

**Escuela Superior de  
Ingenieros de Sevilla**

**PROYECTO FIN DE CARRERA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
ELÉCTRICA**

**PROYECTO INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA  
PLANTA DE COMPOSTAJE DE 6000 Tm/año DE  
CAPACIDAD**

**AUTOR: ANTONIO LUIS GALLEGOS VILLEGAS**

# **1.- MEMORIA DESCRIPTIVA**

# INDICE

<b>1 MEMORIA DESCRIPTIVA</b> .....	<b>-1-</b>
1.1 OBJETO DEL PROYECTO .....	-1-
1.2 ALCANCE .....	-1-
1.3 ANTECEDENTES .....	-1-
1.4 UBICACIÓN .....	-1-
1.5 NORMATIVA APLICADA .....	-3-
1.6 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES .....	-4-
<b>1.6.1 Ciclo de compostaje de los fangos</b> .....	<b>-4-</b>
<b>1.6.1.1 Recepción y almacenamiento de las materias primas</b> .....	<b>-4-</b>
<b>1.6.1.2 Recepción y almacenamiento de fangos deshidratados</b> .....	<b>-4-</b>
<b>1.6.1.3 Recepción y almacenamiento del material de apoyo</b> .....	<b>-6-</b>
<b>1.6.1.4 Ciclo de compostaje de fangos de depuración</b> .....	<b>-6-</b>
<b>1.6.1.5 Dosificación y mezcla de materias primas</b> .....	<b>-6-</b>
<b>1.6.1.6 Instalaciones de compostaje primario</b> .....	<b>-7-</b>
<b>1.6.1.7 Descarga de túneles, separación del agente esponjado y formación de las pilas de maduración</b> .....	<b>-8-</b>
<b>1.6.1.8 Almacenamiento del compuesto de fangos</b> .....	<b>-8-</b>
<b>1.6.2 Ciclo de compostaje de la fracción orgánica (FORM)</b> .....	<b>-9-</b>
<b>1.6.2.1 Dosificación y mezcla de materias primas</b> .....	<b>-9-</b>
<b>1.6.2.2 Instalaciones de compostaje primario</b> .....	<b>-12-</b>
<b>1.6.2.3 Descarga de los túneles y formación de las pilas de maduración</b> .....	<b>-12-</b>
<b>1.6.2.4 Separación del agente esponjado y afinamiento del compuesto de la FORM</b> .....	<b>-12-</b>
<b>1.6.2.5 Almacenamiento del compuesto de la FORM</b> .....	<b>-14-</b>
<b>1.6.2.6 Instalaciones de tratamiento el aire</b> .....	<b>-15-</b>
1.7 EDIFICACIONES DE EXPLOTACIÓN Y SERVICIOS .....	-15-
<b>1.7.1 Naves industriales</b> .....	<b>-15-</b>
<b>1.7.2 Edificio de control y servicios generales</b> .....	<b>-15-</b>
1.8 PREVISIÓN DE LA DEMANDA .....	-15-

<b>1.8.1 Determinación de la potencia del centro de transformación</b> .....	<b>-16-</b>
1.9 LINEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN .....	-23-
<b>1.9.1 Introducción</b> .....	<b>-23-</b>
<b>1.9.2 Naturaleza y características del suministro</b> .....	<b>-25-</b>
<b>1.9.3 Características generales línea de media tensión</b> .....	<b>-25-</b>
<b>1.9.4 Características cables</b> .....	<b>-25-</b>
<b>1.9.5 Empalmes y conexiones</b> .....	<b>-26-</b>
<b>1.9.6 Protecciones</b> .....	<b>-27-</b>
<b>1.9.7 Apoyos</b> .....	<b>-29-</b>
<b>1.9.8 Herrajes</b> .....	<b>-30-</b>
<b>1.9.9 Armados</b> .....	<b>-32-</b>
<b>1.9.10 Aisladores</b> .....	<b>-32-</b>
<b>1.9.11 Puesta a tierra de los apoyos</b> .....	<b>-34-</b>
1.10 LA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE M.T .....	-36-
<b>1.10.1 Cables</b> .....	<b>-36-</b>
<b>1.10.2 Conexión tramo aéreo-subterráneo</b> .....	<b>-38-</b>
<b>1.10.3 Canalización</b> .....	<b>-38-</b>
<b>1.10.4 Montaje</b> .....	<b>-39-</b>
1.11 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	-39-
<b>1.11.1 Características generales</b> .....	<b>-39-</b>
<b>1.11.2 Características constructivas</b> .....	<b>-39-</b>
<b>1.11.3 Celdas de media tensión</b> .....	<b>-46-</b>
<b>1.11.3.1 Descripción detallada</b> .....	<b>-49-</b>
<b>1.11.4 Transformador</b> .....	<b>-60-</b>
<b>1.11.4.1 Protección transformador</b> .....	<b>-62-</b>
<b>1.11.5 Puente de unión celdas AT- transformador</b> .....	<b>-63-</b>
<b>1.11.6 Puesta a tierra</b> .....	<b>-63-</b>
<b>1.11.6.1 Tierra general</b> .....	<b>-64-</b>
<b>1.11.6.2 Puesta a tierra del neutro</b> .....	<b>-64-</b>

<b>1.11.7 Instalaciones secundarias</b> .....	<b>-64-</b>
<b>1.11.7.1 Alumbrado</b> .....	<b>-64-</b>
<b>1.11.7.2 Medida de la energía eléctrica</b> .....	<b>-65-</b>
<b>1.11.7.3 Señalización</b> .....	<b>-65-</b>
<b>1.11.7.4 Material de seguridad</b> .....	<b>-66-</b>
<b>1.12 INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN</b> .....	<b>-66-</b>
<b>1.12.1 Puente de unión transformador-cuadro baja tensión</b> .....	<b>-66-</b>
<b>1.12.2 Cuadro general de baja tensión</b> .....	<b>-67-</b>
<b>1.12.3 Estructura de la red de distribución BT</b> .....	<b>-69-</b>
1.12.3.1 Características red de distribución BT .....	-72-
<b>1.12.3.2 Protecciones</b> .....	<b>-74-</b>
<b>1.12.4 Esquema de distribución</b> .....	<b>-75-</b>
<b>1.12.5 Estructura líneas de alimentación a receptores</b> .....	<b>-76-</b>
<b>1.12.6 Protección motores</b> .....	<b>-84-</b>
<b>1.12.7 Arranque motores</b> .....	<b>-88-</b>
<b>1.12.8 Instalación puesta a tierra del edificio</b> .....	<b>-89-</b>
<b>2 MEMORIA JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>-91-</b>
2.1 UBICACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	-91-
2.2 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	-91-
<b>2.2.1 Número de transformadores</b> .....	<b>-93-</b>
2.4 PROTECCIÓN DE RECEPTORES .....	-97-
<b>2.4.1 Combinación dispositivos de protección</b> .....	<b>-101-</b>
<b>2.4.2 Esquemas adoptados</b> .....	<b>-103-</b>
2.5 ARRANQUE MOTORES .....	-110-

## **1 MEMORIA DESCRIPTIVA**

### **1.1 OBJETO DEL PROYECTO**

El presente proyecto tiene por objeto el estudio de las condiciones técnicas que debe reunir, de acuerdo con la legislación vigente, las instalaciones eléctricas que comprenden “La Planta de Compostaje con Capacidad de 6000 Tm/año”

Las necesidades a cubrir por el suministro eléctrico son las necesarias para el tratamiento, producción final del compost, así como las necesidades propias de todos los servicios auxiliares de la planta.

### **1.2 ALCANCE**

Se trata por tanto del estudio, cálculo y descripción de las instalaciones eléctricas necesarias para el correcto funcionamiento de la planta

Los objetivos que deben cumplirse son:

- Diseño de la Red de Distribución de Media Tensión, dimensionamiento, trazado y ejecución. Se tiene en cuenta todos los reglamentos y normas que son de aplicación.
- Diseño del Centro de Transformación, estudio en cuanto a situación, tipo de centro, dimensionamiento y ejecución.
- Diseño de la Red de Baja Tensión, estudio en cuanto a distribución de potencias, protección de las líneas, haciendo especial hincapié en la protección de los receptores, dimensionamiento y ejecución

### **1.3 ANTECEDENTES**

El programa de tratamiento de los fangos de las depuradoras de aguas residuales urbanas elaborado por la Junta de Andalucía prevé la construcción de unas instalaciones de compostaje para el tratamiento de los fangos residuales generados en las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) en el municipio de Sevilla, además dicho programa prevé en las mismas instalaciones, el compostaje de un 50% de la fracción orgánica procedente de la recogida selectiva de los Residuos Municipales Ordinarios (en adelante FORM) generados en dicho municipio.

Se dispondrá de una única planta de tratamiento de residuos con el objetivo de racionalizar y optimizar al máximo su gestión.

### **1.4 UBICACIÓN**

Las instalaciones de este proyecto se sitúan en una parcela anexa a la dejada por la nueva EDAR de Sevilla. Los terrenos disponibles quedan situadas dentro del término municipal de Sevilla, en el polígono industrial de su Eminencia.

En la figura 1.1 y figura 1.2 aparece la situación de la Planta de Compostaje. Con más detalle en los PLANOS N° 1 EMPLAZAMIENTO Y N° 2 UBICACIÓN.

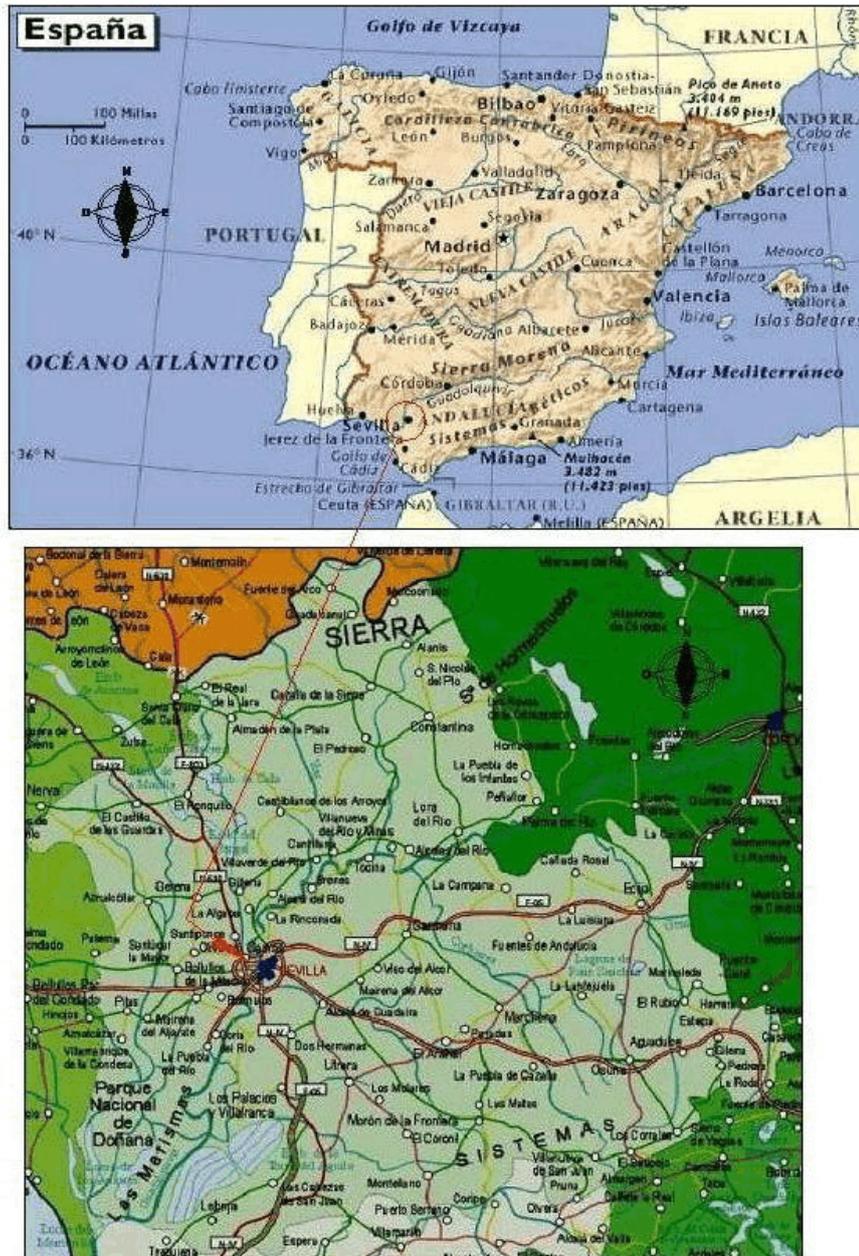
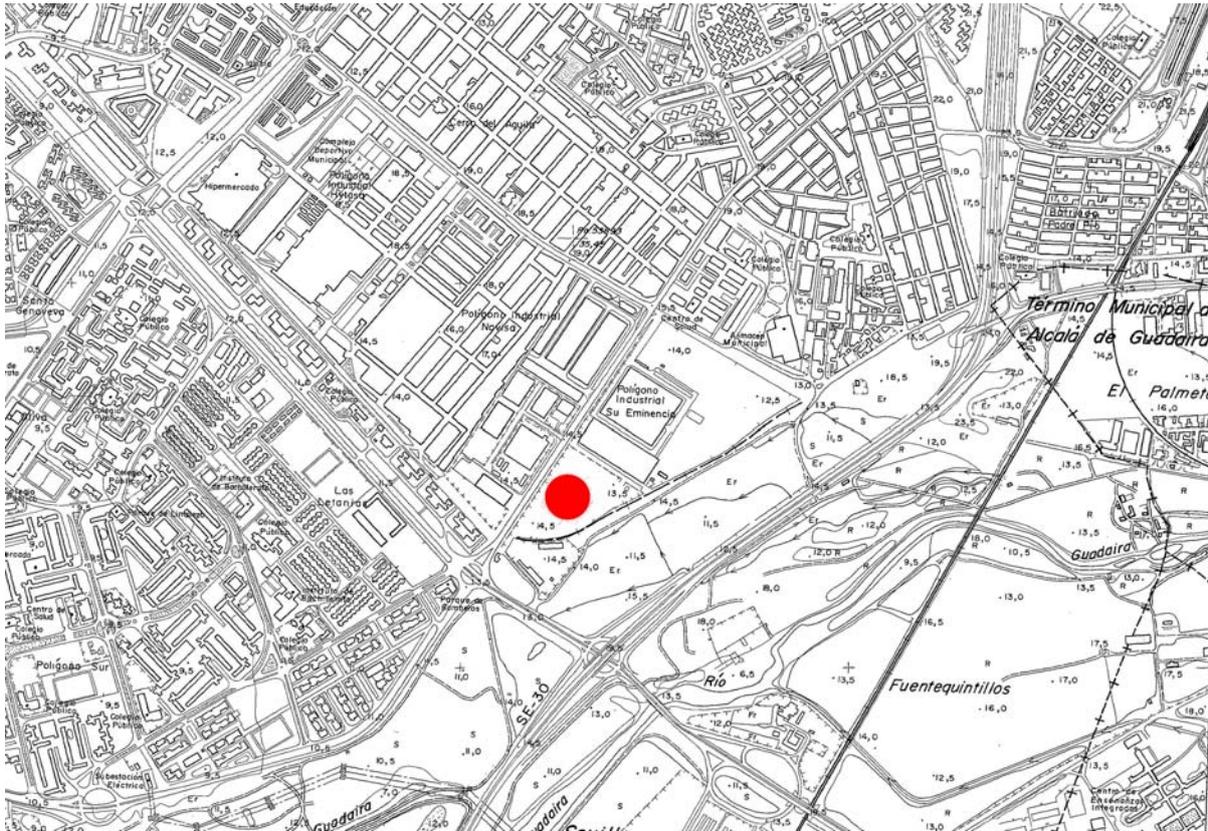


Figura 1.1 Situación general



**Figura 1.2** Situación en Planta Compostaje en polígono industrial su Eminencia

La superficie total estimada de la parcela es de  $16000 \text{ m}^2$ . De la superficie total de la parcela, se ocupa aproximadamente  $13228 \text{ m}^2$  de los cuales  $10500 \text{ m}^2$  corresponden a la superficie edificada.

### 1.5 NORMATIVA APLICADA

En la realización de este proyecto se han tenido presente todas y cada una de las especificaciones contenidas en:

- Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión (RLAT)
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación (R.D. 3275/1982 de 12 de Noviembre) y las Instrucciones Técnicas Complementarias (orden 6 de Julio de 1984), así como las modificaciones de los MIE.RAT 13 y MIE.RAT 14 (orden 27 de Noviembre de 1987).
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (REBT).

- Normas UNE y recomendaciones UNESA, que sean de aplicación
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas
- Normas Técnicas sobre Instalaciones Eléctricas de Distribución de Compañía ENDESA.
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de Diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

## **1.6 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES**

### **1.6.1 Ciclo de compostaje de los fangos**

#### **1.6.1.1 Recepción y almacenamiento de las materias primas**

Se consideran materias primas del proceso de compostaje, los fangos deshidratados procedentes de las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales, la fracción orgánica de residuos municipales (FORM) procedente de una recogida selectiva y la fracción vegetal procedente de la podadura como agente esponjante. En el PLANO N° 3 FUNCIONAMIENTO PLANTA se representan las diferentes zonas en las cuales se divide el proceso de formación del compost, así como las maquinarias necesarias, identificadas por una letra y un número, de aquí en adelante se hace referencias a través del número de identificación de cada máquina.

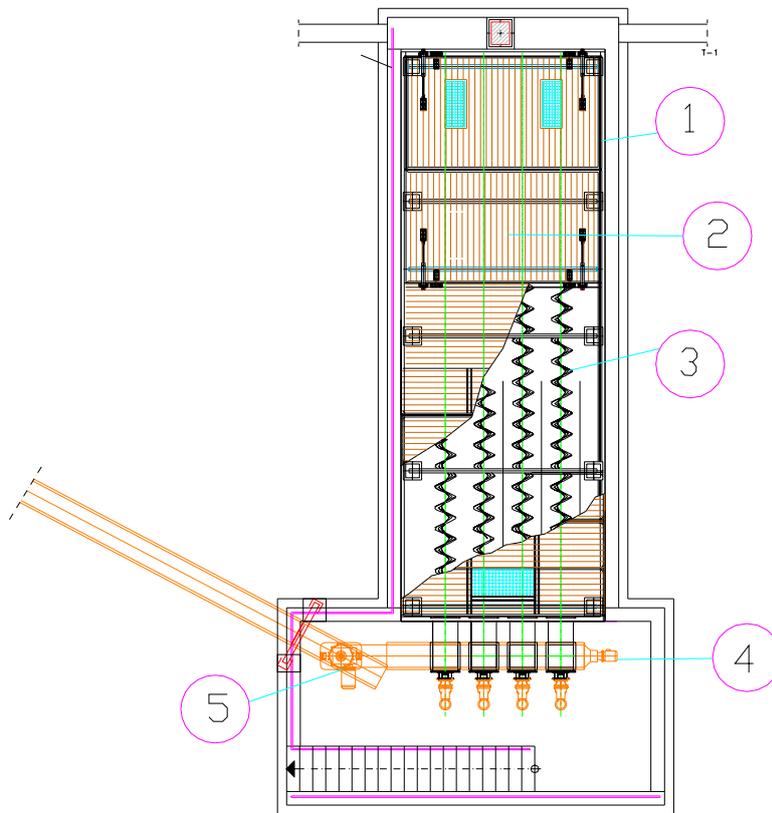
#### **1.6.1.2 Recepción y almacenamiento de fangos deshidratados**

Los fangos deshidratados a tratar en las instalaciones de compostaje diseñadas, se almacenan en una tolva metálica (N1-01) de fondo plano, tal y como se muestra en las figuras 1.3 1.4 y, ubicada en el interior de un foso de cemento armado, situado dentro de la nave de pretratamiento y compostaje primario.

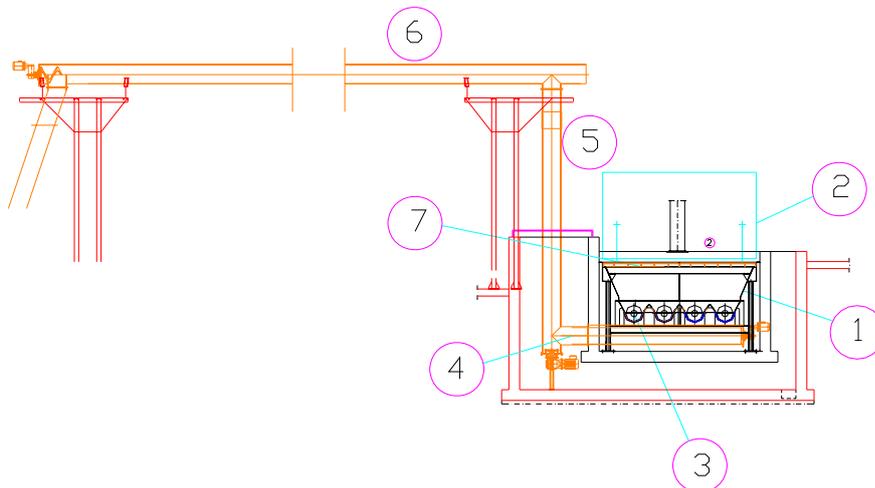
Dispone de una tapa metálica de cierre superior con junta de estanqueidad (2) y accionamiento hidráulico, y está convenientemente ventilada (con recogida y transporte del aire viciado hacia el biofiltro).

Para asegurar en todo momento su correcto y total vaciado, dispone de un sistema de extracción de fondo mediante cuatro tornillos sin fin de eje vacío (3) con una potencia unitaria 3 KW (N1-02), que equipados con variadores electrónicos de velocidad pueden adecuar su capacidad de transporte a las diferentes necesidades de proceso.

El área de recepción de fangos queda abierta a la altura de la nave de pretratamiento y compostaje primario y tiene acceso desde el exterior a través de una puerta para el paso camiones, dotada con mecanismo motorizado de cierre rápido, que permanece normalmente cerrada, tal y como aparece en el PLANO N° 3 FUNCIONAMIENTO PLANTA.



