alimentación al Centro de Transformación se efectúa por una línea subterránea con una tensión de 20 KV, procedente en origen de la subestación de Vete, con una intensidad de cálculo de 300 A. y una protección del tipo direccional que desconecta en un tiempo máximo de 120 seg., según datos facilitados por Unión Fenosa.

Terreno.

El terreno en los alrededores es relleno sobre el mar, por lo que el valor medio de la resistividad se adopta el de 300 Ω m.



Tensiones de paso y de contacto máximas.

Según la MIE-RAT 13 (Orden del 2 de Noviembre de 1.987), las tensiones de paso y de contacto vienen dadas por las fórmulas:

$$V_C = \frac{K}{t^n} \left(1 + \frac{1,5 \rho_S}{1.000} \right)$$

$$V_P = \frac{10K}{t_n} \left(1 + \frac{6 \rho_S}{1.000} \right)$$

En las cuales:

V_P : Tensión de paso en voltios.

V_C : Tensión de contacto en voltios.

ρ_S : Resistividad de la capa superficial en Ohmios.metro.

K : Constante que vale 72 en el presente caso.

n : Constante que vale 1 por ser $t < 0,9$ segundos.

t : Tiempo en segundos de duración de la falta.

En consecuencia tenemos:

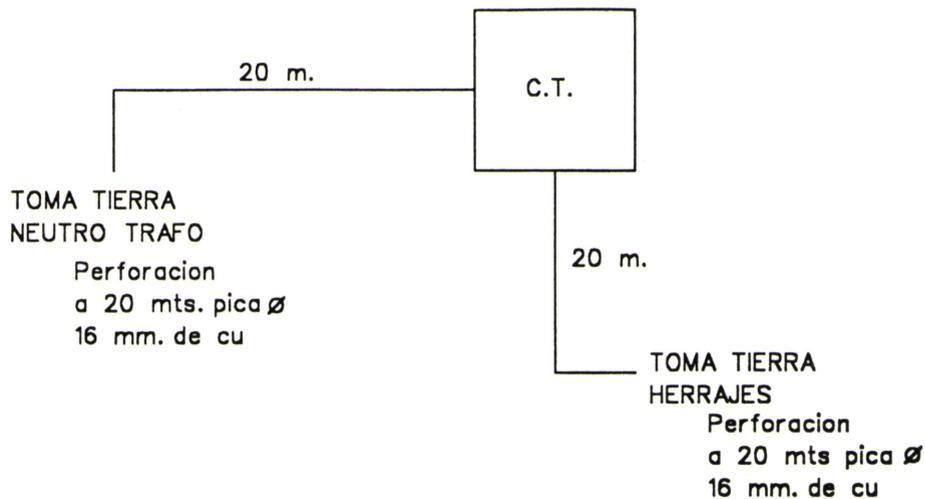
$$V_C = \frac{72}{0,12} \left(1 + \frac{1,5 \cdot 300}{1.000} \right) = 870 \text{ V.}$$

$$V_P = \frac{10 \times 72}{0,12} \left(1 + \frac{6 \cdot 300}{1.000} \right) = 16.800 \text{ V}$$

Diseño preliminar de la instalación de tierras.

El esquema de las tomas de tierra será:





Cálculo de las tensiones de paso y contacto.

- Tierra de herrajes y neutro.

$$R_H = R_p + R_h$$

$$R_H = 0,366 \frac{\rho_s}{L_1} \text{Log} \frac{3 L_1}{d} + 0,366 \frac{\rho_s}{L_2} \text{Log} \frac{3 (L_2)^2}{16 d h}$$

En la cual:

R_H : Resistencia de puesta a tierra de herrajes en Ohmios.

ρ_s : Resistencia superficial del terreno en Ohmios.metro

L_1 : Longitud de la pica en metros.

L_2 : Longitud del conductor en metros.

d : Diámetro de la pica en metros.