**Figura 1.3** Planta recepción y almacenamiento de fangos



**Figura 1.4** Alzado recepción y almacenamiento de fangos

### **1.6.1.3 Recepción y almacenamiento del material de apoyo**

La fracción vegetal, restos de podadura en primera instancia, se reciben y apilan en una zona de almacenamiento sin cubierta dispuesto a tal fin, a continuación de la nave de almacenamiento del compuesto acabado.

### **1.6.1.4 Ciclo de compostaje de fangos de depuración**

Con el objetivo de optimizar y compatibilizar las operaciones de planta con un mínimo personal adscrito a la realización de las mismas, las operaciones de carga y descarga de los túneles de compostaje se realizarán cada dos o tres días aproximadamente. Para prevenir la formación de focos de generación de olores, la operación de dosificación y mezcla de materias primas se realiza simultáneamente a las de llenado de los túneles, evitándose de esta forma la acumulación en el aire libre de materias fácilmente descomponibles.

### **1.6.1.5 Dosificación y mezcla de materias primas**

La mezcla de fangos deshidratados y fracción vegetal triturada se realiza en una unidad de mezcla forzada, mezcladora (M1-02).

Los fangos deshidratados expulsados por la acción de sistema de extracción del fondo de la tolva de almacenamiento (1) son recogidos y evacuados mediante un conjunto de tornillos sin fin de eje vacío (3). Véase 1.3 figura.

El tornillo inyector (4), figura 1.4, en disposición horizontal, recoge a descarga del sistema de extracción de fondo y alimenta un segundo tornillo elevador (5), figura 1.3, que en disposición vertical se encarga de elevar los fangos desde el fondo de la tolva de almacenamiento hasta la cota de entrada de la unidad de mezcla forzada. Finalmente, un tercer tornillo transportador (6), figura 1.4, en disposición horizontal, se encarga de conducir los fangos deshidratados hasta la cinta transportadora (M1-01) de alimentación a la unidad de mezcla forzada (M1-02).

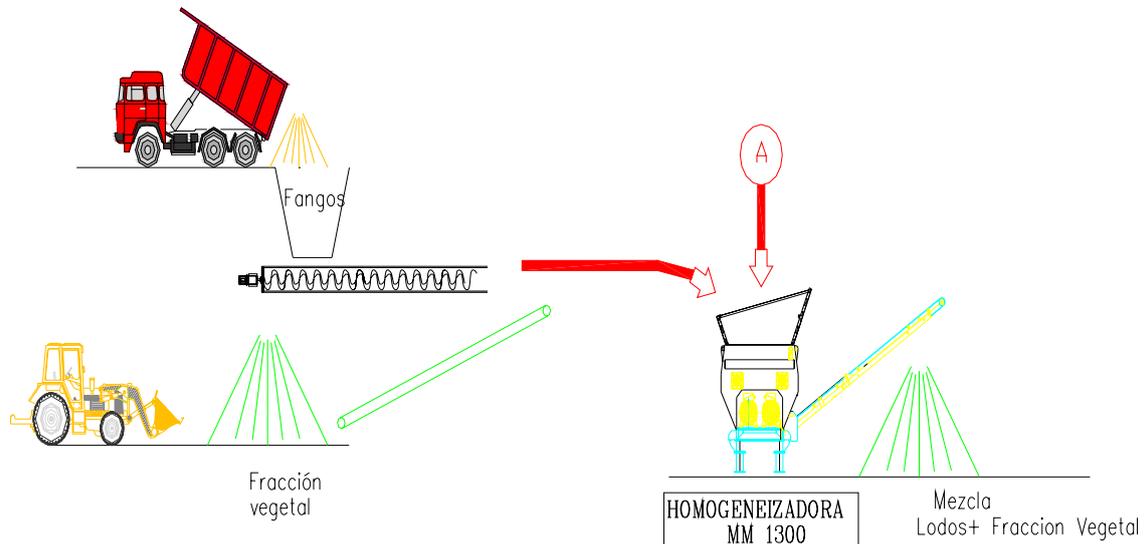
En la figura 1.5 se ve de forma esquemática el proceso de recepción a la unidad de mezcla forzada.

Las referencias A y B que aparecen en la figura 1.5 indican la continuidad del proceso de formación del compost en las figuras 1.6 y 1.7.

La fracción vegetal triturada llega a la unidad de mezcla forzada (M1-02) a través de la cinta transportadora (M1-01). La alimentación de la mencionada cinta se realiza con la fracción vegetal recuperada en el tromel (M1-04) a través de las cintas transportadoras (M1-09) y (M1-10), que tiene un funcionamiento reversible.

La cinta de salida de la mezcladora (M1-03) deposita la fracción triturada en un frontón de carga dispuesto a tal fin, donde queda a la espera de ser introducido en los reactores- túnel mediante una pala cargadora.

### 1.6.1.6 Instalaciones de compostaje primario



**Figura 1.5** Alimentación mezcladora-homogeneizadora

El compostaje primario se realiza en el interior de recintos herméticos llamados túneles, con recirculación de aire y control automático del proceso. El aire procedente de la ventilación de la nave principal provee las necesidades del sistema de túneles. El sistema de distribución de aire a su interior, queda integrado en la propia solera de los túneles, en líneas que la recorren longitudinalmente separadas 30-35 cm unas de las otras aproximadamente. Con esta ejecución se posibilita la operación con maquinaria pesada en el interior.

El aire de proceso atraviesa la masa de fermentación a través de la solera perforada y sale hacia la unidad de climatización, donde es tratado en régimen de recirculación. El sistema permite la posibilidad de mezclar aire fresco con aire de proceso por tal de adecuar su composición a la entrada de los túneles, a los diferentes objetivos a alcanzar: disipación de calor, suministro de oxígeno y evacuación del vapor de agua.

La fracción de aire no recirculada será convenientemente enjuagada en una torre a contracorriente (humificadora) y desodorizada en un biofiltro, para evitar la propagación de malos olores alrededor de la planta.

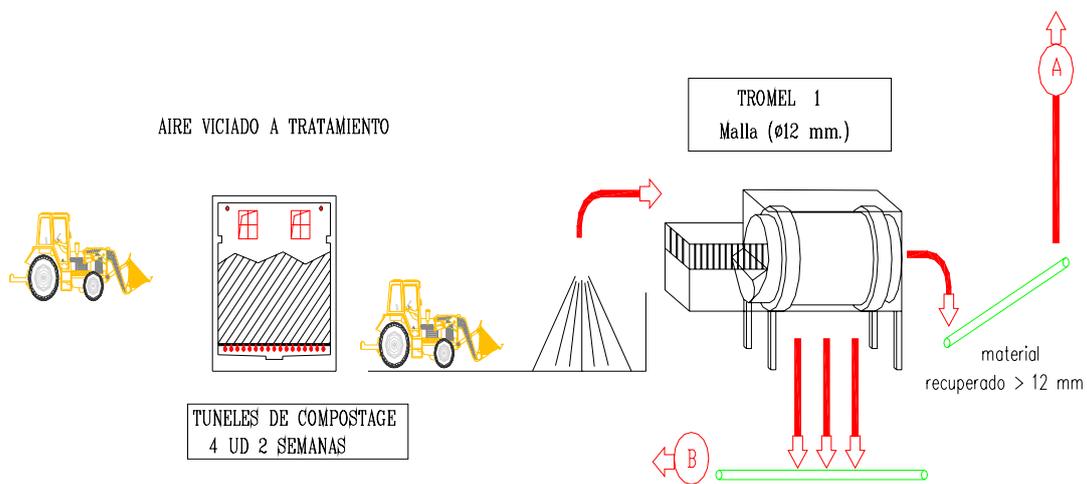
Las operaciones de carga y descarga de los túneles se prevé realizarlas con la asistencia de una pala cargadora en un régimen de trabajo discontinuo. El tiempo de residencia en su interior es de 12 días.

### 1.6.1.7 Descarga de túneles, separación del agente esponjado y formación de las pilas de

## maduración

Transcurrido el tiempo asignado a la etapa de compostaje primario en los tuneles (12 días) se procede al vaciado, figura 6, incorporando en la misma maniobra la operación de separación del agente esponjado (restos de podadura triturados en un principio), que son recirculados a la unidad de mezcla forzada.

A tal efecto, una pala alimenta, con el material extraído de los túneles, el tromel (M1-04). Mediante las cintas (M1-11), (M1-12) y (M1-13) la fracción fina separada en el tromel (compuesto primario), es recogida y conducida hasta un frontón de carga previsto en la nave de maduración anexa. Desde esta posición, la pala carga el material y procede a la formación de las pilas de maduración en la zona prevista a tal efecto como se muestra en la figura 1.7.



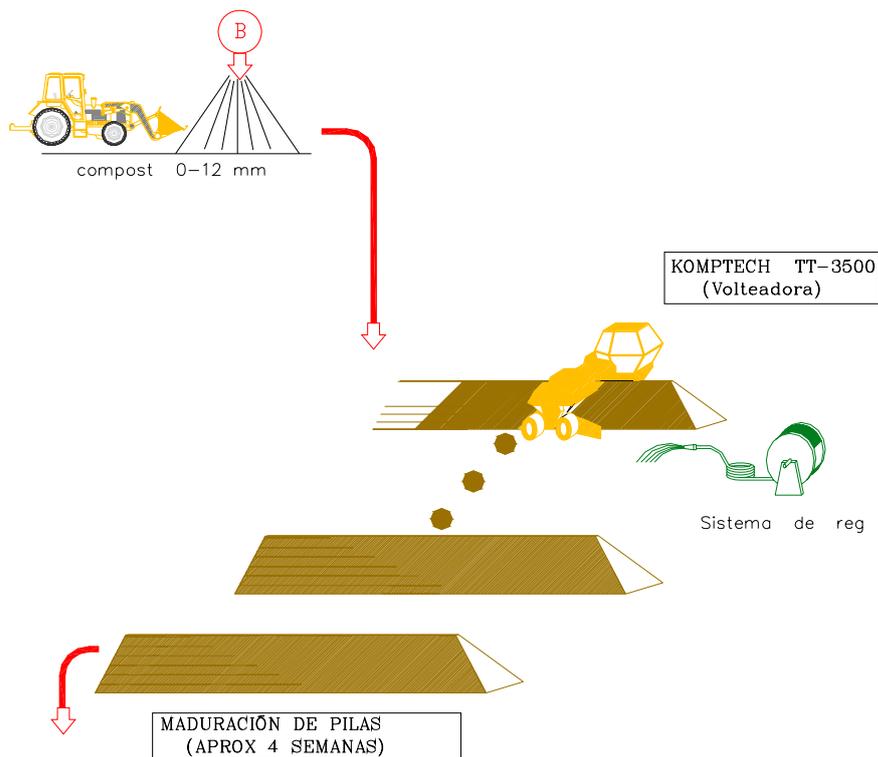
**Figura 1.6** Proceso vaciado de túneles

La fracción vegetal recuperada en el tromel M1-04 es conducida a través de las cintas transportadoras (M1-07) y (M1-09) hasta una cinta de transporte de funcionamiento reversible (M1-10) que lo podrá entregar a la cinta (M1-01) (alimentación de la unidad de mezcla forzada M1-02) o a un frontón de carga adosado al muro de cierre de la nave, desde donde podrá ser empleado para la formación de mezclas con la FORM.

### 1.6.1.8 Almacenamiento del compuesto de fangos

El compuesto de fango procesado se almacena en la zona a tal fin prevista en la nave de maduración.

La operación apilamiento del compuesto en el almacén se realizará mediante la pala.

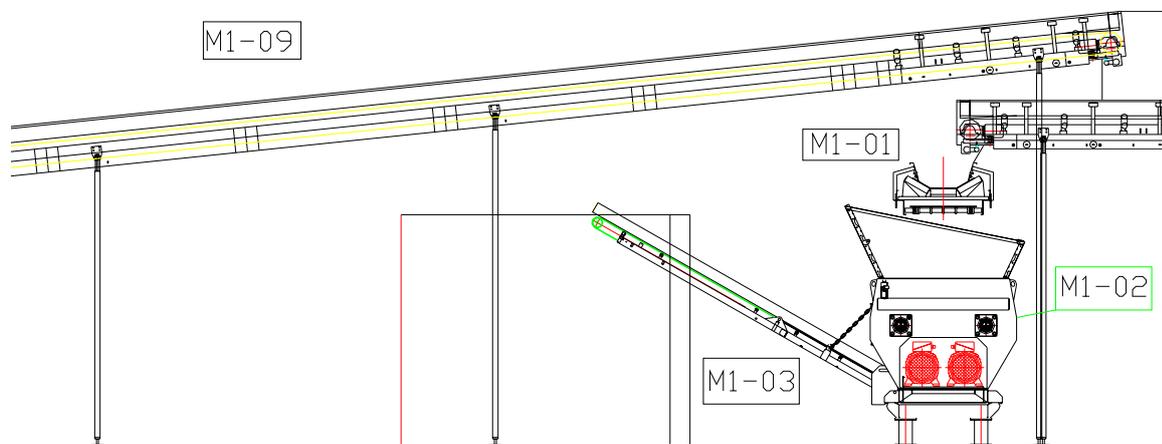


**Figura 1.7** Proceso formación pilas de maduración

## 1.6.2 Ciclo de compostaje de la fracción orgánica (FORM)

### 1.6.2.1 Dosificación y mezcla de materias primas

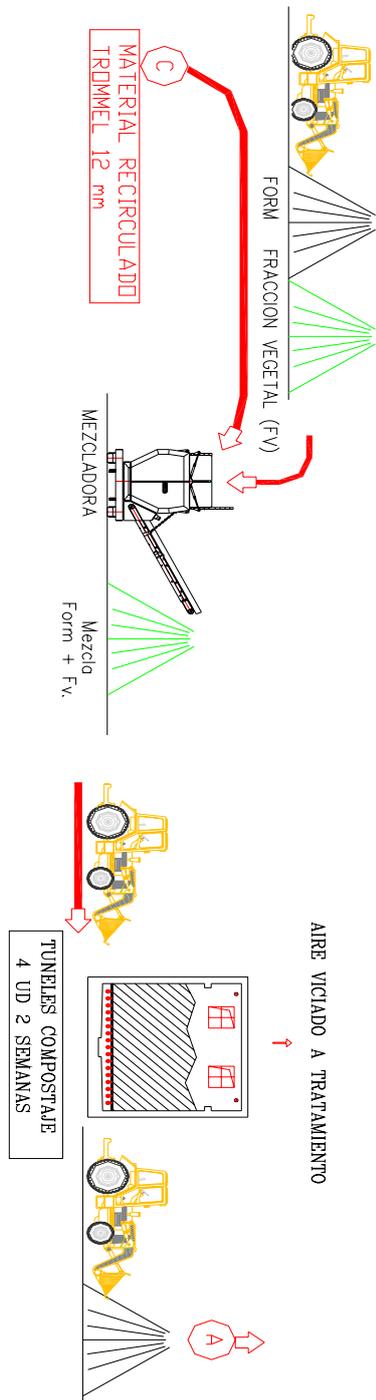
La mezcla de la FORM y de la fracción vegetal triturada se realiza en la mezcladora (M1-02). La alimentación a la misma de ambos materiales se realiza con la ayuda de una pala, que recoge la FORM del frontón habilitado en el muelle de descarga de la misma y la fracción vegetal triturada del frontón de carga adosado al muro de cierre de la nave principal (fracción vegetal recuperada en el tromel (M1-04) y recirculada por las cintas transportadoras (M1-09) y (M1-10), figura 1.8.



**Figura 1.8** Esquema de cintas par mezcla de FORM y Fracción Vegetal

A la salida de la unidad de mezcla forzada (M1-02), el material mezcla obtenido es remontado mediante la cinta (M1-03) y depositado en un frontón de carga dispuesto a tal fin, donde queda a la espera de ser introducido en los túneles mediante una pala, figura 1.9.

Las referencias A y C que aparecen en la figura 1.9 indican la continuidad del proceso de formación del compost en las figuras 1.10 y así de igual forma la referencia C que aparece en la figura 1.10 con la figura 1.11.



**Figura 1.9** Proceso mezclado FORM + Fracción vegetal. Inserción en túneles

### **1.6.2.2 Instalaciones de compostaje primario**

La descripción es la misma que para el caso de los fangos provenientes de las instalaciones depuradoras.

### **1.6.2.3 Descarga de los túneles y formación de las pilas de maduración**

Transcurrido el tiempo asignado a la etapa de compostaje primario en túneles (12 días), se procede al vaciado.

A tal efecto, la pala alimenta, con el material extraído de los túneles, el tromel (M1-17), con un diámetro de selección 80 mm. La fracción desechada separada en el tromel (diámetro >80) es conducida por la cinta (M1-20) hasta la zona prevista para el apilamiento de este rechazo en la nave de maduración anexa, figura 1.10.

### **1.6.2.4 Separación del agente esponjado y afinamiento del compuesto de la FORM**

Transcurrido el tiempo asignado a la etapa de maduración en pilas (7 semanas), se procede a la separación del agente esponjado y afinamiento del compuesto producido.

A tal efecto, la pala alimenta con el material extraído de las pilas, el tromel (M1-04). La fracción separada en el mismo (diámetro>12), fracción vegetal recuperada, es conducida a través de las cintas transportadoras (M1-07) y (M1-09) hasta la cinta transportadora reversible M1-10. La cinta transportadora reversible M1-10 podrá entregar la fracción vegetal recuperada al transportador M1-01 (alimentación de la unidad de mezcla forzada M1-02) o a un frontón de carga adosado al muro de cierre de la nave, desde donde podrá ser empleado para la formación de mezclas con la FORM.

Un aspirador de plásticos (M1-08) acomodado sobre la cinta transportadora (M1-07) de evacuación del rechazo del tromel (M1-04) se encarga de retirar los objetos tales como plásticos etc. de la línea de la fracción vegetal recuperada.

Las cinta transportadora (M1-12), coge la fracción fina separada en el tromel (M1-04) (diámetro < 12mm) que es recogida y conducida hasta el filtro de mangas (M1-14).

La fracción pesada separada por el filtro de mangas, cae directamente en el interior de un contenedor provisto a tal efecto en la propia nave de pretratamiento y compostaje primario.

El compuesto de la FORM afinado, es recogido y conducido hasta un frontón de carga en la nave de maduración anexa a la principal, mediante la cinta transportadora (M1-15), figura 1.11 .

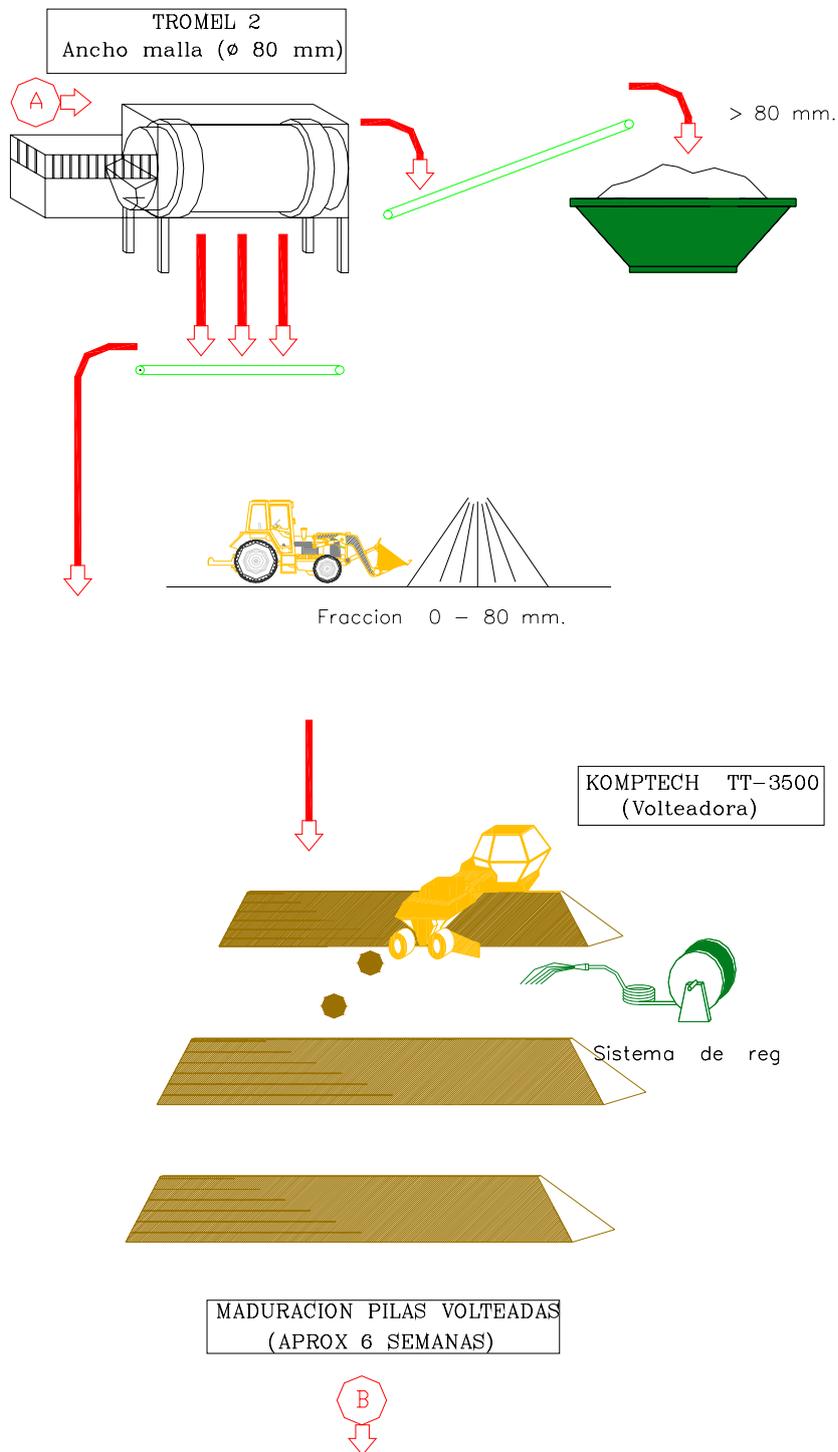
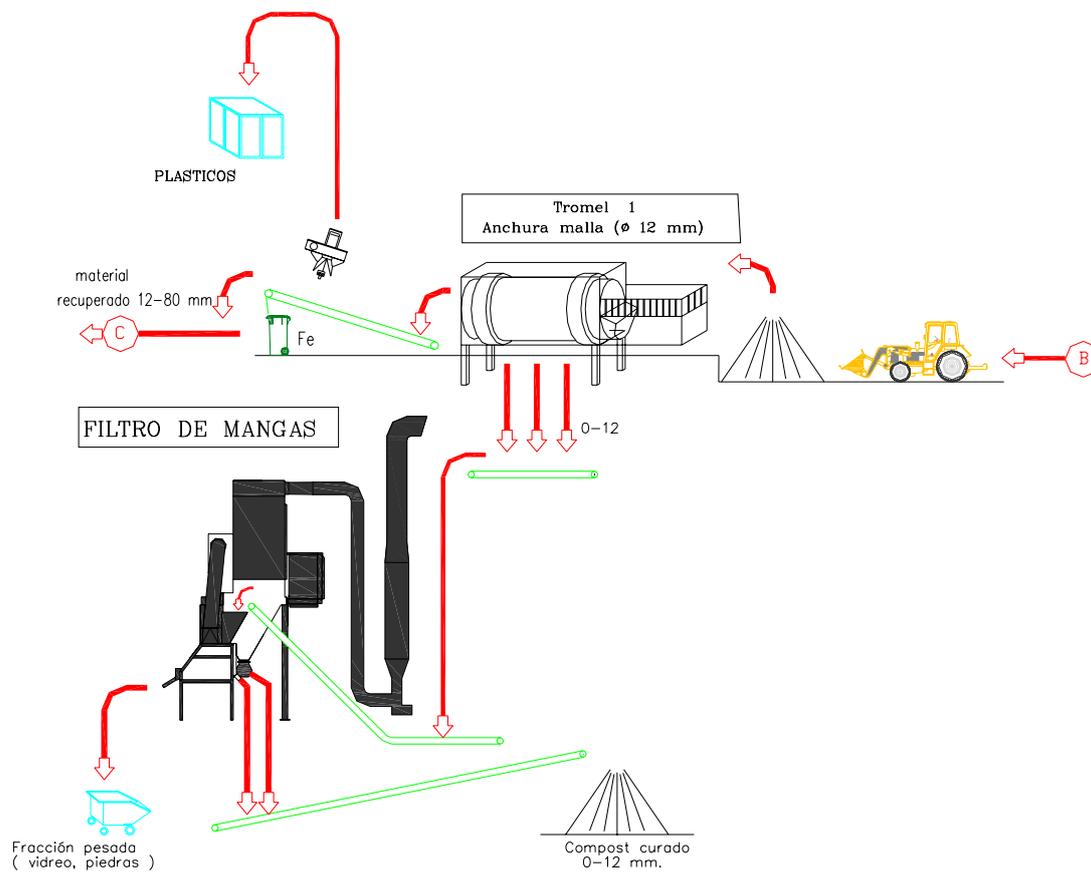


Figura 1.10 Proceso formación pilas de maduración

### 1.6.2.5 Almacenamiento del compuesto de la FORM

El compuesto procedente de la FORM, se almacena en la zona a tal fin prevista en la nave de maduración

La operación de apilamiento se realiza mediante una pala cargadora, que obtiene el material del frontón de carga alimentado por la cinta (M1-15) (evacuación de la fracción fina del filtro de mangas (M1-14))



**Figura 1.11** Proceso refinamiento FORM

### **1.6.2.6 Instalaciones de tratamiento el aire**

El aire de proceso extraído de los túneles y de las otras zonas cerradas a ventilar, es convenientemente lavado en una torre a contracorriente (humificadora) y desodorizado en un biofiltro, para evitar la propagación de malos olores alrededor de la planta.

## **1.7 EDIFICACIONES DE EXPLOTACIÓN Y SERVICIOS**

### **1.7.1 Naves industriales**

La planta de tratamiento se organiza alrededor de una nave principal cerrada (Nave nº 1), con unas dimensiones en planta de  $80 \times 30$  metros, véase PLANO Nº 4 ALZADOS Y PERFILES PLANTA COMPOSTAJE, que acoge la zona de recepción y almacenamiento de fangos de depuradora, el muelle de descarga de FORM, las instalaciones de mezcla de materias primas, el pretratamiento de la FORM y el afinamiento del compuesto producido.

Adosado a uno de sus lados y como parte de la misma, están los túneles de compostaje de los fangos y de la FORM con sus instalaciones periféricas (galería de ventilación, depósitos almacenamiento agua de servicios, etc.).

En disposición paralela a la nave principal, una segunda nave (Nave nº 3), con unas dimensiones aproximadas de planta de  $50 \times 39$  metros, ubicada bajo cubierta, pero sin cierre lateral, las zonas de almacenamiento del compuesto de fango de depuradora y compuesto de FORM elaborado.

Finalmente, perpendicularmente a las dos naves anteriores, una tercera (nave nº 2) con unas dimensiones aproximadas planta  $107 \times 32$  metros, ubicada bajo cubierta pero también sin cierre lateral, en donde están las zonas de maduración del compuesto de FORM y el compuesto de fango de depuradora.

### **1.7.2 Edificio de control y servicios generales**

El edificio de control y servicios generales presenta los siguientes espacios: sala de cuadros eléctricos, sala de mando y control, despacho de dirección de planta, sala de reuniones, laboratorio, cuartos de aseo, vestuarios y taller-almacén. El edificio cuenta con una superficie de  $182 \text{ m}^2$ , tiene dos plantas, quedando integrado en la nave principal.

## **1.8 PREVISIÓN DE LA DEMANDA**

La demanda de potencia de la instalación aparece reflejada en las tablas 1.1, 1.2 y 1.3. Cada una de estas tablas hace referencia a los cuadros secundarios en los que se ha dividido la instalación, que son:

- CCM1 ..... Recepción y Transporte de Fangos

- CCM2..... Pretratamiento y Refinamiento
- CCM3..... Túneles
- CSA ..... Servicios Auxiliares

La agrupación de las cargas en cada uno de estos cuadros obedece a los diferentes procesos que han de llevarse a cabo para la formación del compost.

En cada una de las tablas, referentes a cada uno de los cuadros secundarios, aparecen especificados los nombres de los receptores en función del proceso que realizan junto con un índice que hace referencia a la ubicación del receptor, vease PLANO N° 3 FUNCIONAMIENTO PLANTA.

### **1.8.1 Determinación de la potencia del centro de transformación**

A la hora de determinar la potencia del transformador necesario para la instalación se ha tenido en cuenta:

A.- Potencia total necesaria para el funcionamiento de la instalación, para lo cual se han tenido en cuenta los siguientes factores:

- 1.- Potencia instalada: Es la suma de las potencias consumidas a plena carga por los receptores de la instalación.
- 2.- Potencia de utilización: Es la potencia que realmente consumirá el conjunto de los receptores instalados.

Esta potencia real se calcula a través de dos factores, cuyos valores son iguales o inferiores a uno:

- *Factor de utilización (ku):*

Tiene en cuenta el hecho de que un receptor funciona a una potencia inferior a la nominal.

Los coeficientes de utilización de cada uno de los receptores han sido estimados en función del proceso de producción ya descrito en el apartado 1.6 “*Descripción de las Instalaciones*” y asumible para este tipo de instalaciones.

- *Factor de simultaneidad (ks)*

Tiene en cuenta que el conjunto de los receptores instalados no funcionan simultáneamente.

Los factores de simultaneidad de cada conjunto de receptores, asociados en cuadros

secundarios, al igual que los coeficientes de utilización corresponden a criterios de funcionamiento de este tipo de instalación.

El factor de simultaneidad global, asociado al funcionamiento conjunto de todos los receptores, se calcula a través de la media ponderada de los factores de simultaneidad individuales.

*B.*-Aumento de la potencia para que el transformador trabaje a un 70 % de su potencia nominal, en previsión de futuras ampliaciones y debido a que si el trafo trabaja entre el 65 % y 75 % de su potencia nominal,  $S_n$ , se produce una reducción de las pérdidas en carga del transformador (entre un 58 % y un 44%), con lo cual su régimen de temperatura es más bajo, especialmente favorable para la vida del transformador.

Según funcionamiento de la planta de compostaje, se han agrupado las cargas por grupos dependiendo de la tarea global que realizan en el conjunto del proceso de formación del compost, como ya se ha descrito en el apartado 1.6 “*Descripción de las instalaciones*” de esta memoria.

Tabla 1.1 Demanda de potencias

<b>CCMI CUADRO RECEPCIÓN Y TRANSPORTE DE FANGOS</b>	POTENCIA KW	COEF. UTILIZACIÓN	RENDIMIENTO (%)	$\cos \varphi$	S (KVA)
Extractor fangos tolva 1(N1-02)	3	0.8	82,8	0,83	3,49(33,9°)
Extractor fangos tolva 2(N1-02)	3	0.8	82,8	0,83	3,49(33,9°)
Extractor fangos tolva 3(N1-02)	3	0.8	82,8	0,83	3,49(33,9°)
Extractor fangos tolva 4(N1-02)	3	0.8	82,8	0,83	3,49(33,9°)
Inyector fangos (N1-03)	3	0.8	82,8	0,83	3,49(33,9°)
Elevador fangos (N1-04)	11	0.8	89,5	0,85	11,56(31,79°)
Transportador fangos(N1-05)	7.5	0.8	88,5	0,85	7,98(31,79°)
Bomba recirculación 1(N1-06)	15	0,8	90	0,86	15,5(30,60°)
Bomba recirculación 2(N1-07)	15	0,8	90	0,86	15,5(30,60°)
Compresor (N1-08)	4	0,85	85	0,82	4,88(34,92°)
<p>TOTAL: POTENCIA (KVA)= 72,84 (32°)</p> <p>COEFICIENTE SIMULTANEIDAD= 1</p> <p><b>POTENCIA REQUERIDA = 73 (32°)</b></p> <p><b>FACTOR DE POTENCIA= 0,85</b></p> <p><b>POTENCIA (kW)=62,05</b></p>					

Tabla 1.2 Demanda de potencias

CCM2 CUADRO PRETRATAMIENTO Y REFINAMIENTO	POTENCIA (KW)	COEF. UTILIZACIÓN	RENDIMIE NTO (%)	$\cos \varphi$	S(KVA)
Cinta alimentación Mezclador (M1-01)	2,2	0,85	81,5	0,81	2,83(35,9°)
Mezclador- Homogeneizadora (M1-02)	160	0,75	95,4	0,85	147,98(31,79°)
Cinta salida Mezclador (M1-03)	2,2	0,85	81,5	0,81	2,83(35,9°)
Tromel 12 mm (M1-04)	30	0,8	92,2	0,88	29,58(28,36°)
Cinta Fracción Vegetal Recuperada (M1-07)	1,5	0,9	78,5	0,79	2,18(37,81°)
Aspirador plásticos (M1-08)	15	0,8	90	0,86	17,44(30,68°)
Cinta Fracción Vegetal Recirculada (M1-09)	7,5	8	88,5	0,85	7,98(31,79°)
Cinta Reversible Fracción Vegetal Recuperada (M1-10)	1,1	0,9	77,5	0,78	1,64(38,74°)
Cinta alimentación Tromel (M1-11)	1,1	0,9	77,5	0,8	1,64(38,74°)
Cinta alimentación Filtro Mangas (M1-12)	2,2	0,85	81,5	0,81	2,83(35,9°)
Tabla densimétrica (M1-13)	7,5	0,85	88,5	0,85	7,98(31,79°)
Filtro de Mangas (M1-14)	30	0,8	92,2	0,88	29,58(28,36°)
Cinta salida Compost 0-12 mm (M1-15)	1,5	0,9	78,5	0,79	2,18(37,81°)
Tromel 80 mm (M1-17)	30	0,8	92,2	0,88	29,58(28,36°)
Cinta alimentación Tromel 80 mm (M1-18)	1,1	0,9	77,5	0,78	1,64(38,74°)
Cinta salida fracción 0-80 mm (M1-19)	1,5	0,9	78,5	0,79	2,18(37,81°)
Cinta rechazo > 80 mm(M1-20)	1,5	0,9	78,5	0,79	2,18(37,81°)
<p>TOTAL: POTENCIA (KVA)= 292 (31,1°)</p> <p>COEFICIENTE SIMULTANEIDAD GLOBAL= 0,85</p> <p><b>POTENCIA REQUERIDA = 249 (31,1°)</b></p> <p><b>FACTOR DE POTENCIA= 0,86</b></p> <p><b>POTENCIA (kW)=213,21</b></p>					

Tabla 1.3 Demanda de potencia

CCM3 CUADRO DE TUNELES	POTENCIA A KW	COEF. UTILIZACIÓN	RENDIMIENTO (%)	cos $\varphi$	S(KVA)
Ventilador túnel fangos 1(M1-05)	30	0,8	92,2	0,88	29,58(28,36°)
Ventilador túnel fangos 2	30	0,8	92,2	0,88	29,58(28,36°)
Ventilador túnel fangos 3	30	0,8	92,2	0,88	29,58(28,36°)
Ventilador túnel fangos 4	30	0,8	92,2	0,88	29,58(28,36°)
Ventilador túnel FORM 1(M1-06)	22	0,8	91,5	0,88	21,86(28,36°)
Ventilador túnel FORM 2	22	0,8	91,5	0,88	21,86(28,36°)
Ventilador túnel FORM 3	22	0,8	91,5	0,88	21,86(28,36°)
Ventilador túnel FORM 4	22	0,8	91,5	0,88	21,86(28,36°)
Ventilador túnel FORM 5	22	0,8	91,5	0,88	21,86(28,36°)
Sistema de riego tuneles (M1-16)	5	0,85	86	0,85	6,4(31,79°)
Ventilador biofiltro 1(M1-21)	11	0,8	88,5	0,85	11,57(31,79°)
Ventilador biofiltro 2(M1-22)	11	0,8	88,5	0,85	11,57(31,79°)
Ventilador nave principal 1(M1-23)	75	0,8	88,5	0,85	7,98(31,79°)
Ventilador nave principal 2 (M1-24)	75	0,75	94,2	0,83	71,94(33,9°)
TOTAL: POTENCIA (KVA)= 336,8 (29,32°)					
COEFICIENTE SIMULTANEIDAD GLOBAL= 0,8					
<b>POTENCIA REQUERIDA = 270 (29,32°)</b> <b>FACTOR DE POTENCIA= 0,87</b> <b>POTENCIA (Kw)=234,9</b>					

La potencia necesaria para los servicios auxiliares (iluminación, tomas de fuerza, etc.) se establece teniendo en cuenta que de los 10500  $m^2$  construidos solo 2500  $m^2$ , correspondientes a la nave principal y al pasillo de acceso a los cuadros eléctricos de los túneles, requieren de servicios auxiliares, así como los 150  $m^2$  correspondientes a las dos plantas del edificio de explotación y control.

Para este tipo de instalación se requieren 5 W /  $m^2$  para la nave principal y 200 W /  $m^2$  para el edificio de explotación, haciendo un total de 40 kW .

Por tanto la potencia requerida por cada grupo de receptores es:

- Recepción y tratamiento de fangos CCM1=73(32°)KVA
- Pretratamiento y refinamiento CCM2= 249(31,1°) KVA
- Túneles CCM3= 270 (29,32°) KVA
- Servicios auxiliares CSA= 40(0°) KVA

La potencia necesaria en el centro de transformación se obtiene a través del coeficiente de simultaneidad global que se calcula como la media ponderada de los coeficientes de simultaneidad de cada grupo de receptores con la ecuación 1.1.

$$K_s = \frac{\sum_{i=1}^4 |S_i| \cdot K_i}{\sum_{i=1}^4 |S_i|} \quad (1.1)$$

Siendo:

$K_s$  = Coeficiente de simultaneidad global

$K_i$  = Coeficiente simultaneidad individual

$|S_i|$  = Modulo potencia aparente en KVA

Sustituyendo los valores correspondientes se obtiene:

$$K_s = \frac{72,84 \cdot 1 + 292 \cdot 0,85 + 336,8 \cdot 0,8 + 40 \cdot 1}{72,84 + 292 + 336,8 + 40} = 0,85$$

POTENCIA:

TOTAL= 627 (28,55°) KVA

COEFICIENTE SIMULTANEIDAD GLOBAL= 0,85

POTENCIA REQUERIDA = 533(28,55°) KVA

DIMENSIONANDO EL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PARA QUE TRABAJE AL 70% DE SU CAPACIDAD Y EN PREVISIÓN DE FUTURAS AMPLIACIONES.

**POTENCIA CENTRO TRANSFORMACIÓN: 762KVA**

Teniendo en cuenta que las necesidades eléctricas de la planta son de 762 KVA y lo establecido en la MEMORIA JUSTIFICATIVA apartado 2.2.1 “Número de transformadores” se opta por dos transformadores con las siguientes características:

El Transformador 1 (630 KVA) alimenta a los cuadros CCM2 ( Pretratamiento y post-tratamiento) y el CCM3 (cuadro de túneles). La potencia requerida para este transformador es de 451,53 (30,17°) KVA con factor de potencia 0,86 y que trabaja con una saturación del 72 %

El Transformador 2 (160 KVA) alimenta al cuadro CCM1 (recepción, transporte de fangos y recirculación general) más el cuadro de servicios generales CSA. La potencia requerida para este transformador es de 109(20,79°) con factor de potencia 0,93 y que trabaja con una saturación del 68,13 %

## 1.9 LINEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN

### **1.9.1 Introducción**

La acometida de energía eléctrica a la planta de compostaje se realiza desde la línea de MT de la compañía eléctrica ENDESA que pasa paralela a las parcelas de la propia planta de compostaje y de la EDAR, tal y como aparece en el PLANO N°5 LINEA MEDIA TENSIÓN.

Puesto que las instalaciones van a ser integradas en la red de distribución de ENDESA, deben ajustarse a los criterios de diseño, especificaciones y normas particulares de la compañía distribuidora, además de a las prescripciones del Reglamento de Alta Tensión (RLAT).

La línea de Media Tensión, línea derivada, consta de una parte aérea y una parte subterránea hasta su conexión con el centro de transformación.

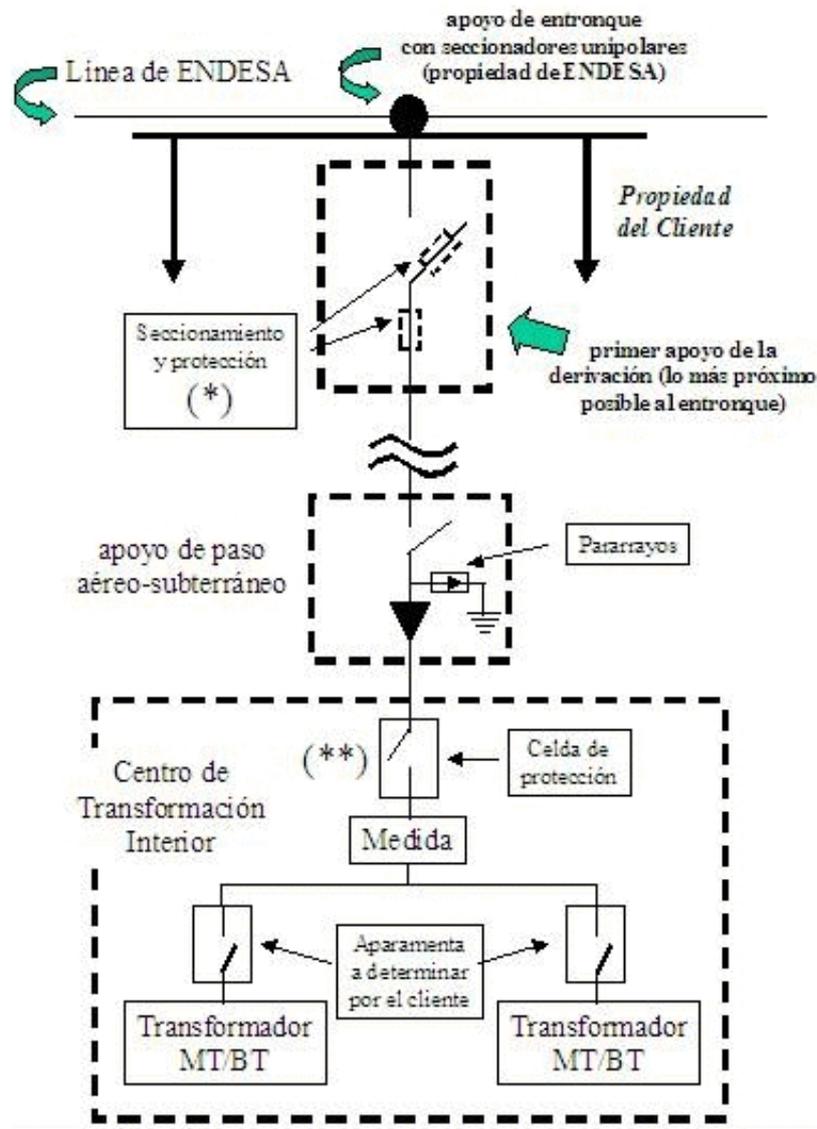
El apoyo de entronque, perteneciente a la línea principal, está dotado de cadenas de amarre y en el puente flojo de la misma se realiza la conexión.

Se sitúa un primer apoyo de celosía C 2000 -14 a 8 m de distancia del apoyo de entronque. Aquí se tiene en cuenta la normativa de ENDESA, en la que establece que el primer apoyo debe colocarse a una distancia inferior a 20 m.

A continuación se sitúa un segundo apoyo de celosía C 2000-14, apoyo de paso aéreo-subterráneo a una distancia del primer apoyo de 55 m, de forma que la línea aérea que los une es paralela a la línea principal en la que se está haciendo el enganche.

El tramo subterráneo tiene una longitud de 5 m y va enterrado bajo tubo en zanja y une la parte final de la línea aérea con la celda de línea situado en el centro de transformación.