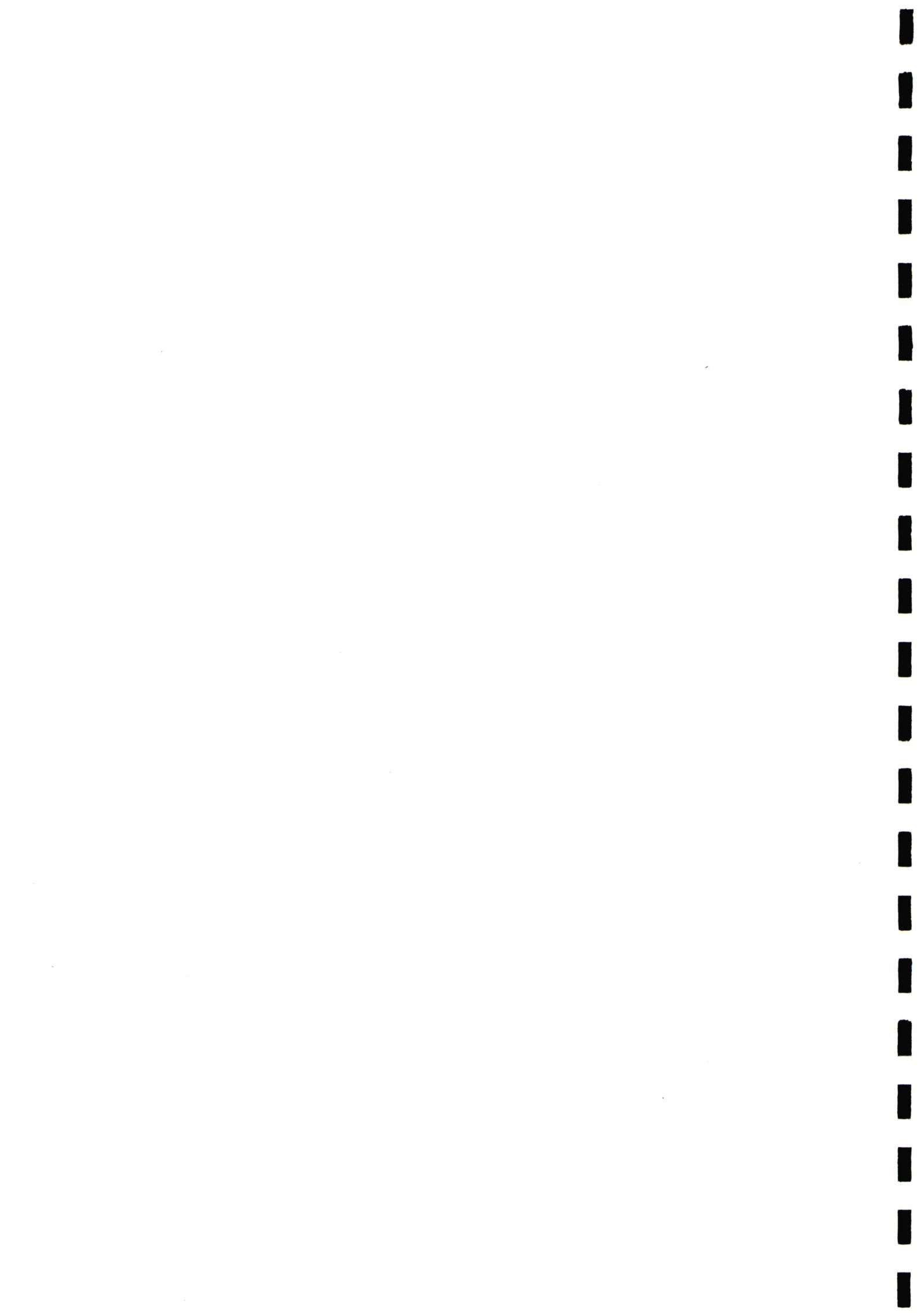
h : Profundidad de enterramiento en metros.

$$R_H = 0,366 \frac{300}{20} \text{Log} \frac{3 \times 20}{0,016} + 0,366 \frac{300}{20} \text{Log} \frac{3 \times 20^2}{16 \times 0,016 \times 10}$$

$$R_H = 19,62 \text{ Ohmios} + 14,66 \text{ Ohmios} = 34,28 \text{ Ohmios}$$

Tensión de Paso y Contacto.