El esquema general planteado por ENDESA para la conexión entre la línea principal y el centro de transformación tipo interior con dos transformadores es el que aparece en la figura 1.12 .



**Figura 1.12** Esquema conexión línea ENDESA con centro de transformación tipo interior para abonado

(\*) En base a lo establecido en la normativa de ENDESA, capítulo IV apartado 7.2.2 y capítulo I apartado 3.2, la aparataje a instalar en el primer apoyo, teniendo en cuenta que la longitud del tramo subterráneo de la línea de MT es inferior a 400 m y que el centro de transformación está situado a una distancia inferior a 1200 m de una subestación, es de seccionador unipolar y fusible APR por cada fase.

(\*\*) En base a lo establecido en la normativa de ENDESA, capítulo IV apartado 7.2.2 la celda de protección general del centro de transformación está compuesto por un interruptor automático ya que la potencia a proteger es mayor de 630 KVA. En este caso es de 790 KVA.

### 1.9.2 Naturaleza y características del suministro

La instalación consta de un único suministro de energía eléctrica en media tensión posibilitando su facturación en alta. La energía se suministra con corriente alterna trifásica a la tensión de servicio de 20 kV y frecuencia de 50 Hz.

### 1.9.3 Características generales línea de media tensión

El nivel de aislamiento para la línea de MT es el especificado en la tabla 1.4, atendiendo a normativa ENDESA capítulo V apartado 2.

*Tabla 1.4 Niveles de aislamiento asignados a la apartamentada*

Tensión Eficaz (KV)		Tensión soportada a 50 Hz (Valor eficaz KV1 min.)		Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (Valor cresta KV)	
Nominal de red	Más elevada para el material	A tierra y entre fases	A distancia de Seccionamiento	A tierra y entre fases	A distancia de Seccionamiento
≤ 20	24	50	60	125	145

La intensidad asignada de cortocircuito de corta duración, 1s, es de 16 KA y el valor de cresta de la intensidad de cortocircuito admisible asignada es de 40 KA. (Según reglamentación ENDESA capítulo VI, apartado 3.2)

### 1.9.4 Características cables

El conductor a utilizar es de aluminio-acero, tipo LA-56 según norma UNE 21018 además de los requisitos indicados en la Norma ENDESA AND010, así como las especificaciones técnicas de ENDESA referencias nº 6700516.

El hecho de utilizar un conductor tipo LA es debido a que la zona tiene una contaminación tipo medio. Las características del cable son las de la tabla 1.5.

Tabla 1.5 Características LA-56

Designación UNE	LA- 56
Sección de aluminio, $mm^2$	46,8
Sección total, $mm^2$	54,6
Equivalencia en Cobre, $mm^2$	30
Composición, (Nº Alambres Al+ Nº Alambres Acero)	6+1
Diámetro de alambres, alma, mm	3,15
Diámetro Total, mm	9,45
Carga mínima de rotura, daN	1640
Módulo de elasticidad, $N / mm^2$	79000
Coefficiente de dilatación lineal, $^{\circ}C^{-1} \cdot 10^{-6}$	19,1
Masa ( $\lambda_c$ Kg/m)	
- Aluminio	128,3
- Acero	60,8
- Total	189,1
Resistencia eléctrica a 20°, $\Omega / Km$	0,6136
Densidad de corriente, $A / mm^2$	3,7

### 1.9.5 Empalmes y conexiones

Los empalmes de plena tracción que se emplean en el vano son comprimidos o varillas preformadas de plena tracción.

La conexión de la línea derivada en el puente flojo de la línea principal, PLANO Nº 6 APOYO DE ENTRONQUE, se realiza mediante conectores de presión constante, de pleno contacto y acuanamiento cónico ajustándose a las normas UNE 21.021 Y CEI 1238-1. Estas piezas de conexión, además de no aumentar la resistencia eléctrica del conductor, tienen una resistencia de deslizamiento de al menos el 20 % de la carga de rotura del conductor.

Los terminales son de aluminio, adecuados para que la conexión al cable sea por compresión hexagonal. Norma ENDESA NNZ015.

### **1.9.6 Protecciones**

Las protecciones instaladas en la línea de MT tal y como especifica en el PLANO N° 5 LINEA MEDIA TENSIÓN son:

- En el apoyo de entronque se colocan tres seccionadores unipolares de intemperie, figura 1.13 que cumplen con la norma ENDESA AND005 y que quedan propiedad de ENDESA. Se colocan uno por cada fase y sus características son:

- Tensión asignada: 24 kV
- Intensidad asignada: 400 A



**Figura 1.13** Seccionadores unipolares SU 1110  
INAEL

Se disponen según lo establecido en el PLANO N° 6 APOYO DE ENTRONQUE

- En el primer apoyo de la derivación se instalan seccionadores unipolares, veáse PLANO N° 7 PRIMER APOYO DERIVACIÓN, con las mismas características a las del apoyo de entronque, y fusibles APR similares a los de la figura 1.14. Cumplen con la Norma ONCE 54.25-01.

Los fusibles actúan en caso de cortocircuito en la línea derivada y los seccionadores unipolares permita al cliente conectar y desconectar la línea y en su caso cambiar los fusibles sin necesidad de cortar la línea principal ni maniobrar el seccionamiento ubicado en el apoyo de entronque.



*Figura 1.14 Fusibles Alto Poder Ruptura*

- En el apoyo fin de línea de conversión aéreo-subterráneo, se instalan seccionadores unipolares de las mismas características que los anteriores así como autoválvulas para la protección contra sobretensiones en alta tensión tipo INPZ 10 INAEL 24 Kv, figura 1.15, o similares, tal y como aparece en el PLANO N° 8 APOYO PASO AÉREO-SUBTERRÁNEO. Cumple con la norma ENDESA AND015.



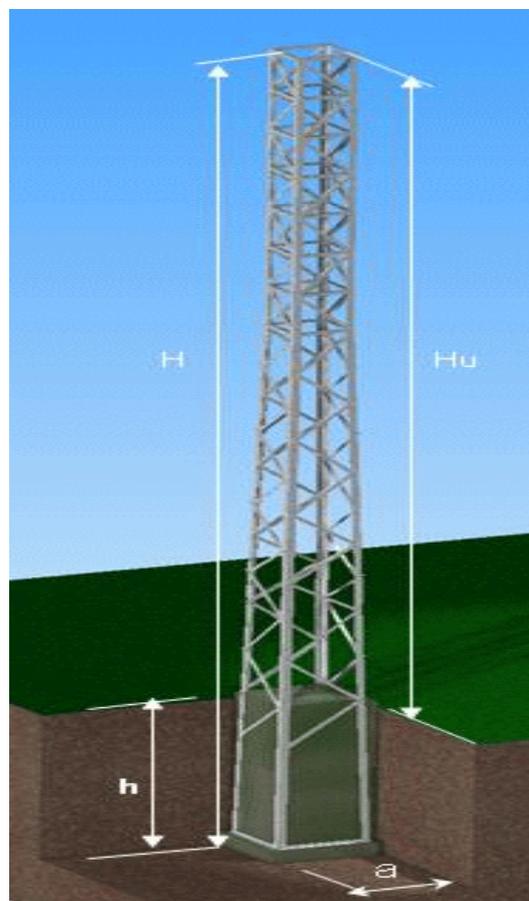
*Figura 1.15 Autoválvula*

La conexión a tierra se realiza mediante conductores de cobre desnudo, entre el borne de tierra del pararrayos y la línea de puesta a tierra de las masas del apoyo de forma que su longitud sea lo más corta posible para disminuir los efectos de la autoinducción y la resistencia óhmica.

### **1.9.7 Apoyos**

Los apoyos a utilizar en la línea aérea de MT son metálicos de acero en celosía del tipo C 2000-14, figura 1.16, según lo establecido en la MEMORIA DE CÁLCULO apartado 3.1.5 “Elección del apoyo”. Dicho apoyo cumple con la norma ENDESA AND001.

Los apoyos se adecuan a las características mecánicas de la línea y están integrados en el entorno en el cual se realiza su implantación.



**Figura 1.16** Apoyo en celosía

De donde:

- H: Altura total del apoyo
- Hu: Altura útil del apoyo
- h: Altura cimentación
- a: Anchura de la cimentación

En los siguientes planos aparecen las características de los apoyos:

PLANO N° 6 APOYO DE ENTRONQUE

PLANO N° 7 PRIMER APOYO DERIVACIÓN

PLANO N° 8 APOYO PASO AÉREO-SUBTERRÁNEO

Atendiendo a su función en la línea el primer apoyo da lugar a un vano flojo en ángulo que soporta el cable que sale del apoyo de entronque más la apartamenta y el apoyo fin de línea cuya función es soportar en sentido longitudinal las solicitaciones de todos los conductores.

### **1.9.8 Herrajes**

Los herrajes utilizados se ajustan a la norma ENDESA AND009, así como las especificaciones técnicas correspondientes.

En las figuras 1.17, 1.18, 1.19 y 1.20 aparecen los herrajes que se utilizan en la formación de las cadenas de amarre. La figura 1.21 es el montaje de las piezas anteriores y que da lugar a la cadena de amarre.



**Figura 1.17** (1)  
*Horquilla de Bola*



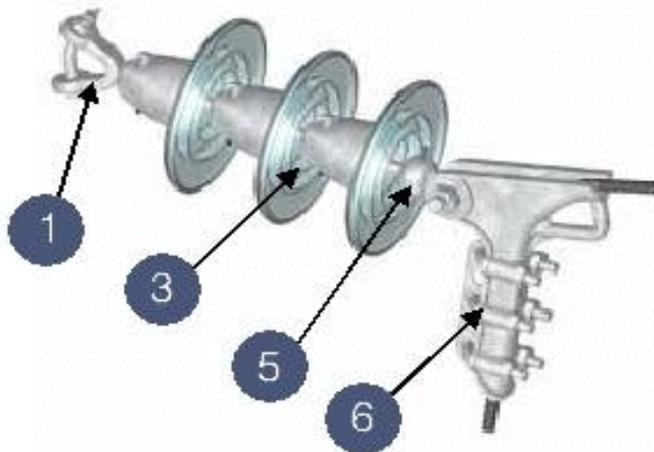
**Figura 1.18** (6) *Grapa de amarre*



**Figura 1.19** (3) Aislador de vidrio



**Figura 1.20** (5) Rotulas corta y larga



**Figura 1.21** Cadena de amarre

### 1.9.9 Armados

Se utilizan semicrucetas atirantadas con disposición en triángulo, figura 1.22.

El apoyo de entronque está formado por semicrucetas a tresbolillo en su disposición original y según MEMORIA DE CÁLCULO apartado 3.1.3 “Cálculo de apoyos” no es necesario su cambio ( PLANO N° 6 APOYO DE ENTRONQUE).

La disposición de las crucetas en el primer apoyo es en triángulo. PLANO N° 7 PRIMER APOYO DERIVACIÓN, al igual que el apoyo paso aéreo subterráneo, PLANO N° 8 APOYO PASO AÉREO-SUBTERRÁNEO.



*Figura 1.22 Semicrucetas atirantadas disposición en triángulo.*

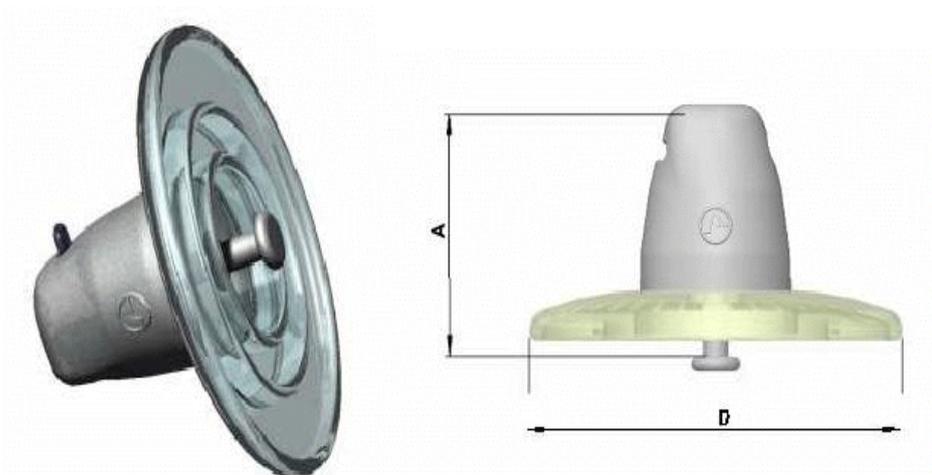
### 1.9.10 Aisladores

Las cadenas de aisladores están formadas por tres aisladores clase U40BS, figura 1.23, cuyas características son las que aparecen en la tabla 1.6.

Los aisladores soportan:

- Las solicitaciones mecánicas de la línea
- Las solicitaciones eléctricas.

Los aisladores de vidrio y las cadenas que se forman con ellos, así como sus características se ajustarán a la norma ENDESA AND008.



**Figura 1.23** Aisladores de vidrio

**Tabla 1.6** Características aisladores U40BS

Carga rotura mecánica (kN)	40
Modelo catálogo	E 40/100
Clase IEC - 305	U40B
Datos dimensionales	Paso (P) mm 100
	Diámetro (D) mm 175
	Línea de fuga mm 185
	Unión normalizada IEC -120 11
Características eléctricas	Tensión soportada a frecuencia industrial: - En seco (kV): 50 - Bajo lluvia (kV): 32
	Tensión soportada al impulso de choque en seco (kV) : 70
	Tensión de perforación en aceite (kV) 110
Otros	Peso Neto aproximado por unidad (kg) 1,65

### 1.9.11 Puesta a tierra de los apoyos

Los apoyos metálicos están provistos de una puesta a tierra con objeto de limitar las tensiones de defecto a tierra que puedan producirse por descargas en el propio apoyo.

Según lo establecido en el RLAT art. 26, la resistencia de difusión máxima de la puesta a tierra en el caso de que las protecciones de la línea estén dispuestas para la desconexión rápida de las mismas tiene que ser de menor de  $20 \Omega$ . Además si los postes están situados en una zona de pública concurrencia o soportan aparatos de maniobra la toma de tierra tiene que estar dispuesta en anillo cerrado.

Los apoyos del presente proyecto presentan las características antes mencionadas, por lo que la instalación de puesta a tierra de los apoyos es la que se describe a continuación.

La estructura metálica está conectada a tierra, además todos los herrajes así como el chasis de la aparatenta está conectada a la línea general de tierra que a su vez está conectada al anillo de puesta a tierra.

La línea de enlace con la tierra tiene una longitud de 14 m y una sección de  $50 \text{ mm}^2$  de Cu.

La puesta a tierra se efectúa siguiendo el esquema de la figura 1.24 y que se describe a continuación:

Se instala en una zanja a una profundidad de 0,5 m un cable de Cu de  $50 \text{ mm}^2$  de sección en forma de anillo, de dimensiones  $0,3 \times 0,3$  m, alrededor de la cimentación y se conecta al poste con grapas de conexión.

La entrada y la salida del anillo se hace a través de un tubo de PVC embutido en el hormigón.

Se conectan cuatro picas de 14 mm de diámetro y longitud 2 m tal y como aparecen en la figura 1.24, con grapas de conexión para picas cilíndricas al cable de cobre que forma el anillo.

La resistencia de difusión para esta configuración 30-30/5/42 a partir de los parámetros característicos establecidos en el método de UNESA (  $K_r = 0,086$  ) y teniendo en cuenta que la resistividad estima para el terreno es de  $200 \Omega \cdot m$  es de  $17,2 \Omega$ .

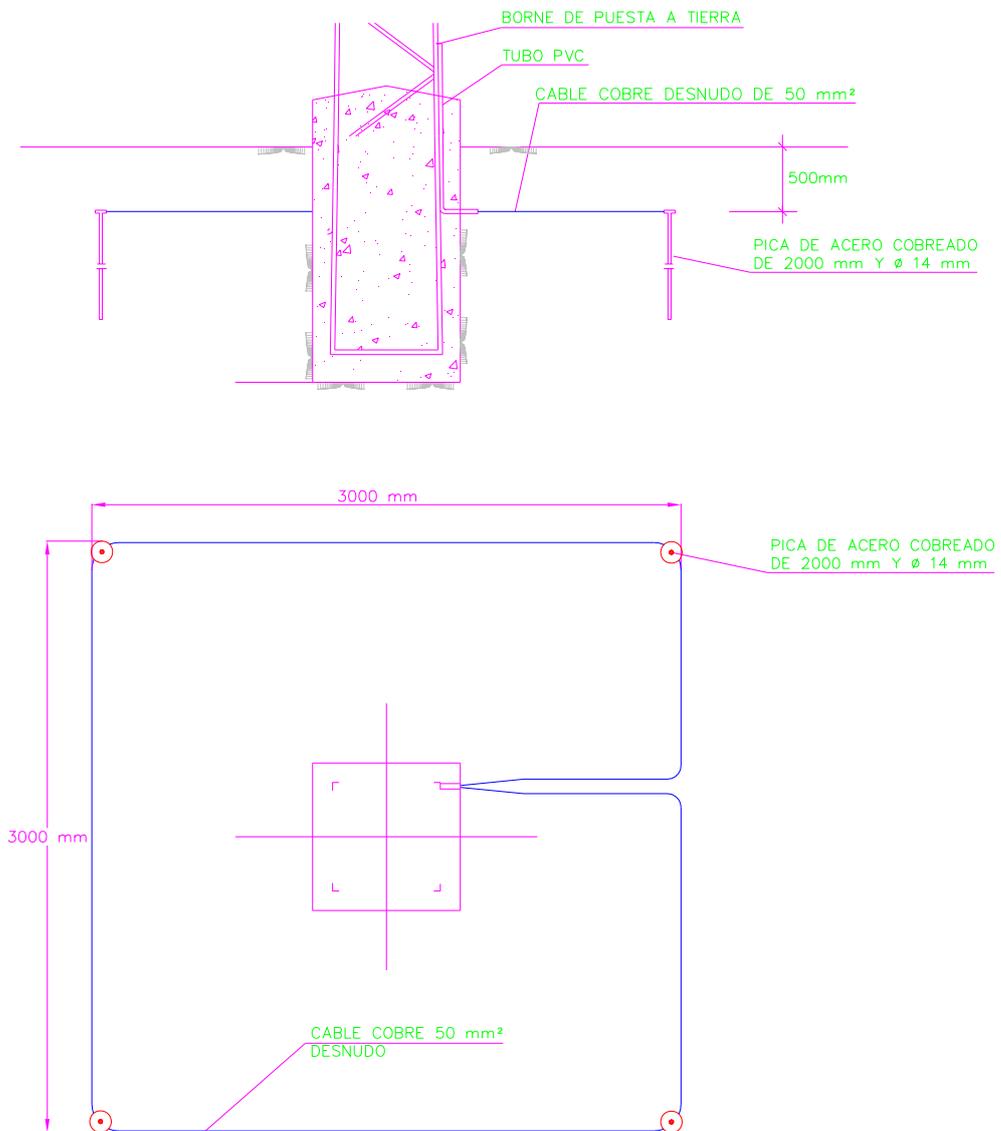


Figura 1.24 Puesta a tierra apoyos

## **1.10 LA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE M.T**

La línea subterránea de MT une la parte final de la línea aérea con el centro de transformación y tiene una longitud de 10 m.

### **1.10.1 Cables**

Se emplean ternas de cables unipolares compactos con sección circular y formados por varios alambres tal y como aparece en la figura 1.25. La tensión nominal es 18/30 KV, la sección  $1 \times 240 \text{ mm}^2$  de aluminio y el aislamiento polietileno reticulado.

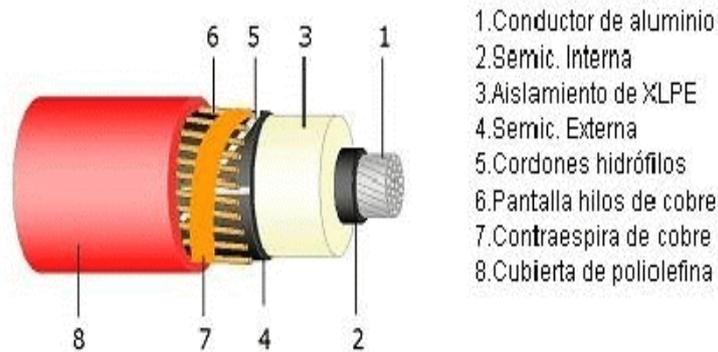
Se toma un nivel de aislamiento para el cable de 18/30 kV, superior a la tensión nominal compuesta de la línea, 20 kV, a fin de reforzar la calidad del servicio eléctrico, tal y como se establece en la Capítulo V Art. 4.1 de la normativa ENDESA.

Este cable cumple con la norma ENDESA DND001 y con las especificaciones Técnicas de Materiales ENDESA 6700022 ;” Cable unipolar de aislamiento seco termoestable serie 18/30 KV de  $1 \times 240 \text{ mm}^2$  Al con cubierta de color rojo (E.T.U 3305C) fabricado por triple extrusión simultánea.”

Los conductores utilizados están debidamente protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se han instalado y tienen resistencia mecánica suficiente para soportar los esfuerzos a que puedan estar sometidos.

La designación del cable a utilizar es: RHZ1- 18/30 KV  $3 \times 240 \text{ mm}^2$  Al.

- Material de Aislamiento tipo R (polietileno reticulado XLPE)
- Pantalla y envoltura metálica, tipo H (pantalla)
- Cubierta exterior, tipo Z1 (poliolefina termoplástica color rojo)
- Tensión nominal, 18/30 kV, tensión fase y tensión compuesta.
- Numero de cables unipolares con el diámetro y el tipo de material,  $3 \times 240 \text{ mm}^2$  Al.



**Figura 1.25** Cable RHZ1-18/30 kV

**Tabla 1.7** Características material aislante

Material Aislante	Tensión más Alta (KV)	Temperatura Máxima (°C)	
		Servicio	Cortocircuito
XLPE	250	90	250

Las características constructivas del cable son:

- Sección nominal	240 mm <sup>2</sup>
- Diámetro exterior	42,5 mm
- Peso aproximado	2105 Kg/m
- Tensión nominal	18/30 kV
- Tensión de ensayo a frecuencia industrial	45 kV
- Tensión de ensayo al choque	170 kV
- Resistencia eléctrica a 20 °C	0,125 Ω / Km
- Reactancia	0,113 Ω / km
- Capacidad	0,237 μF / Km
- Int. Max. Instalación enterrada a 25 °C	415 A

### 1.10.2 Conexión tramo aéreo-subterráneo

La conexión entre la parte aérea de la línea y la parte subterránea se realiza con manguitos termorretráctiles como el de la figura 1.26 en el apoyo aéreo-subterráneo.

El cable aéreo es tipo LA-56 y el cable subterráneo es de aislamiento seco tipo RHZ1-18/30 kV, por lo que es necesario un terminal que permita unir estos dos tipos de cable.

Se utiliza un terminal termorretractil de sección  $240 \text{ mm}^2$ .

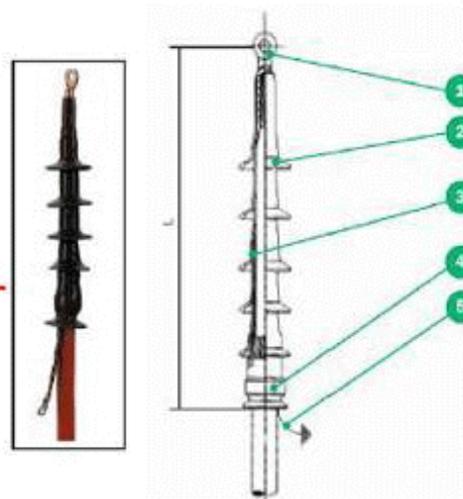
#### OUTDOOR SINGLE CORE TERMINATION - ELTO-1C

Gama: ELASTICFIT  
Tipo: TMF-E

Ref. norma: HD-628 ; HD-629.  
Correspondencia con la norma: IEC 60502-4  
Nivel máximo de tensión: 36 kV.

#### COMPONENTES:

- 1 - CONTACTO METÁLICO:**  
Contacto metálico de Cu o Al-Cu.
- 2 - ALETAS AISLANTES:**  
Aletas modulares deslizantes fabricadas en elastomero anti-tracking.
- 3 - REPARTIDOR LINEAL DE TENSIÓN:**  
Repartidor elastico que distribuye las lineas de campo eléctrico.
- 4 - PROTECTOR TOMA TIERRA:**  
Protector de goma elastomérica que impide la penetración de agua y protege la toma de tierra.
- 5 - TOMA DE TIERRA:**  
Utilizando los propios hilos de la pantalla del cable.



*Figura 1.26 Terminal modular flexible de exterior*

### 1.10.3 Canalización

La forma de canalización para la línea subterránea es la de entubado en zanja. El cable está alojado en tubos de polietileno reticulado del tipo doble pared, siendo corrugada y color rojo la parte exterior y lisa translúcida la parte interior. Se utiliza de 160 mm de diámetro exterior y 150 mm de diámetro interior.

La profundidad mínima de la canalización es de 1200 mm. Se coloca encima de los cables una protección consistente en una capa de hormigón y una cinta de señalización que advierta de la existencia de cables eléctricos por debajo de ella a una distancia de 380 mm de la superficie. (Especificación técnica ENDESA N° 6700157 y 6700151).

Los croquis de las zanjas y sus dimensiones aparece en el PLANO N° 9 CROQUIS CANALIZACIONES.

### **1.10.4 Montaje**

La instalación de la línea subterránea se hace sobre terrenos de dominio público.

A ambos lados del trazado se disponen arquetas tipo A1 prefabricadas de hormigón y normalizadas por ENDESA. PLANO N° 10 CROQUIS ARQUETAS.

## **1.11 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

### **1.11.1 Características generales**

Según lo establecido en el apartado 1.8 “*Previsión de la demanda*” de esta memoria, se precisan 762 KVA a una tensión de 400/230, para lo cual se va a proyectar un centro de transformación con dos transformadores, uno de 630 KVA y otro de 160 KVA.

La alimentación al centro de transformación se realiza mediante acometida subterránea a través de una línea de Media Tensión de 20 KV de tensión y 50Hz de frecuencia.

La compañía suministradora ENDESA establece una potencia de cortocircuito máxima de 500 MVA en el punto de alimentación

El centro de transformación es de tipo interior, empleando para su aparillaje celdas prefabricadas bajo envolvente metálica según norma UNE-EN 60298.

### **1.11.2 Características constructivas**

#### -Local

El centro de transformación esta en un edificio independiente, tipo prefabricado por ORMAZABAL, modelo PFU-5-24 KV. Véase figura 1.28.

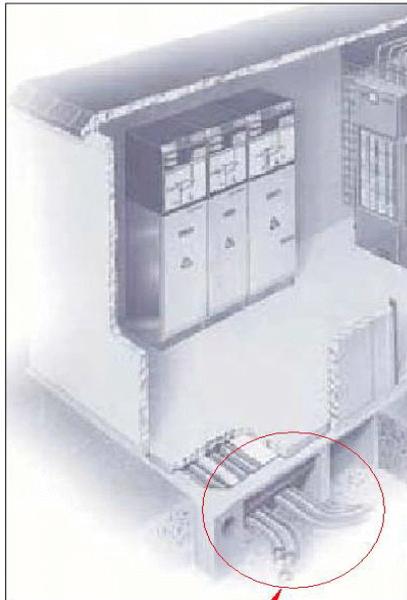
Este tipo de caseta consta de una envolvente de hormigón de estructura monobloque en cuyo interior se incorpora todos los componentes eléctricos. La envolvente es de hormigón armado vibrado y se compone de dos partes: una que aglutina el fondo y las paredes, que incorpora las puertas y rejillas de ventilación natural, y otra que constituye el techo.

Tienen la ventaja de que tanto la construcción como el montaje y equipamiento interior pueden ser realizados íntegramente en fábrica, garantizando con ello una calidad uniforme y reduciendo considerablemente los trabajos de obra civil y montaje en el punto de instalación.

La instalación es sencilla ya que las operaciones “in situ” se reducen a su posicionamiento en la excavación, al conexionado de los cables de acometida, que se introducen en los centros a través

de unos agujeros semiperforados en sus bases como los de la figura 1.27.

El acabado se realiza con pintura acrílica rugosa, de color blanco en las paredes y de color marrón en techos, puertas y rejillas.



ENTRADA CABLES ACOMETIDA

**Figura 1.27** Acometida al CT



**Figura 1.28** Vista exterior centro de transformación

### -Ubicación y accesos

El centro de transformación está situado según lo establecido en la MEMORIA JUSTIFICATIVA apartado 2.1 “Ubicación del CT” en la fachada Sur-Este de la planta de compostaje dentro de los límites del solar propiedad del abonado, cumpliendo con lo establecido por las normas ENDESA en el capítulo IV apartado 2.2.1, en cuanto a que el acceso directo desde la vía pública permite el transporte en camión del CT y demás aparatos. Además posee una acera exterior de 1.10 m de anchura para protección suplementaria frente a tensiones de contacto. El nivel freático está 0.3 m por debajo de la solera del centro de transformación y el local se encuentra en superficie a la misma cota que el vial de acceso.

Según MIE RAT 14 apartado 2, el centro de transformación permanece cerrado de tal manera que se impide el acceso a las personas ajenas al servicio, además, las puertas de acceso al recinto en el que están situados los equipos de alta tensión son abatibles y abren siempre hacia el exterior del recinto.

El centro de transformación esta ubicado en un edificio independiente tipo prefabricado, con todos los elementos montados en fábrica.

**-Dimensiones**

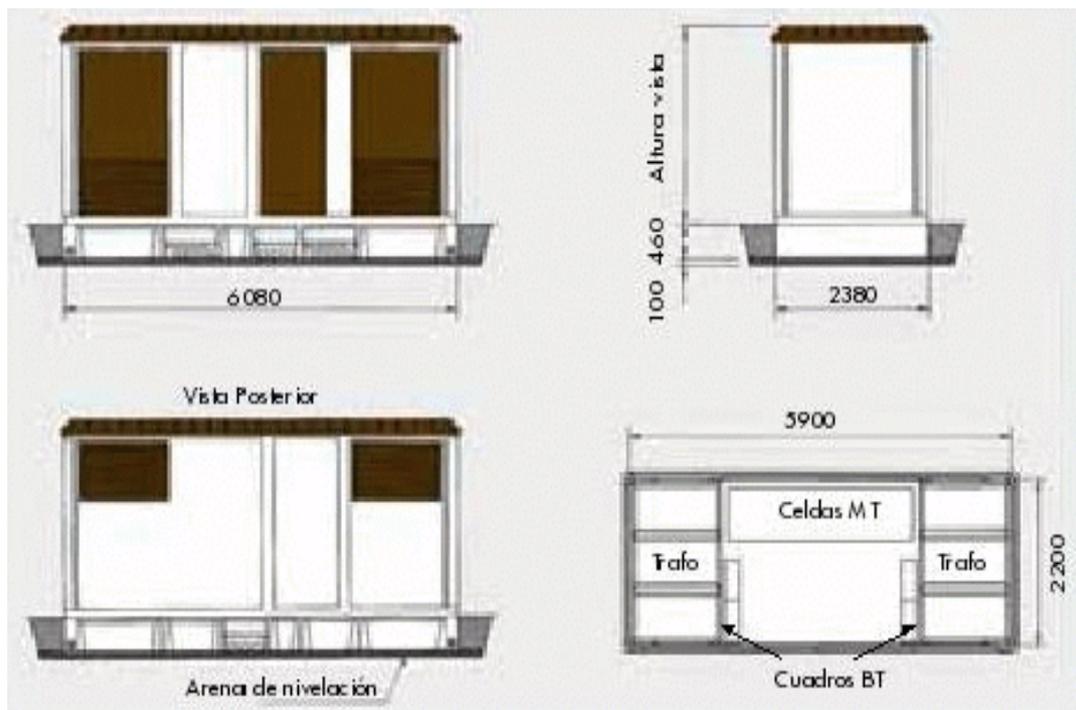
Según normas ENDESA Capítulo IV apartado 2.2.2, las dimensiones del CT permiten:

- El movimiento e instalación en su interior de los elementos y maquinaria necesarios para realizar la instalación
- Explotación en condiciones óptimas según MIE-RAT 14.
- La instalación de celdas prefabricadas según Nomas ENDESA FND003.
- La instalación de cuadros generales de baja tensión de acuerdo a las dimensiones establecidas por la Norma ENDESA FNZ001.

Las dimensiones del centro de transformación vienen dadas en la tabla 1.8 y de forma esquemática en la figura 1.29.

**Tabla 1.8 Dimensiones Centro Transformación**

Tensión nominal	hasta 24 KV
Nº máximo de transformadores	2
Máxima potencia unitaria	1000KVA
Dimensiones totales (mm) <ul style="list-style-type: none"> <li>•longitud</li> <li>•Anchura</li> <li>•Altura</li> <li>•Superficie (<math>m^2</math>)</li> <li>•Altura vista</li> </ul>	6080 2380 3240 14,5 2780
Dimensiones útiles (mm) <ul style="list-style-type: none"> <li>•Longitud</li> <li>•Anchura</li> <li>•Altura</li> <li>•Superficie (<math>m^2</math>)</li> </ul>	5900 2200 2550 13
Dimensiones excavación (mm) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Longitud</li> <li>•Anchura</li> <li>•Profundidad</li> </ul>	6880 3180 560
Dimensiones útiles de las puertas de peatón <ul style="list-style-type: none"> <li>•Anchura útil (mm)</li> <li>•Altura útil (mm)</li> </ul>	900 2100
Dimensiones útiles de las puertas del transformador <ul style="list-style-type: none"> <li>•Anchura útil (mm)</li> <li>•Altura útil (mm)</li> </ul>	1260 2100



*Figura 1.29 Esquema con dimensiones del CT*

#### -Superficies de ocupación

Los elementos eléctricos que constituyen el centro de transformación, tal y como aparece en el PLANO N° 13 DETALLE CONEXIONES CT, cumple con la norma MIE-RAT 14 en cuanto a superficies de ocupación, pasillos, etc.

#### - Ventilación

La evacuación del calor generado en el interior del centro de transformación se efectúa con ventilación natural según lo indicado en el MIE RAT.-14 apartado 3.3.

#### - Sistemas contra incendios

Se toman las medidas de protección contraincendios de acuerdo a lo establecido en el apartado 4.1 del MIE RAT-14.

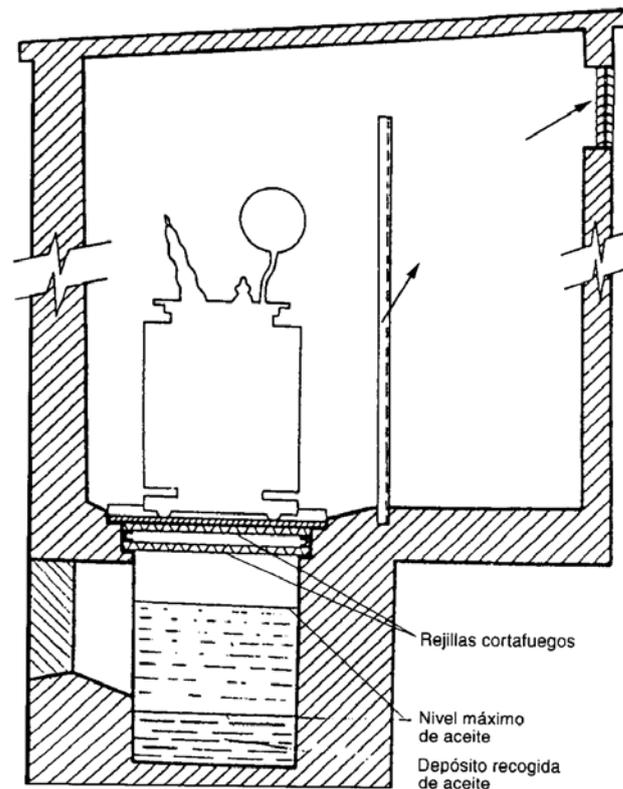
Entran en consideración dos niveles de protección contra incendios:

##### A) Sistema pasivo:

1.- Pozo colector para la recogida de aceite con dispositivo apagallamas, uno para cada transformador. El volumen de aceite almacenado para cada transformador es de 540 l para el trafo de 630 KVA y 240 l para el otro. Al tratarse de un centro de transformación prefabricado el pozo

viene dimensionado por el fabricante y es capaz de albergar la totalidad del aceite que contiene cada transformador.

La embocadura al pozo colector está debajo de cada transformador y está equipada con un dispositivo cortafuegos que consiste en dos rejillas metálicas que cubren la embocadura y separadas entre si tal y como aparece en la figura 1.30.



**Figura 1.30** Pozo apaga fuegos

2.- Obra civil resistente al fuego, techo y paredes del centro de transformación

3.- Puertas, ventanas de ventilación y marcos de acero

B) Sistema activo:

Se instalan extintores móviles teniendo en cuenta la eficacia mínima para la extinción al fuego de clase B (líquidos) en función del volumen de líquido inflamable del centro de transformación establecido en la tabla 1.9.

En función del volumen de aceite de cada uno de los trafos se fijan tres extintores de eficacia

377B

**Tabla 1.9** Eficacia sistemas extinción móviles

	Volumen ( V litros) de líquidos inflamables o combustibles					
	V<20	20<V<50	50<V<100	100<V<200	200<V<350	350<V<600
Eficacia necesaria	21 B	89 B	114 B	233 B	337 B	610 B

- Piso y mallazo

El suelo del CT está formado por un enrejado de acero de 3 mm de diámetro formando una malla de  $0.30 \times 0.30$  m enterrado a una profundidad de 0,1m con los nudos electrosoldados.

Este mallazo se conecta a la tierra de protección del CT formando una superficie equipotencial para limitar las tensiones de paso y contacto en el interior del CT.

El enrejado se une a la puesta a tierra de protección mediante una pletina metálica que sobresale 0.50 m por encima del piso del CT, de sección igual a la del enrejado.

- Carpintería y cerrajería

El local del CT cuenta con los dispositivos necesarios para permanecer habitualmente cerrado, con el fin de asegurar la inaccesibilidad de personas ajenas al servicio. La carpintería y cerrajería es metálica de suficiente solidez para garantizar la inaccesibilidad.

- Puertas de acceso

La entrada al CT se realiza a través de una puerta en su parte frontal, que da acceso a la zona de la apartamentada en la que se encuentran las celdas de media tensión, cuadro de baja tensión y elementos de control del centro. Las dimensiones de esta puerta son de  $900 \times 2100$  mm.

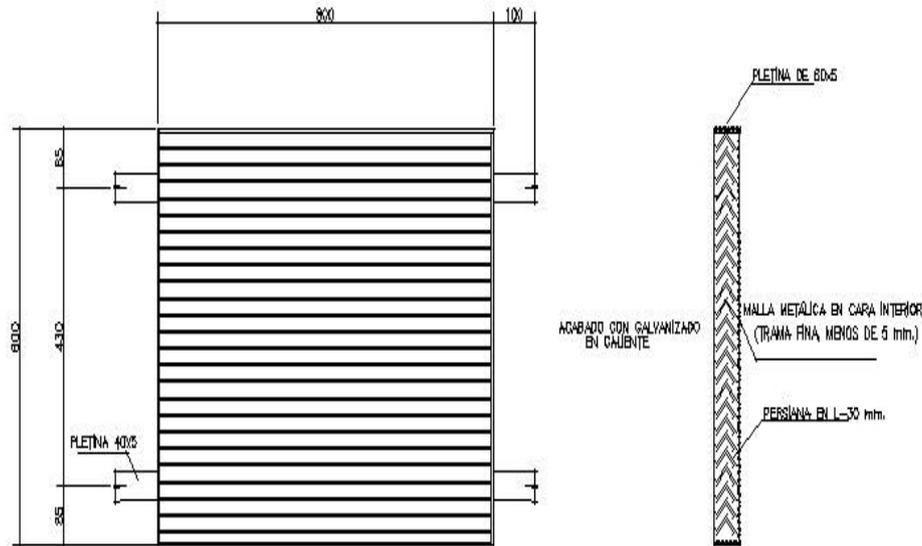
Cada transformador dispone de una puerta de dimensiones  $1260 \times 2100$  mm para poder sacar el transformador o para mantenimiento.

Las puertas de acceso no están en contacto con la tierra de protección.

- Rejillas para ventilación

Los huecos de ventilación tienen un sistema de rejillas y tela metálica que impidan la entrada de agua y pequeños animales. Tendrán un grado de protección IP 33 (UNE 20.24) y un IK (UNE-EN 50102) y no están en contacto con el sistema equipotencial o red de tierra de protección.

En el lado del transformador de 630 KVA se instalan dos rejillas de entrada de aire y otras dos de salida de características como la de la figura 1.31.



**Figura 1.31** Rejilla ventilación

De la misma forma para el transformador de 160 KVA se dispone una reja de entrada y otra de salida.

#### - Insonorización y medidas antivibratorias

El centro de transformación lleva el correspondiente aislamiento y medidas antivibratorias, de forma que no se transmitan niveles superiores a los admitidos por las ordenanzas municipales.

El aislamiento acústico y antivibratorio cumple con la Norma ONCE 34.20-12 y los documentos ENDESA FGA001 y FG005.

### **1.11.3 Celdas de media tensión**

El centro de transformación esta integrado por celdas prefabricadas bajo envoltente metálica, con dieléctrico y corte en  $SF_6$  del tipo extensible, destinadas a la conexión de los cables de media tensión, a las maniobras de ruptura y seccionamiento para mantenimiento y reparación de las instalaciones, así como protección de los circuitos eléctricos, de las personas, y de las instalaciones.

Características recogidas en la Norma ENDESA FND003 y las especificaciones técnicas de

ENDESA correspondientes 6700322 y 6700323,

Las celdas necesarias dependen del número de transformadores y de la potencia de los mismos, en la tabla 1.10 se indican las celdas necesarias.

**Tabla 1.10** Tipos de celdas del Centro de Transformación

CT de abonado, de punta y con dos transformadores
<ul style="list-style-type: none"><li>• Celda de línea</li><li>• Celda de protección</li><li>• Celda de medida</li><li>• Celdas de protección individual de cada trafo</li><li>• Celdas de transformador</li><li>• Cuadro general de BT</li></ul>

Se utilizan celdas tipo CGM fabricadas por ORMAZABAL con las funciones siguientes:

- Celda Modular de Línea (CML): Celda encargada de recibir los conductores de alimentación al centro de transformación

- Celda Modular Protección General ( CMP-V): Celda encargada de dejar sin servicio y proteger el centro de transformación en su totalidad

- Celda Modular de Medida (CMM): Permite realizar la medida de la energía consumida en media tensión.

- Celda Modular de Protección individual de cada trafo (CMP-F): Celda encargada de la protección individual de cada transformador, a parte de poder dejar sin servicio esta parte de la instalación.

- Celda de Transformador: Dedicada al alojamiento de cada transformador

- Cuadro General de Baja Tensión: Provee las salidas necesarias en baja tensión así como protección de las mismas.

En la figura 1.32 aparece el montaje de cada una de las celdas así como los esquemas eléctricos en la figura 1.33.