Gradiente del hilo:



5.7 BOTELLAS TERMINALES.

Los conos defectores responderán a las características del conductor.

5.8 CABLES PARA ENLACES B.T. DEL TRANSFORMADOR.

Los cables de conexión B.T. del transformador serán unipolares de aluminio aislado con PRC o EPR y de secciones de acuerdo con el punto 4.2.1.5.

5.9 CUADRO DE B.T.

El cuadro de baja tensión será del tipo de la Norma UEFE P-5.92.30-1 que cumple la recomendación UNESA 6302. Los materiales componentes del cuadro B.T. estarán de acuerdo con lo especificado en el punto 4.2.1.6.

5.10 RED DE TIERRAS.

Los materiales de la red de tierras estarán de acuerdo con lo especificado en el punto 4.3.

6. ESTUDIO PRELIMINAR DE LAS TOMAS DE TIERRA.

La alimentación al Centro de Transformación se efectúa por una línea subterránea con una tensión de 20 KV, procedente en origen de la subestación de Pontevedra, con una intensidad de cálculo de 300 A. y una protección del tipo direccional que desconecta en un tiempo máximo de 120 seg., según datos facilitados por Unión Fenosa.

Terreno.

El terreno en los alrededores es relleno sobre el mar, por lo que el valor medio de la resistividad se adopta el de 300 Ω m.



propiedad.

6.1 CALCULOS ELECTRICOS.

Características del cable subterráneo.

Sección 95 m/m²

Resistencia 0,3 Ω/Km

Intensidad máxima 260 A. en régimen permanente.

Caida de tensión 0,694 VA/Km. para Cos φ = 0,8

Cálculo de la intensidad a transportar.

$$I = \frac{400}{1,73 \times 20} = 11,56 \text{ A.}$$

Como la intensidad máxima que puede transportar el conductor seleccionado es superior al valor de cálculo, el conductor es suficiente en este aspecto.

Cálculo de la caída de tensión.

V = Dist. en Km x Caída tensión conductor x Int. Transp.

$$V = 0,18 \times 0,694 \times 11,56 = 1,44 \text{ V}$$

$$\text{En tanto por ciento: } \frac{V}{20.000} \times 100 = 0,007 \%$$

Valor admisible, luego el conductor es válido.

7. CONTROL, PRUEBAS DE SERVICIO Y MANTENIMIENTO.

7.1 CONTROL.

7.1.1 EQUIPO TRANSFORMADOR.

<u>Controles a realizar</u>	<u>Controles</u>	<u>Condición de no aceptación</u>
-----------------------------	------------------	-----------------------------------



Disposición de las celdas	Uno.	No se encuentran bien alineadas. El pasillo en el interior del centro es de dimensiones inferiores a las especificadas en Diseño
Anclaje de las celdas	Uno en cada celda	Anclajes defectuosos
Colocación del Transformador	Uno	El transformador no se ha colocado sobre los carriles guías.
Características y conexión de las líneas puente en alta y baja tensión	En cada equipo	Características de los conductores distintas de las especificadas o conexiones deficientes.
Acoplamiento o interconexión entre celdas.	Uno en cada celda	Acoplamiento o interconexión defectuoso
Conexiones del cuadro de distribución en baja tensión	Uno en cada cuadro de distribución	Conexiones defectuosas con las líneas de distribución en baja tensión.

7.1.2 LINEA DE PUESTA A TIERRA DE LAS MASAS METALICAS.

Características del conductor desnudo	Uno.	Sección distinta de la especificada
Conexión con el conductor de puesta a tierra y con el punto de puesta a tierra	Uno	Conexión deficiente, por el sistema utilizado o falta de ajuste

7.1.3 LINEA DE PUESTA A TIERRA NEUTRO.

Características del conductor de neutro	Uno	Sección distinta de la especificada
Conexión con el embarrado de neutro del cuadro de distribución en baja tensión	Uno	Conexión deficiente por el sistema utilizado o por falta de ajuste
Separación entre la puesta a tierra del neutro y la puesta a tierra de las masas	Uno.	Separación inferior a la especificada