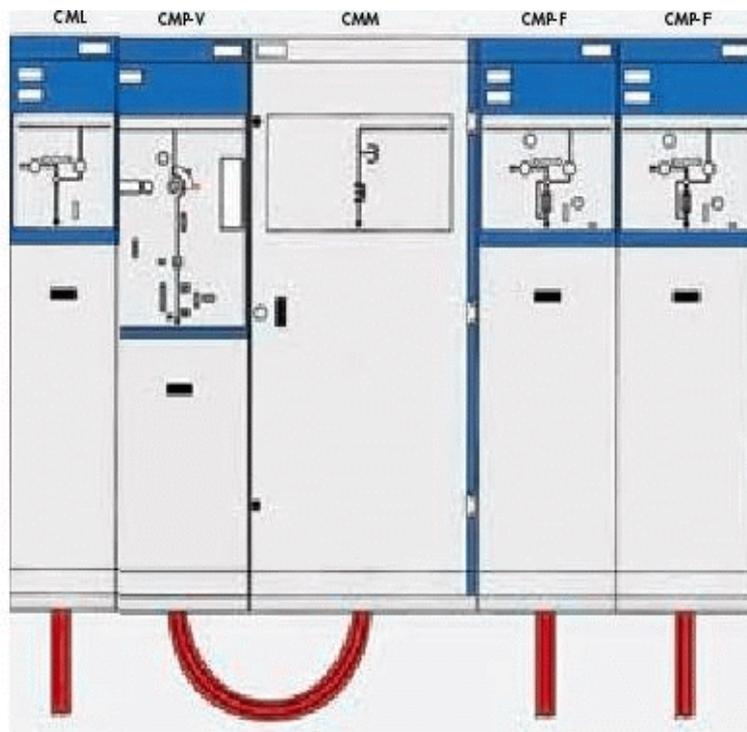


Figura 1.32 Montaje celdas Media Tensión

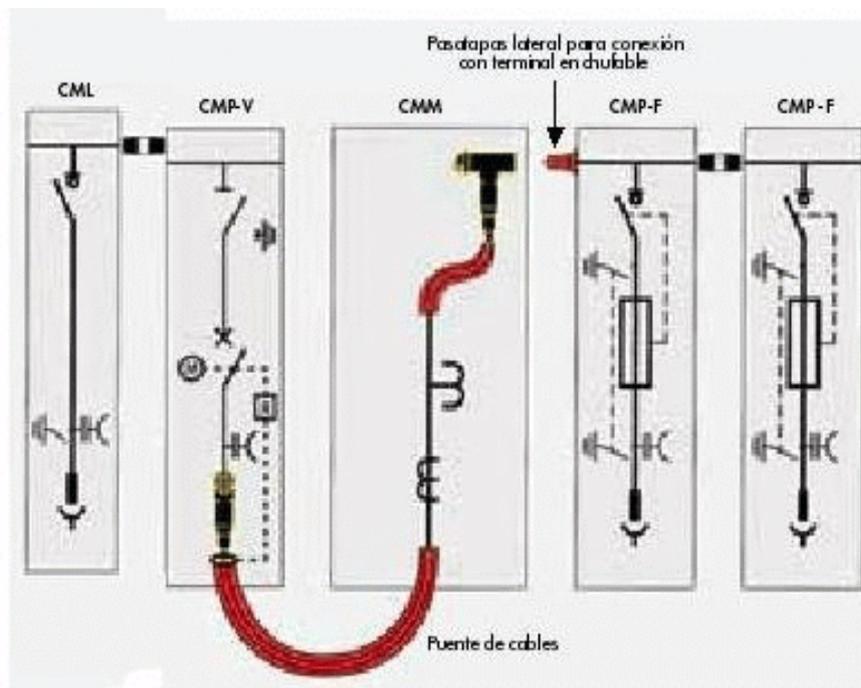


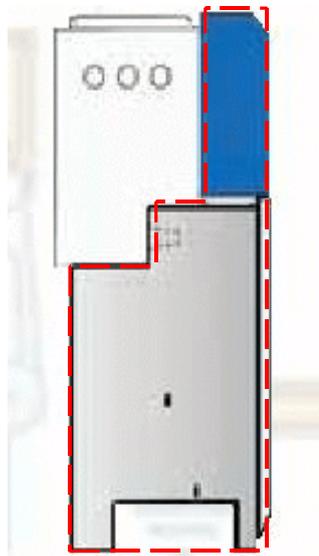
Figura 1.33 Esquema eléctrico del montaje de las celdas de MT

### 1.11.3.1 Descripción detallada

#### -Base y frente de la celda

La base soporta todos los elementos que integran la celda, figura 1.34. La altura y diseño permite el paso de los cables entre celdas sin necesidad de foso.

El frontal incluye en su parte superior la placa de características eléctricas, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la misma y los accesos a los accionamientos del mando.



**Figura 1.34** Base y frente celdas

En la parte inferior se encuentran las tomas para las lámparas de señalización de tensión y el panel de acceso a los cables y fusibles. En su interior hay una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión a la misma del sistema de tierras y de las pantallas de los cables.

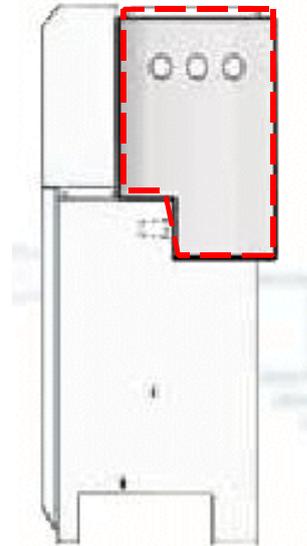
La rigidez de la chapa y su galvanizado garantizan la indeformabilidad y resistencia a la corrosión.

#### -Cuba

La cuba, figura 1.35, contiene los dispositivos de protección (seccionador, interruptor o fusibles), el embarrado y el gas SF6 que se encuentra en su interior a una presión absoluta de 1,3 bares.

El sellado de la cuba permite el mantenimiento de los requisitos de operación segura durante toda la vida útil de la celda, sin necesidad de reposición de gas. Para la comprobación de la presión

interior hay manómetro visible desde el exterior de la celda.



**Figura 1.35 Cuba**

La cuba cuenta con un dispositivo de evacuación de gases que en caso de arco interno permite su salida hacia la parte trasera de la celda, evitando así su incidencencia sobre las personas cables o aparamenta del centro de transformación.

-Las características nominales comunes a todas las celdas

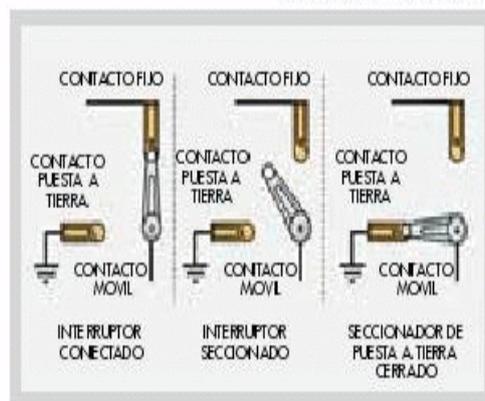
- Tensión asignada 24 KV
- Tensión que soporta entre fases, y entre fases y tierra:
  - A frecuencia industrial (50 Hz), 1 minuto: 50 KV ef.
  - A impulso tipo rayo 125 KV cresta
- Intensidad asignada en funciones de línea 400 A
- Intensidad nominal admisible de corta duración (1s): 16 KA ef.
- Valor de cresta de la intensidad nominal admisible: 40 KA cresta
- Puesta a tierra. El conductor de puesta a tierra está dispuesto a lo largo de las celdas según UNE-EN 60298.

-Embarrado: El embarrado está sobredimensionado para soportar sin deformaciones permanentes los esfuerzos dinámicos que en un cortocircuito se puedan presentar y que se detallan en el apartado de cálculos.

*Celda de línea (CGM-CML-24)*

Es la encargada de recibir los conductores de la línea de alimentación al centro de transformación. Consta de un interruptor-seccionador con puesta a tierra que dispone de tres posiciones, conectado, seccionado y puesta a tierra tal y como aparece en la figura 1.36.

La actuación de este interruptor se realiza mediante palanca de accionamiento sobre dos ejes distintos, uno para el interruptor (conmutación entre las posiciones de interruptor conectado e interruptor seccionado), y otro para el seccionador de puesta a tierra de los cables de acometida (que conmuta entre las posiciones de seccionado y puesta a tierra.)

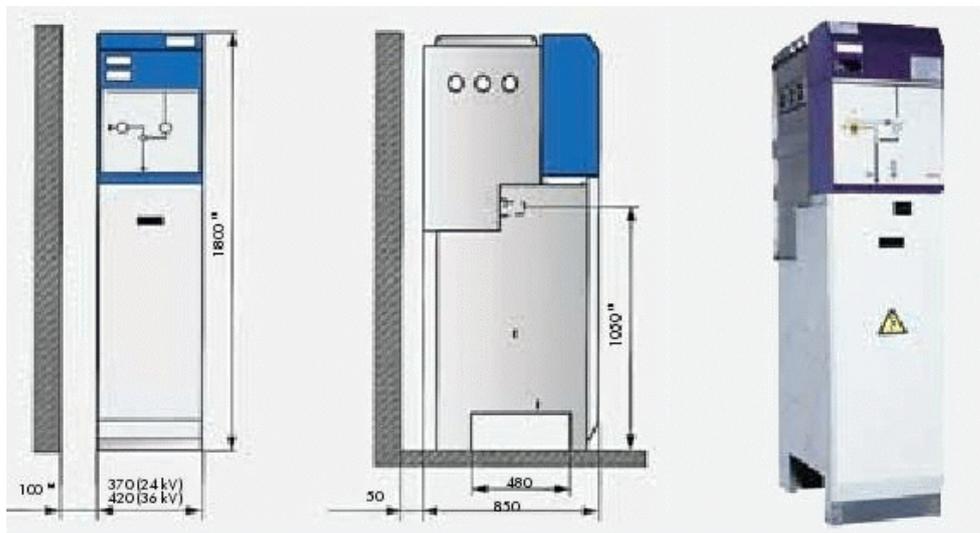


**Figura 1.36** Esquema funcionamiento interruptor

Es una celda con envoltorio metálica, tipo **CGM-CML-24**, fabricada por **ORMAZABAL** tal y como aparece en la figura 1.37, de 24 kV de tensión nominal, 400 A de intensidad nominal, y dimensiones 370 × 1.800 × 850 mm. Encerrando en su interior están apropiadamente montados y conexiados los siguientes elementos:

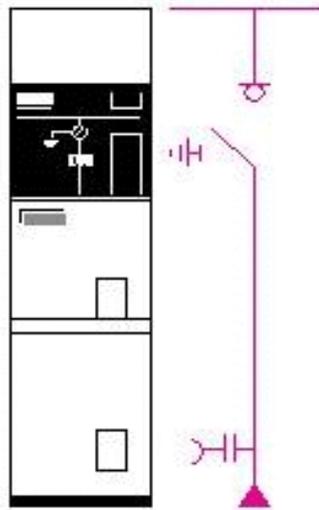
- Interruptor - seccionador tripolar de ruptura en SF6, de 400 A y 24 kV, con capacidad de cortocircuito de 16 kA 1s, y 40 kA cresta, poder de cierre de 40 kA, y poder de corte de 400 A.
- Mando manual para accionamiento del interruptor - seccionador.
- Juego de barras tripolar de 400 A.
- Panel de acceso al juego de barras.

- Bornes para conexión de cables.
- Puerta de acceso al compartimento de cables preparado para la conexión por cable.
- Seccionador de puesta a tierra.
- Barra de puesta a tierra general.
- Dispositivo con bloque de tres lámparas de presencia de tensión.



**Figura 1.37** Características Celda de Línea

El esquema eléctrico es el que aparece en la figura 1.38.



**Figura 1.38** Esquema eléctrico celda de línea

-Celda de protección general CGM-CMP-V 24

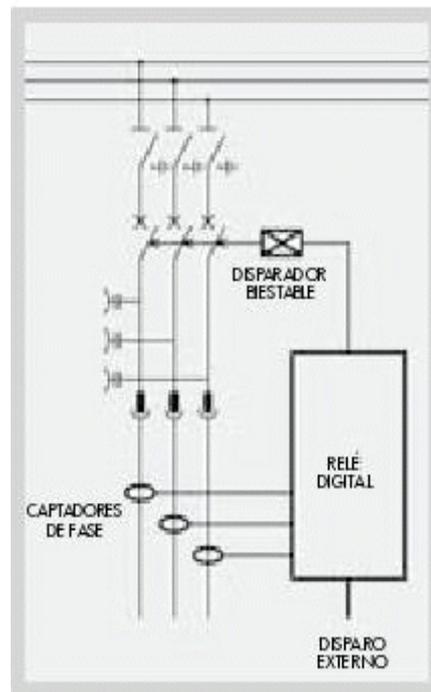
Su función es proteger a ambos transformadores y las líneas de alimentación a ambos además de dejar sin servicio la instalación. Incluye un seccionador de tres posiciones (abierto, cerrado y puesta a tierra) y un interruptor automático de corte en vacío.

Esta celda dispone de un sistema autónomo de protección denominado RPGM. Las posibilidades del relé de estas celdas incluyen las protecciones contra:

Cortocircuitos entre fases y sobreintensidades

Cortocircuitos fase-tierra y fugas a tierra

Sobrecalentamientos (disparo externo del termostato)



**Figura 1.39** Esquema RPGM

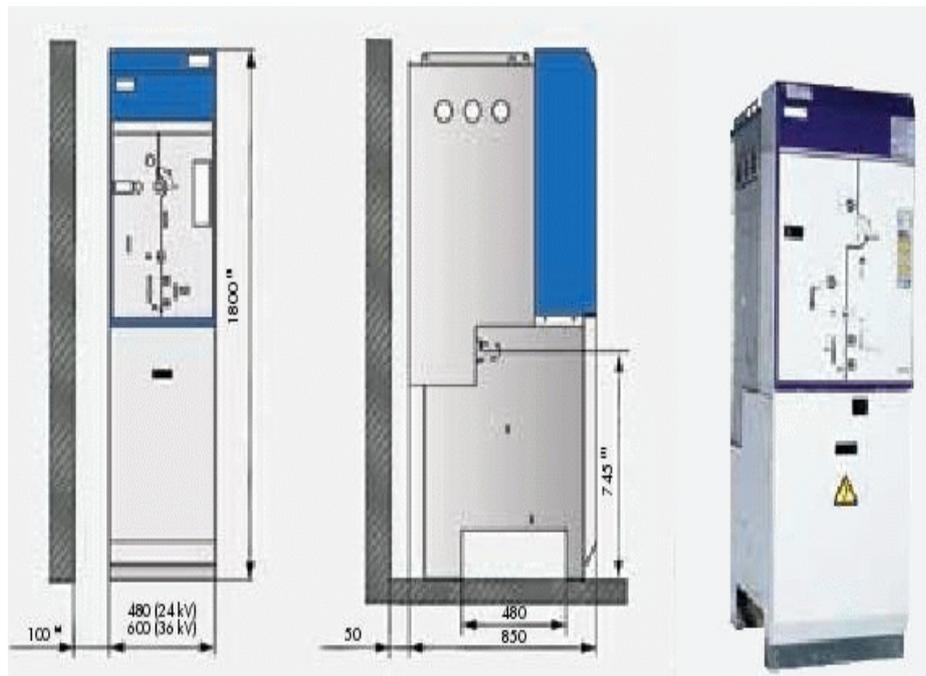
En la figura 1.39 se diferencian tres elementos:

- 1.- Captadores toroidales: Son tres captadores de fase que rodean a cada uno de los cables. Su misión es alimentar al relé, y a la vez, darle indicación de la corriente que circula por cada una de las fases y a tierra.
- 2.-Disparador biestable: Se emplea un disparador electromecánico que con un pequeño impulso de tensión desencadena la apertura del interruptor automático.
- 3.- Relé digital: Es un relé de bajo consumo donde se visualizan una serie de testigos para indicación de la causa de apertura del interruptor automático y además donde se procede al tarado de la protección contra sobreintensidad, cortocircuito, fuga a tierra, y falta a tierra.

Consiste en una celda con envolvente metálica, figura 1.40, tipo CMP-V-24, fabricada por ORMAZABAL, de 24 kV de tensión nominal, 400 A de intensidad nominal, y dimensiones 480 × 1800 × 850 mm, encerrando en su interior apropiadamente montados y conexiados los siguientes elementos:

- Interruptor automático tripolar, de 400 A, 24 kV, capacidad de cortocircuito de 16 kA 1s, y 40 kA cresta, poder de cierre de 40 kA, poder de corte de 20 kA.
- Mando manual para accionamiento del interruptor - automático.

- Seccionador tripolar de corte brusco y aislamiento en SF6, de 400 A y 24 kV, y capacidad de cortocircuito de 16 kA 1s, y 40 kA cresta.
- Juego de barras tripolar de 400 A.
- Panel de acceso al juego de barras.
- Bornes para conexión de cables.
- Puerta de acceso al compartimento de cables preparado para la conexión por cable.
- Seccionador de puesta a tierra.
- Barra de puesta a tierra general.
- Dispositivo con bloque de tres lámparas de presencia de tensión.



**Figura 1.40** Celda de protección general

Celda de medida (CGM - CMM 24)

Esta celda permite realizar la medida en alta de la energía suministrada por los transformadores de potencia (630+160 KVA). Es una celda con envolvente metálica, tipo CGM- CMM 24, fabricada por ORMAZABAL, de 24 KV de tensión nominal, 400 A de intensidad nominal, y  $800 \times 1800 \times 1025 \text{ mm}$  dimensiones, y aloja los transformadores de medida en alta que son los siguientes:

Tres transformadores de intensidad, de características:

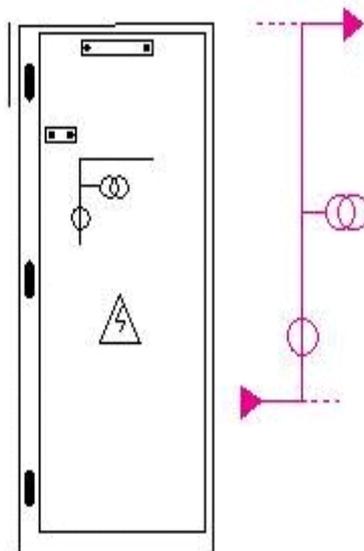
Clase de precisión mínima:	0,5
Potencia de precisión mínima	15 VA
Tensión nominal de aislamiento	24 kV
Tipo de aislamiento	Seco
Intensidad nominal primaria	30 A
Intensidad nominal secundaria	5 A

Tres transformadores de tensión, de características:

Clase de protección mínima	0,5
Potencia de precisión mínima	50 VA
Tensión nominal de aislamiento	24 kV
Tipo de aislamiento	Seco
Tensión nominal primaria	$22000/\sqrt{3} \text{ V}$
Tensión nominal secundaria	$110/\sqrt{3} \text{ V}$



**Figura 1.41** Celda de medida



**Figura 1.42** Esquema eléctrico celda de medida

-Celdas de protección con fusibles (CGM-CMF 24)

A continuación se instalan dos celdas de protección una para cada transformador. El esquema eléctrico aparece en la figura 1.43. Cada una de estas celdas contiene un interruptor - seccionador con fusibles combinados, que hace las veces de protección del transformador. Es una celda con envolvente metálica, tipo CGM-CMP-F-24, figura 1.45, fabricada por ORMAZABAL, de 24 kV de tensión nominal, 400 A de intensidad nominal, y dimensiones  $480 \times 1.800 \times 850$  mm, encerrando en su interior apropiadamente montados y conexiónados los siguientes elementos:

interruptor - seccionador tripolar de ruptura en SF<sub>6</sub>, de 400 A y 24 kV, con capacidad de cortocircuito de 16 kA 1s, y 40 kA cresta, poder de cierre de 40 kA, y poder de corte de 400 A.

Mando manual para accionamiento del interruptor - seccionador.

Juego de barras tripolar de 400 A.

Panel de acceso al juego de barras.

Bornes para conexión de cables.

Puerta de acceso al compartimento de cables preparado para la conexión por cable.

Seccionador de puesta a tierra.

Barra de puesta a tierra general.

Dispositivo con bloque de tres lámparas de presencia de tensión.

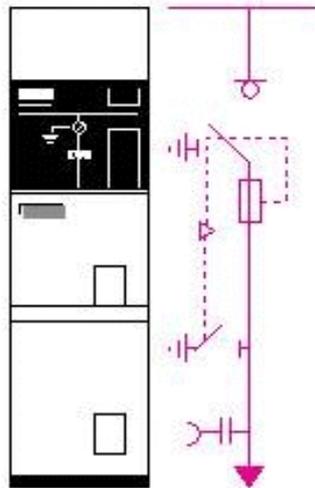
Los fusibles se montan sobre unos carros que se introducen en los tubos portafusibles de resina aislante, tal y como se muestra en la figura 1.44.

El calibre de los fusibles es distinto para cada una de las celdas dependiendo del transformador que protege como se calcula en la MEMORIA DE CÁLCULO apartado 3.3.4 “Elección de fusibles” y cuyos valores son los siguientes:

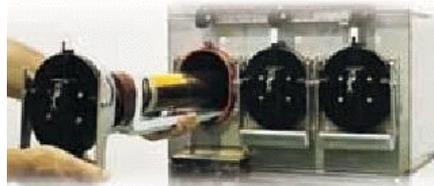
Tres cortacircuitos fusibles de alto poder de ruptura (a.p.r.) y baja disipación térmica, tipo CF, de 24 kV y calibre 16 A para el transformador de 160 KVA.

Tres cortacircuitos fusibles de alto poder de ruptura (a.p.r.) y baja disipación térmica, tipo CF, de 24 kV y calibre 40 A para el transformador de 630 KVA.

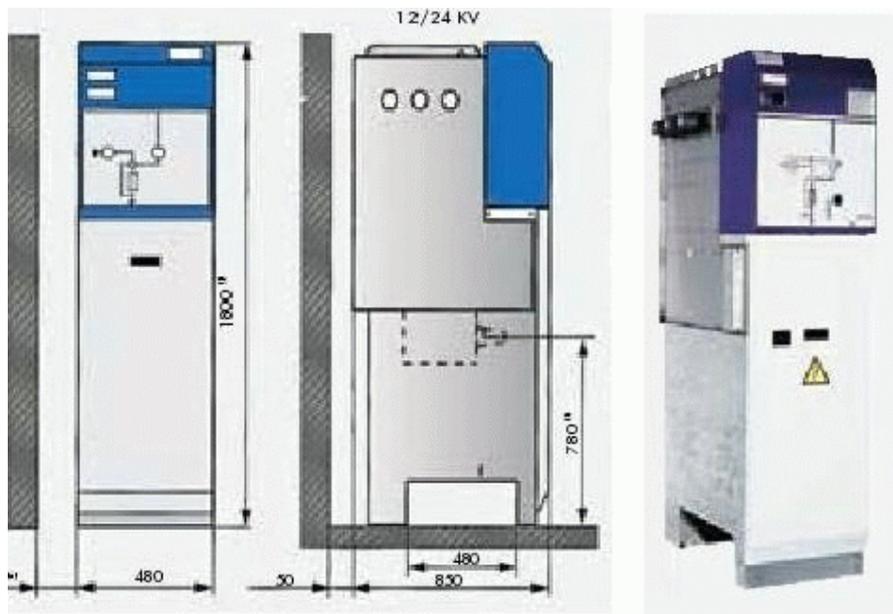
Los tres tubos, inmersos en SF<sub>6</sub>, son perfectamente estancos respecto del gas, y cuando están cerrados lo son también respecto del exterior garantizando insensibilidad a la polución exterior y a las inundaciones.