7.1.4 ACONDICIONAMIENTO DEL LOCAL DEL C.T.

Dimensiones interiores del local	Uno	Dimensiones inferiores a las especificadas, cuando la diferencia sea igual o superior al 3%
Recibido del cerco de puertas	Uno	Faltan patillas de anclaje o la fijación es deficiente.
Superficie de las rejillas de ventilación	Uno	Inferior a la especificada, cuando la diferencia sea igual o superior al 5%.
Verificación de las instalaciones de alumbrado interruptores y arquetas	Inspección general.	Falta alguna de estas especificaciones o no se han realizado según NTE correspondiente
Dimensiones foso.	Uno.	Inferiores a las especificadas con variaciones superiores al 2%
Perfiles IPN.	Uno.	Características de los perfiles o disposición en el foso distintos a los especificados.
Tela metálica	Uno.	Dimensiones o disposición distintos de los especificados.
Dimensiones del depósito de grasas	Uno.	Distintas de las especificadas con variaciones superiores al 10%.
Enrase de la tapa con el suelo.	Uno.	Diferencias superiores a 0,5 cm.

7.2 PRUEBA DE SERVICIO.

7.2.1 COMPROBACION DE LAS PROTECCIONES DE SOBREENFRIAMIENTO.

Actuando manualmente sobre la bobina de disparo, ésta debe mandar orden de disparo al interruptor seccionador	Uno por cada celda de protección.	No actúa el interruptor seccionador.
---	-----------------------------------	--------------------------------------



7.2.2 CIERRE DE LOS INTERRUPTORES.

Una vez abiertos los interruptores por efecto de la sobreintensidad cesada ésta, los resortes deben cargar automáticamente, y se procede manualmente a cerrarlos.	Uno por cada celda de línea	No cierran los interruptores o no cargan los resortes.
---	-----------------------------	--

7.2.3 COMPROBACION DE TODOS LOS ENCLAVAMIENTOS DE CELDAS.

Conocido el sistema de enclavamiento, se efectuarán maniobras en contra del enclavamiento	Uno por cada celda de línea.	No cierran los interruptores o no cargan los resortes.
---	------------------------------	--

7.2.4 COMPROBACION DE PROTECCION DE TEMPERATURA ACEITE DEL TRAFIO

Se comprobará al accionar manualmente los contactos del relé de temperatura, que éste envía orden de disparo al interruptor de la celda de protección del transformador.	Uno	No envía disparo de desconexión
--	-----	---------------------------------

7.2.5 COMPROBACION DE LAS LINEAS DE SALIDA DEL CUADRO DE B.T.

Manteniendo cerrado el elemento seccionador del cuadro se medirán las tensiones en las líneas de baja	Uno por cada salida	No hay tensión o no es la especificada.
---	---------------------	---

7.2.6 COMPROBACION DE LOS CALIBRES DE LOS FUSIBLES.

Se comprobarán los calibres de los fusibles protectores de las líneas de baja tensión, así como la concordancia entre fusibles y bases portafusibles.	Uno por cada celda de protección y por cada salida del cuadro de B.T.	No son las especificadas.
---	---	---------------------------



7.2.7 COMPROBACION DE LA LINEA DE LLEGADA EN ALTA TENSION.

Mediante aparatos adecuados se comprobará la existencia de tensión en le línea, así como la concordancia de fases entre la línea de salida.	Uno	No hay tensión en le línea.
---	-----	-----------------------------

7.2.8 COMPROBACION DE LAS LINEAS DE PUESTA TIERRA.

Mediante un terrómetro se medirá la resistencia a tierra en el inicio de las líneas	Uno por cada línea de puesta a tierra del centro	Resistencia a tierra superior a la especificada.
---	--	--

7.3 CRITERIOS DE MANTENIMIENTO.

La propiedad recibirá, a la entrega de la instalación, planos definitivos del montaje, con indicación de los datos referentes a los valores de resistencia a tierra, obtenidos en las mediciones efectuadas, así como los correspondientes a potencias máximas de utilización y márgenes de ampliación, si hubiesen sido tenido en cuenta en el Proyecto.

En esta documentación entregada a la propiedad figurará la razón social de la empresa instaladora y su domicilio social.

No se podrá modificar la instalación sin la intervención de un Técnico competente, y siempre previa aprobación del proyecto presentado a la Delegación Provincial correspondiente del Ministerio de Industria y Energía.

7.3.1 EQUIPO TRANSFORMADOR.

Cada seis meses, y en cada visita al centro de



transformación se revisarán: Nivel del líquido refrigerante del transformador, funcionamiento del termómetro del mismo y comprobación de la lectura máxima, en los meses de Diciembre-Enero y Julio-Agosto.

Una vez al año se revisarán:

Interruptores, contactos y funcionamiento de los sistemas auxiliares, protección contra la oxidación de envolventes, pantallas, bornes terminales y piezas de conexión.

Una vez cada cinco años se comprobarán el aislamiento de pantallas, envolventes, etc.

Siempre que el centro de transformación halla sido puesto fuera de servicio, antes de su nueva puesta en funcionamiento, se revisará:

Funcionamiento del dispositivo de disparo automático o señalización por elevación de la temperatura del transformador, fusibles de alta tensión, interruptores, asociados o no a fusibles de alta tensión, y seccionadores.

7.3.2 LINEA DE PUESTA A TIERRA DE MASAS METALICAS.

Una vez al año, y en la época más seca, se revisará la continuidad del circuito y se procederá a la medición de puesta a tierra.

Una vez cada cinco años se descubrirán para su examen los conductores de enlace en todo su recorrido, así como los electrodos de puesta a tierra.

Una vez cada cinco años se medirán las tensiones de paso y de contacto.



Se repararán los defectos encontrados.

7.3.3 ACONDICIONAMIENTO DEL LOCAL DE CENTRO DE TRANSFORMACION.

Una vez al año y en cada visita al centro se revisarán: Estado de conservación y limpieza de rejillas de ventilación, señalización de seguridad y carteles de auxilios, así como del material de seguridad. Se repararán los defectos encontrados.

Una vez al año y cada vez que sea necesario el cambio o reposición del liquido refrigerante, se procederá a la limpieza del foso y se comprobará la evacuación de liquidos al depósito de grasas.

Una vez cada seis meses, y cada vez que sea necesario el cambio o reposición del liquido refrigerante, se procederá a la limpieza del depósito de recogida de grasas.

CONSIDERACIONES FINALES.

Como conclusión al Presente Proyecto expondremos las siguientes consideraciones:

- A) Para la realización del Proyecto se han tenido en cuenta todas las prescripciones reglamentarias que le afectan, tanto en su redacción como en el estudio que contiene.
- B) Contiene el Proyecto un documento N° 1 Memoria, un documento N° 2 Planos, y un documento N° 3 Presupuesto; incluyendo cada uno de ellos los apartados necesarios en cuanto descripción, cálculos y precios de los distintos elementos de la instalación.



C) Las tomas de tierra se realizarán con electrodos y secciones de conductores reglamentarios.

Por cuanto antecede ruego el técnico que suscribe se autorice al peticionario de este Proyecto la realización de la obra conforme al mismo, previo dictamen favorable al mismo por la Consellería de Industria y Energía, una vez cumplidos los requisitos y trámites legales a tal fin.