*Figura 1.43 Esquema eléctrico celda de protección con fusibles*



*Figura 1.44 Fusibles APR*

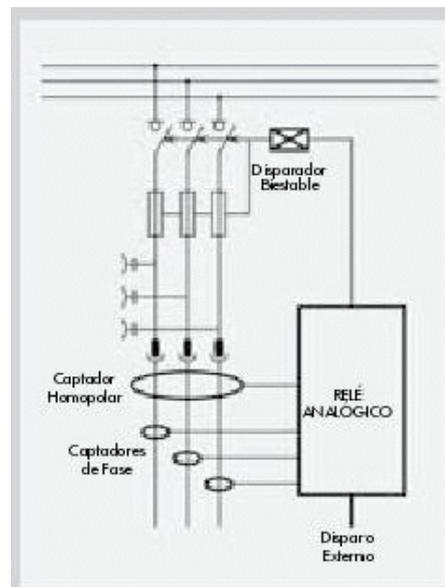


*Figura 1.45 Características celda de protección con fusibles*

Cada una de estas celdas dispone de un sistema autónomo de protección cuyas funciones son:

- Contra sobreintensidades
- Contra fugas a tierra u homopolar
- Contra sobrecalentamientos debidos a disparo del termostato ubicado en cada uno de los transformadores.

El esquema de funcionamiento es el que aparece en la figura 1.46.



**Figura 1.46** Sistema de protección RPTA

### 1.11.4 Transformador

Se disponen dos transformadores trifásicos reductores de tensión, con neutro accesible en el secundario, fabricado según los requisitos de la serie de normas UNE 21428, EN-60076, IEC 76 de llenado integral como el que aparece en la figura 1.47 ya que se consigue una mínima degradación del aceite por oxidación y absorción de humedad, así como unas dimensiones reducidas y mantenimiento mínimo, frente a otras técnicas tales como cámara de aire bajo tubo o depósito de expansión.

Las características generales de ambos transformadores son:

- La tensión primaria es de 20 kV con posibilidad de regular a  $\pm 2,5\%$ ;  $\pm 5\%$ , y la tensión secundaria de  $3 \times 400/231$  V a la frecuencia de 50 Hz.
- Sumergidos en aceite mineral de acuerdo a la norma UNE 21-320/5-IEC 296.

- Cuba de aletas
- Refrigeración natural (ONAN)
- El color de la capa exterior es azul verdoso del tipo 8010-B10G según norma UNE 48103.
- Conmutador de cambio de tensión sobre tapa (maniobrable sin tensión).
- Válvula de sobrepresión
- Relé de protección (gas, presión y temperatura)



**Figura 1.47** Transformador de llenado integral

Las características específicas de cada uno de los trafos son:

1.- Transformador de 160 KVA de potencia, arrollamiento de cobre y grupo de conexión Dyn11.

- La tensión de cortocircuito es del 4,0%, las pérdidas en el hierro de 460 W, y las pérdidas en el cobre de 2.350 W.

-En cuanto a sus dimensiones, tiene una longitud de 1.180 mm, una anchura de 790 mm, y una altura de 1.360 mm. Su peso es de 900 kg, y la presión acústica alcanza los 59

dB(A). La cuba tiene una capacidad de 240 litros de aceite, y el peso para desencubar es de 490 kg.

2.- Transformador de 630 KVA de potencia, arrollamiento de cobre y grupo de conexión Dyn11.

- La tensión de cortocircuito es del 4,0%, las pérdidas en el hierro de 1.300 W, y las pérdidas en el cobre de 6.500 W.

- En cuanto a sus dimensiones, tiene una longitud de 1.520 mm, una anchura de 880 mm, y una altura de 1.780 mm. Su peso es de 2.150 kg, y la presión acústica alcanza los 67 dB(A). La cuba tiene una capacidad de 540 litros de aceite, y el peso para desencubar es de 1.270 kg.

#### **1.11.4.1 Protección transformador**

La protección contra sobrecargas, faltas a tierra y cortocircuitos en ambos transformadores y en las líneas que lo alimentan, la realiza la celda general de protección con interruptor automático asociado a un relé electrónico con captadores de intensidad por fase cuya señal alimenta a un disparador electromecánico. Individualmente en cada transformador la protección contra cortocircuitos se realiza mediante celda de protección con fusibles combinados ya descrito en apartado anterior.

La protección contra sobretensiones se realiza mediante un detector de presión de gas y temperatura situado en la tapa superior del transformador y denominado DPGT como el de la figura 1.48. Cada uno de estos mecanismos posee dos niveles de alarma, para el caso del detector de gases los niveles son, en función de la intensidad de formación del gas, los siguientes:

- Nivel de alarma por formación lenta de gases, avería pequeña
- Nivel de disparo, apertura del interruptor automático por formación brusca de gases, avería más importante.

Los niveles de alarma del detector de temperatura son de señal de aviso y otro regulado a una mayor temperatura de disparo del interruptor automático.

La ventaja de utilizar un detector de gases es la posibilidad de detectar fallos internos del transformador ya que los termómetros vigilan la temperatura del aceite en la capa superior del mismo, que es la más caliente debido a la convección.

También poseen:

- Visualizador de la temperatura del aceite
- Detector mediante flotador del nivel de aceite

- Válvula de sobrepresión.



*Figura 1.48 Relé DGTP*

### **1.11.5 Puente de unión celdas AT- transformador**

La conexión entre el transformador y la celda de línea del centro de transformación se efectúa mediante una terna de cables unipolares de aislamiento seco RHZ1, aislamiento 12/20 KV, de 95 mm<sup>2</sup> en Al, con sus elementos de conexión de acuerdo con la normativa de ENDESA. Véase plano N° 13 DETALLES CONEXIONES CT.

### **1.11.6 Puesta a tierra**

Se disponen para la puesta a tierra dos circuitos independientes:

- Puesta a tierra general : Se conecta a esta toma de tierra la de protección y servicio. A la de protección se conectan las partes metálicas interiores del centro de transformación que normalmente están sin tensión, pero que pueden estarlo como consecuencia de averías o accidentes; carcasa de los transformadores, chasis y bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes y armazones de las celdas, los armarios con aparatos de baja tensión, etc. y a la de servicio los secundarios de los transformadores de medida, aparatos de maniobra etc. La tierra de protección y servicio están unidas en la tierra general.

- Puesta a tierra del neutro: destinada a la puesta a tierra del neutro de baja tensión.

### 1.11.6.1 Tierra general

La puesta a tierra de protección se ha diseñado con la configuración 60-25/5/42 según “ Método de cálculo de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de 3ª categoría” de UNESA, calculado en la MEMORIA DE CÁLCULO apartado 3.3.8 “Tierra de protección” y tal y como aparece en el PLANO N° 14 PUESTA A TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

En la pared interior del centro de transformación se dispone un conductor desnudo de  $50 \text{ mm}^2$  formando un anillo, al que se conectan mediante conductores de cobre de igual sección que el anterior todos los elementos indicados en el apartado anterior. Este cable está sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento.

Se disponen cuatro picas de acero cobrizado, de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro, dispuesta en los vértices de un rectángulo de  $6 \times 2,5$  m y conectadas a las esquinas del anillo anterior mediante un conductor de cobre desnudo de  $50 \text{ mm}^2$ .

Con el objetivo de crear una superficie equipotencial en el interior del centro de transformación se dispone de un mallazo electrosoldado de 4 mm de diámetro formando cuadrículas de  $0,30 \times 0,30$  mm conectada a dos puntos de la tierra de protección y enterrada en la solera a 100 mm de profundidad.

### 1.11.6.2 Puesta a tierra del neutro

Para la puesta a tierra del neutro se ha previsto un conjunto de 6 picas en hilera con una separación entre ellas de 3 metros y una longitud de pica de 2 metros, unidas por conductor horizontal de cobre de sección  $50 \text{ mm}^2$  a una profundidad de 0.5 m.

La conexión desde el centro de transformación hasta la primera pica se hace mediante cable de cobre aislado 0,6/1 kV de  $50 \text{ mm}^2$  de sección enterrado bajo tubo de PVC, con grado de protección mecánica 7, de 90 mm de diámetro a una profundidad de 0,8 m. La longitud de esta conexión es de 10 m, y en este punto se coloca una arqueta y en su interior un seccionador a tierra. Con esta instalación se consigue una resistencia a tierra de 14,6 ohmios.

Veáse PLANO N° 14 PUESTA A TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

## 1.11.7 Instalaciones secundarias

### 1.11.7.1 Alumbrado

Para el alumbrado del centro de transformación se disponen dos puntos de luz en pantallas fluorescente de dos tubos,  $2 \times 36$  W cada pantalla, dispuestos sobre soportes rígidos de forma que se mantenga la máxima uniformidad de la luz. Dan un nivel medio de iluminación de 150 lux.

El interruptor del alumbrado está situado en la proximidad de la puerta de acceso. Está conectado a través de un cable 0,6/1 kV de  $2 \times 2,5 \text{ mm}^2$  de cobre, bajo tubo rígido en montaje superficial.

Tiene un alumbrado de emergencia autónomo de 8 W con batería de reserva de una hora.

### **1.11.7.2 Medida de la energía eléctrica**

La medida de energía se realiza mediante un cuadro de contadores conectado al secundario de los transformadores de intensidad y tensión de la celda de medida.

El cuadro de contadores está formado por un armario de doble aislamiento de dimensiones mm,  $540 \times 270 \times 230$  que dispone de mirilla para transparente para ver los contadores equipado con los siguientes elementos.

- Regleta de verificación normalizada según ENDESA
- Contador de energía activa, trifásico, de cuatro hilos, de doble tarifa (tipo 2), homologado por ENDESA , con indicación máxima, tensión  $110 \div \sqrt{3}$  V y clase de precisión 1.
- Contador de energía reactiva, trifásico, de cuadro hilos, de simple tarifa, homologado por ENDESA, y clase de precisión 3.
- Un reloj programador electrónico para el cambio de tarifa y gobierno del maxímetro, homologado, clase 1, de alimentación compatible con la tensión de los circuitos de medida. Dispone de una reserva de marcha que le permite estar funcionando sin tensión, al menos durante 144 horas. La adaptación de la discriminación horaria y de la hora oficial por el cambio de verano a invierno y viceversa, es realizada por el reloj de forma automática.
- Las líneas de conexión del equipo de medida se realiza de la forma más corta posible. Se emplean conductores de cobre con aislante del tipo H07V-7, según Norma UNE 21031/3, bajo tubo rígido

### **1.11.7.3 Señalización**

En las puertas y pantallas de protección se coloca una señal triangular distintiva de riesgo eléctrico homologada por ENDESA.

Las celdas prefabricadas de media tensión y el cuadro de baja tensión llevan también la señal triangular distintiva de riesgo eléctrico adhesiva equipada en fábrica.

Las celdas de los transformadores, cuadros y circuitos están claramente diferenciados entre sí, señalizados mediante rótulos y en particular señalizados todos los elementos de accionamiento de los aparatos de maniobra.

#### **1.11.7.4 Material de seguridad**

En un lugar visible del interior del centro de transformación se sitúa un cartel con las instrucciones de primeros auxilios a prestar en caso de accidente y su contenido se refiere a la respiración boca a boca y masaje cardiaco. Su tamaño es de UNE A-3.

En el centro de transformación y en lugar apropiado se disponen las instrucciones escritas para la maniobra de los aparatos.

### **1.12 INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN**

#### **1.12.1 Puente de unión transformador-cuadro baja tensión**

El puente de baja tensión esta constituido por los cables de baja tensión utilizados para la conexión entre el transformador y el cuadro general de baja tensión.

La unión entre las bornes del transformador y el cuadro de general de baja tensión se efectúa por medio de cables aislados unipolares de aluminio tipo RV 0,6/1 kV, que se ajustan a lo especificado en la Norma ENDESA CNL001, así como las Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias 6700027 y 6700028.

En la tabla 1.11 aparecen las características del puente para cada uno de los transformadores:

*Tabla 1.11 Características puente baja tensión*

Potencia del trafo en KVA	Nº y sección de conductores	
	Fase	Neutro
160	$3 \times 1 \times 150\text{mm}^2$	$1 \times 150\text{mm}^2$
630	$3 \times 3 \times 240\text{mm}^2$	$2 \times 240\text{mm}^2$

#### **1.12.2 Cuadro general de baja tensión**

El cuadro general de baja tensión se ubica en el interior del centro de transformación, veáse PLANO N° 12 PLANTA INTERNA INTERIOR Y SECCIÓN DEL CT, y consta de dos, uno para cada transformador.

Los cuadros cumplen con la norma ENDESA FNZ001, así como las especificaciones técnicas ENDESA 6700040 y 6700038.

Ambos cuadros están formados por un modulo de acometida con capacidad para cuatro salidas en baja tensión cada uno.

El cuadro general de baja tensión correspondiente al transformador de 160 KVA tiene una única salida en baja mientras que el correspondiente al de 630 KVA tiene tres salidas.

Los armarios son conforme a las especificaciones de las Normas UNE-EN 60 439-3 y UNE-EN 20 451. Es metálico de color beige, formado por bastidores sobre armazón, con espesor de chapa de 1,5 mm. Los bastidores están unidos en sus esquinas por cantoneras de aleación de zamac y atornillados en tres puntos por esquina. Los laterales, fondo, techo y puerta están forrados por chapa fosfatada y pasivada por cromo con un espesor de 1,5 mm, con revestimiento de pintura termoendurecida basado en poliéster polimerizado y pintura epoxy. La parte delantera lleva una puerta con cuatro bisagras, cerradura con llave y cuatro pasadores o puntas de fijación.

Las características del cuadro son las siguientes:

- Tensión de servicio: 1000 V
- Tensión de aislamiento: 1000 V
- Intensidad nominal: 3200 A
- Intensidad asignada de cresta admisible: 187 kA
- Intensidad asignada de corta duración admisible 85 kA ef /1 s

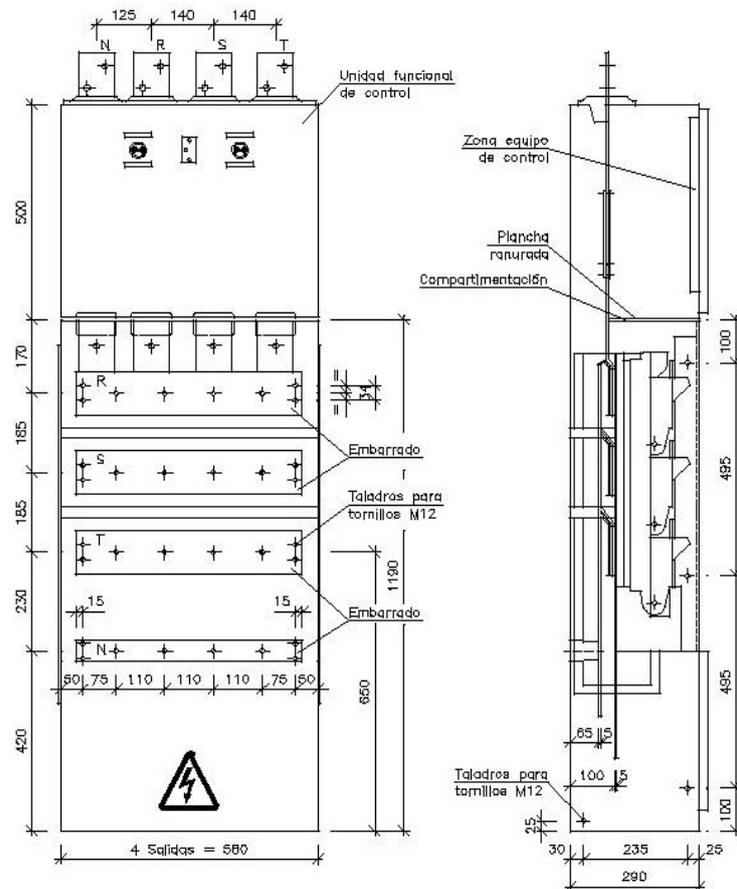
Los elementos principales se describen a continuación:

*1.- Unidad funcional de embarrado*

Está constituida por dos clases de barras de cobre:

a) Barras verticales de llegada que tienen como misión la conexión eléctrica entre conductores procedentes del transformador y el embarrado horizontal.

Las barras están situadas según se indica en la figura 1.49 en el orden N, R, S, T.



**Figura 1.49** Cuadro general de baja tensión

b) Barras horizontales o repartidoras que tienen como misión el pasar la energía procedente de las barras verticales para su distribución entre las diferentes salidas.

La barra del neutro está debajo de la correspondiente a las fases.

## 2.- Unidad funcional de seccionamiento y protección

Corresponde a las protecciones de cada una de las salidas del cuadro.

Para el caso del cuadro general del transformador de 630 KVA

- 3 interruptores automáticos Compact NS 250 L asociados a tres relés magnetotérmicos TM 250 D, con poder de corte 50 kA a la tensión de 400 V e intensidad nominal 237 A.

- 3 Interruptores diferenciales Merlin Gerin 250 A de intensidad nominal y 300 mA de sensibilidad

- 2 voltímetros generales 0-500 V con conmutador R-S-T-N

- 3 Amperímetros generales a trafos de intensidad para las fases generales.
- Aparamenta correspondiente a los servicios de alumbrado y fuerza del centro de transformación.

Para el caso del cuadro general del transformador de 160 KVA

- 1 interruptores automáticos Compact NS 250 L asociados a tres relés magnetotérmicos TM 250 D, con poder de corte 50 kA a la tensión de 400 V e intensidad nominal 237 A.
- 1 Interruptores diferenciales Merlin Gerin 250 A de intensidad nominal y 300 mA de sensibilidad
- 2 voltímetros generales 0-500 V con conmutador R-S-T-N
- 3 Amperímetros generales a trafos de intensidad para las fases generales.

### **1.12.3 Estructura de la red de distribución BT**

Aquí se describen las líneas que parten desde los dos cuadros generales de baja tensión de ambos transformadores hasta los cuadros secundarios.

Como se establece en esta memoria en el apartado 1.8.1 “*Determinación de la potencia del centro de transformadores*” ambos transformadores trabajan independientemente alimentado a circuitos independientes.

En la figura 1.50 aparecen de forma esquemática los distintos circuitos que parten de los cuadros generales de baja tensión del centro de transformación y en la figura 1.51 distribución espacial de la red de distribución en baja tensión.

Véase también PLANO N° 15 ALIMENTACIÓN CUADROS BAJA TENSIÓN.

Los circuitos alimentan a los distintos cuadros a la tensión de 400 V , tensión compuesta, con un número de fases de tres más neutro. Van bajo tubo y enterrados en zanja, tal y como aparece en el PLANO N° 9 CROQUIS CANALIZACIONES. Según necesidades se han puesto arquetas tipo A1 en los lugares necesarios. Véase PLANO N° 10 CROQUIS ARQUETA.

En total aparecen cuatro cuadros secundarios de alimentación a receptores, CCM1,CCM2, CCM3 y CSA, los cuales están alimentados a su vez por dos cuadros generales secundarios CS (T1) y CS (T2). El cuadro CS (T1) está alimentado por las tres salidas en baja tensión del cuadro general de baja tensión correspondiente al transformador de 630 KVA, de la misma forma el cuadro CS (T1) está alimentado por la única salida en baja desde el cuadro general de baja tensión del transformador de 160 KVA.