Pontevedra, Diciembre de 1.993



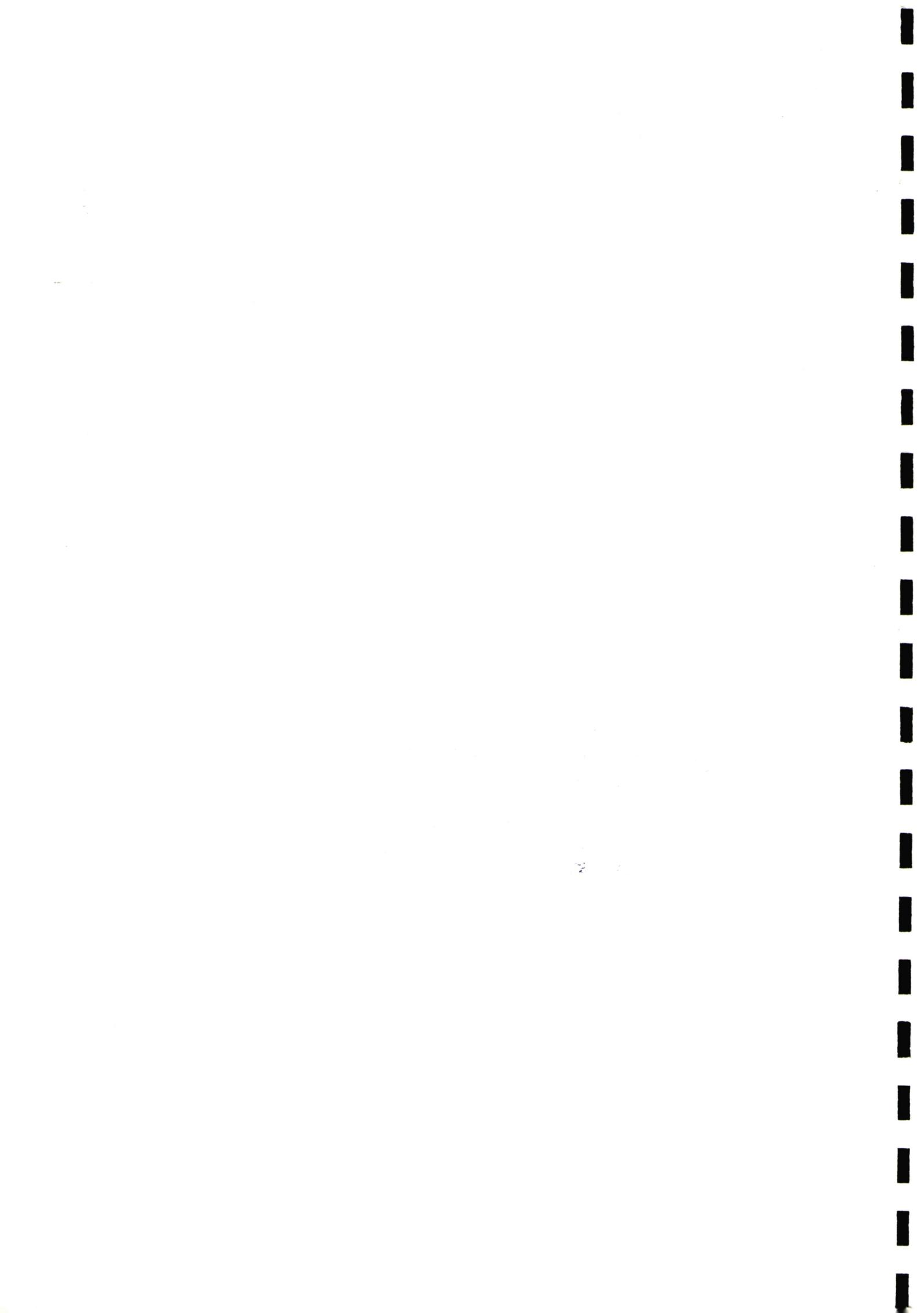
Fdo/ MANUEL VIDAL LOPEZ
Ingeniero Industrial



PLANOS



PRESUPUESTO



P R E S U P U E S T O .

ELEMENTO DE TRANSFORMACION	1.700.000
PROTECCION TRAFIO B.T	950.000
LINEA M.T	1.050.000

TOTAL	3.700.000

Asciende el presente Presupuesto a la cantidad de pesetas
"TRES MILLONES SETECIENTAS MIL"

Pontevedra, Diciembre de 1.993

 ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE GALICIA - PONTEVEDRA	
N.º REGISTRO <u>279/91</u>	V I S A D O EL DELEGADO.
N.º Coleg. <u>424</u>	
FECHA <u>03 DIC 1993</u>	

Fdo/ MANUEL VIDAL LOPEZ
Ingeniero Industrial