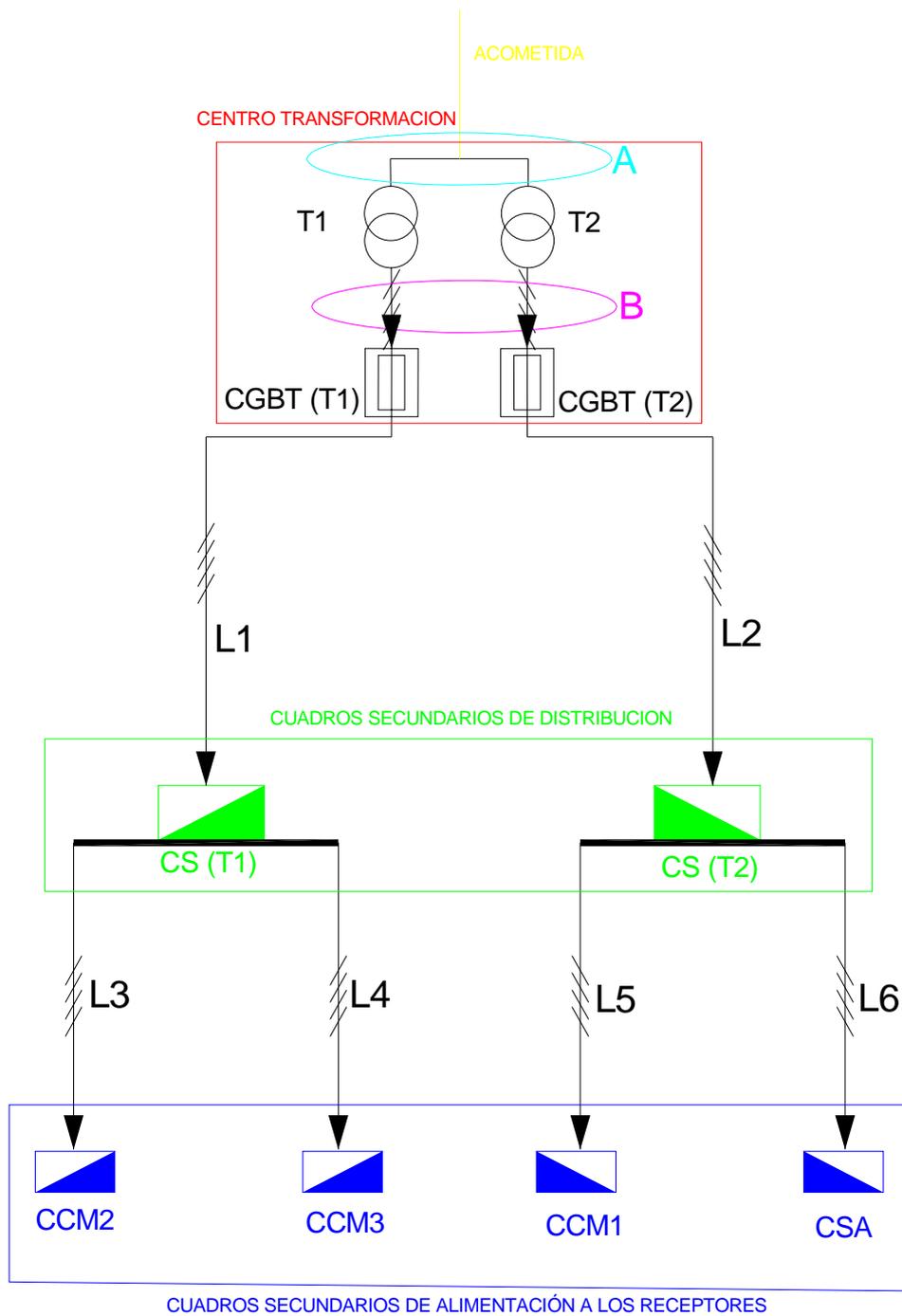


Figura 1.50 Esquema alimentación cuadro secundarios

Siendo:

T1 : Transformador de 630 KVA, 20/0,4 kV, grupo conexión Dyn11

T2: Transformador de 160 KVA, 20/0,4 kV, grupo conexión Dyn11

CGBT (T1): Cuadro General Baja Tensión del Transformador de 630 KVA

CGBT (T2): Cuadro General Baja Tensión del Transformador de 160 KVA

L1: Alimentación cuadro secundario general.

L2: Alimentación cuadro secundario general

CS: Cuadro general secundario

CCM1: Cuadro secundario de alimentación a receptores.

CCM2: Cuadro secundario de alimentación a receptores

CCM3: Cuadro secundario de alimentación a receptores

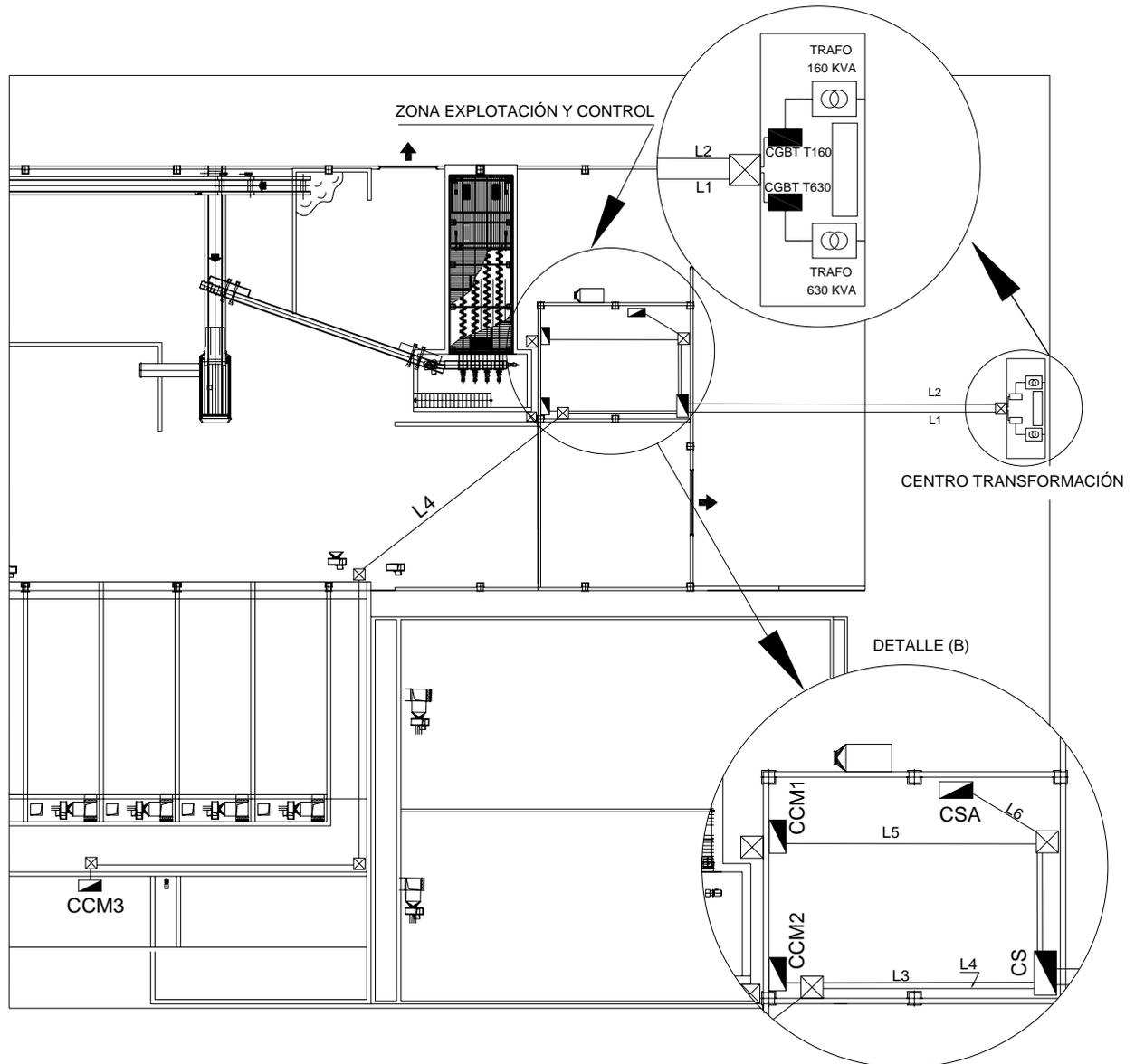
CCM4: Cuadro secundario de alimentación a receptores

L3: Línea alimentación CCM2

L4: Línea alimentación CCM3

L5: Línea alimentación CCM1

L6: Línea alimentación CSA



*Figura 1.51* Detalles red de distribución BT

### 1.12.3.1 Características red de distribución BT

En este apartado se describen las características principales de las líneas de distribución descritas en el apartado anterior así como el método de instalación utilizado en cada una de ellas.

Las características de las líneas de alimentación que parten del transformador de 630 KVA aparecen en las tablas 1.12 y 1.13.

**Tabla 1.12** Características línea de alimentación Cuadro General

<b>LINEA ALIMENTACION CUADRO SECUNDARIO GENERAL</b>								
Circuito	Método de instalación	Ltot	Un	Pcal	In	Imax	Sección	Cdt
L1	RV 0,6/1 kV Al Enterrado bajo tubo	28	400	423	236,65	239	3×(4×300)mm <sup>2</sup> Al bajo tubo=225mm	1,53

**Tabla 1.13** Características líneas de alimentación Cuadros secundarios

<b>LINEAS ALIMENTACIÓN CUADROS SECUNDARIOS DE ALIMENTACIÓN A RECEPTORES.</b>								
Circuito	Método de instalación	Ltot	Un	Pcal	In	Imax	Sección	Cdt
L3	RV 0,6/1 kV Al Enterrado tubo	10	400	240	201,4	210	2×(4×185)mm <sup>2</sup> Al bajo tubo = 180 mm	1,84
L4	RV 0,6/1 kV Al enterrado tubo	75	400	246	204,06	210	2×(4×185)mm <sup>2</sup> Al bajo tubo = 180 mm	3,87

Las características de las líneas de alimentación que parten del transformador de 160 KVA aparecen en las tablas 1.14 y 1.15.

**Tabla 1.14** Características línea alimentación cuadro general

<b>LINEA ALIMENTACION CUADRO SECUNDARIO GENERAL</b>								
Circuito	Método instalación	Ltot	Un	Pcal	In	Imax	Sección	Cdt
L2	RV 0,6/1 kV Al enterrado tubo	28	400	105,1	163,12	183,04	(3×95/70)mm <sup>2</sup> Al bajo tubo = 140 mm	0,8

**Tabla 1.15** Características líneas de alimentación cuadros secundarios

<b>LINEAS ALIMENTACIÓN CUADROS SECUNDARIOS DE ALIMENTACIÓN A RECEPTORES.</b>								
Circuito	Método de instalación	Ltot	Un	Pcal	In	Imax	Sección	Cdt
L5	RV 0,6/1 kV Al enterrado bajo tubo	28	400	105,1	163,12	183,04	(3×95/70)mm <sup>2</sup> Al bajo tubo = 140 mm	1,35
L6	RV 0,6/1 kV Al enterrado bajo tubo	10	400	40	57,74	68,3	(4×16)mm <sup>2</sup> Al bajo tubo = 63 mm	1,39

Siendo:

Ltot = Longitud total de la línea en m

Un = Tensión nominal compuesta en V

Pcal = Potencia de cálculo en kW

In = Intensidad nominal en A

Imax = Intensidad máxima en A.

Cdt = Caída de tensión acumulada en %

### 1.12.3.2 Protecciones

La protección frente a sobrecargas y cortocircuitos de las líneas de distribución se realiza mediante interruptores automáticos de la serie Compact de Merlin Gerin.

La protección frente a las corrientes de fuga se realiza mediante toroidales de medida de intensidad diferencial residual asociado a relés de detección de defectos diferenciales de la serie Vigi de Merlin Gerin. Estos relés están a su vez asociados a los interruptores automáticos.

La tabla 1.16 aparecen las denominaciones de las diferentes protecciones y características principales para cada uno de los circuitos.

**Tabla 1.16 Protecciones Lineas de Distribución**

Circuito	Intensidad nominal (A)	Intensidad cortocircuito maxima (kA)	Interruptor automático	Relé magnenotérico	Intensiadd corte de servicio (kA)	Umbral disparo térmico (A)	Umbral disparo magnético (A)	Relé diferencial	Regulación sensibilidad (mA)
L1	236,65	22,3	NS 250L	TM 250D	50	237	1250	NS 250 MH	300
L2	163,12	5,63	NS 250 N	TM 200D	22	180	1250	NS 250 MH	300
L3	240	12,76	NS 250 L	TM 250D	50	205	1250	NS 250 MH	300
L4	201,4	12,76	NS 250 L	TM 250D	50	205	1250	NS 250 MH	300
L5	65,1	4,91	NS 250 N	TM 125D	22	125	1250	NS 250 MH	300
L6	57,74	4,91	NS 100 N	TM 125D	18	63	500	NS 250 MH	300

En los PLANOS N° 16, 17 y 18 se representan los diferentes esquemas unifilares de los diferentes cuadros secundarios en donde aparecen todos los elementos de protección y las características de los mismos.

### 1.12.4 Esquema de distribución

La elección del sistema y dispositivos de protección viene definida en función del tipo de esquema de distribución del que se disponga y en concreto del sistema de neutro que se utilice. Las formas de distribución posibles son las contempladas en la instrucción ITC-BT-08 del Electrotécnico de Baja Tensión.

Los esquemas de distribución se establecen en función de las conexiones a tierra de la red de distribución o de la alimentación, por un lado, y de las masas de la instalación receptora, por otro. La notación se efectúa por un código de letras con el significado siguiente:

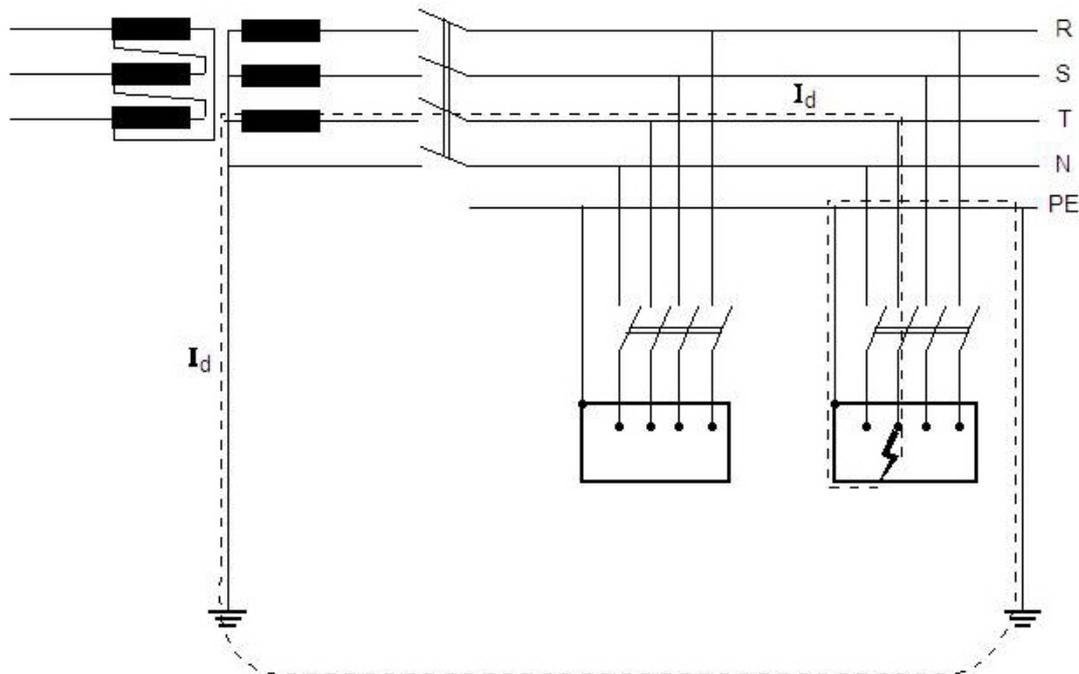
Primera letra: indica la situación de la alimentación con respecto a tierra.

- T: Neutro conectado a tierra
- I: Neutro aislado de tierra

Segunda letra: indica la situación de las masas de la instalación receptora con respecto a tierra.

- T: Masas conectadas a tierra con una toma independiente del neutro del CT..
- N: Masas conectadas a la misma toma de tierra del neutro del CT

Al ser el centro de transformación de abonado se puede usar en principio cualquier régimen de neutro, según ITC-BT-08, pero se opta por el esquema TT ya que es el más común, simple y económico, tal y como se muestra en la figura 1.52.



**Figura 1.52** Esquema de conexión a tierra (régimen) TT.  $I_d$ : corriente de defecto.

### 1.12.5 Estructura líneas de alimentación a receptores

Las líneas de alimentación a los receptores son las que parten de los cuadros secundarios hasta los motores.

Hay cuatro cuadros secundarios y cada uno alimenta a una parte de la instalación como se establece en el apartado 1.8 “*Previsión de demanda*” de esta memoria.

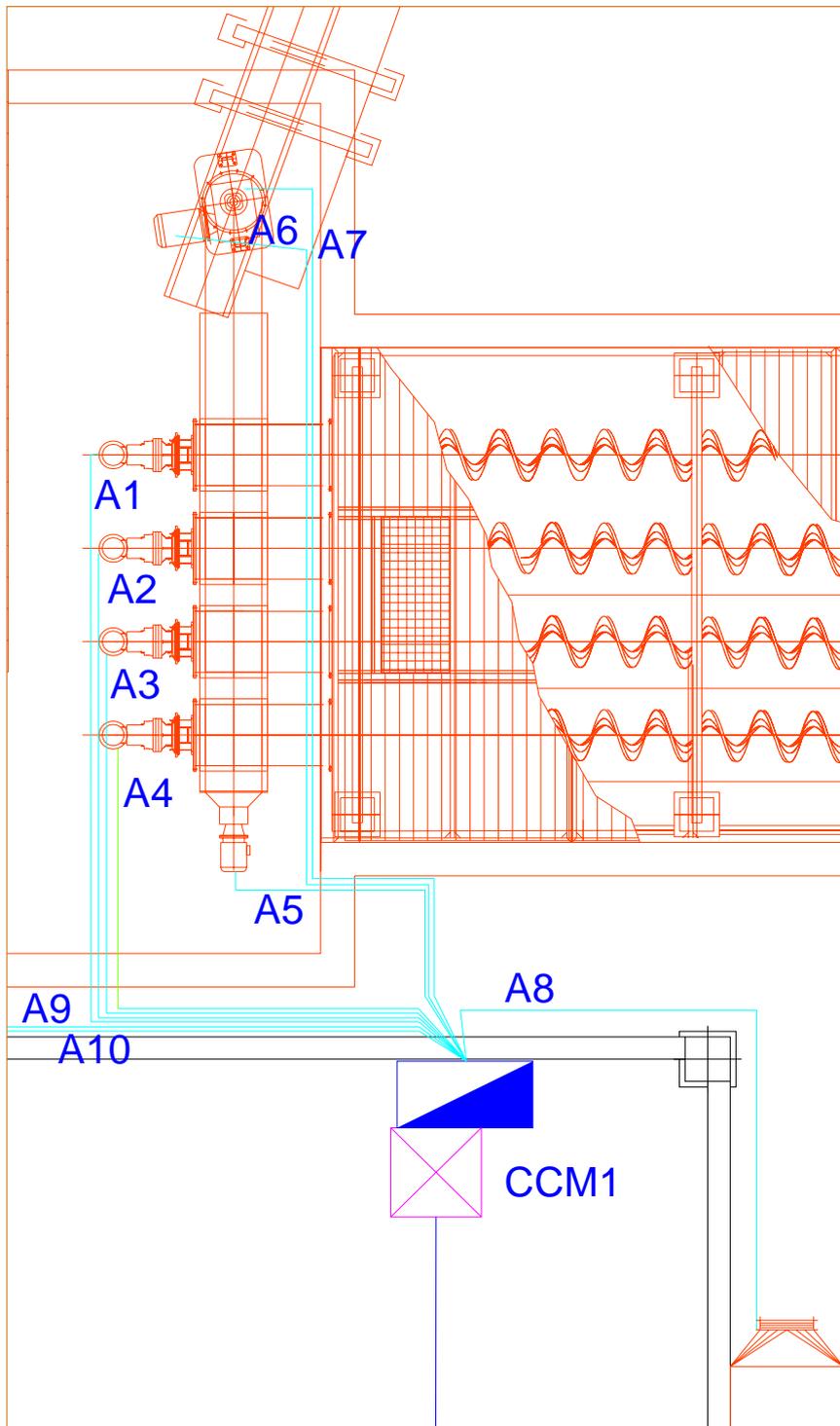
Estos cuadros están situados en el edificio de explotación menos uno de ellos situado en un cuarto eléctrico más cercano a los receptores tal y como aparece en el PLANO N° 15 INSTALACIÓN BAJA TENSIÓN

Los armarios son conforme a las especificaciones de las Normas UNE-EN 60 439-3 y UNE-EN 20 451. Son metálicos de color beige, formados por bastidores sobre armazón, con espesor de chapa de 1,5 mm. Los bastidores están unidos en sus esquinas por cantoneras de aleación de zamac y atornillados en tres puntos por esquina. Los laterales, fondo, techo y puerta están forrados por chapa fosfatada y pasivada por cromo con un espesor de 1,5 mm, con revestimiento de pintura termoendurecida a base de poliéster polimerizado y pintura epoxy. La parte delantera lleva una puerta con cuatro bisagras, cerradura con llave y cuatro pasadores o puntas de fijación.

Las características del cuadro son las siguientes:

- Tensión de servicio: 1000 V
- Tensión de aislamiento: 1000 V
- Intensidad nominal: 3200 A
- Intensidad asignada de cresta admisible: 187 kA
- Intensidad asignada de corta duración admisible 85 kA ef /1 s

En la figura 1.53 se detalla las líneas de alimentación a los motores que parten del cuadro secundario CCM1, y cuyas potencias y descripción aparecen en tabla 1.3 del apartado 1.8 “*Demanda de potencia*”.



**Figura 1.53** Esquema alimentación motores cuadro secundario CCM1

En la tabla 1.17 aparecen las características de los cables de alimentación a cada uno de los receptores anteriores obtenidos en la MEMORIA DE CÁLCULO apartado 3.4.3 “Planteamiento cálculo red de distribución en BT”

Tabla 1.17 Características alimentación cuadro secundario CCM1

CUADRO SECUNDARIO (CCM1)							
Circuito	Ltot	Un	Pcal	In	Imax	Sección	Cdt
ALIMENTACIÓN EXTRACCIÓN FANGOS (A1)	26	400	3,614	6,29	20,3	(4×2,5)+TT×2,5mm <sup>2</sup> Cu	1,87
ALIMENTACIÓN EXTRACCIÓN FANGOS 2 (A2)	26	400	3,614	6,29	20,3	(4×2,5)+TT×2,5mm <sup>2</sup> Cu	1,87
ALIMENTACIÓN EXTRACCIÓN FANGOS 3 (A3)	26	400	3,614	6,29	20,3	(4×2,5)+TT×2,5mm <sup>2</sup> Cu	1,87
ALIMENTACIÓN EXTRACCIÓN FANGOS 4 (A4)	26	400	3,614	6,29	20,3	(4×2,5)+TT×2,5mm <sup>2</sup> Cu	1,87
ALIMENTACIÓN INYECTOR FANGOS (A5)	24	400	3,614	6,29	27	(4×2,5)+TT×2,5mm <sup>2</sup> Cu	1,78
ALIMENTACIÓN ELEVADOR FANGOS (A6)	28	400	12,222	20,75	20,25	(4×2,5)+TT×2,5mm <sup>2</sup> Cu	3,06
ALIMENTACIÓN TRANSPORTADOR FANGOS (A7)	32	400	8,427	14,31	23	(4×2,5)+TT×2,5mm <sup>2</sup> Cu	3,7
ALIMENTACIÓN BOMBA RECIRCULACIÓN 1 (A8)	35	400	16,667	27,97	30,6	(4×4)+TT×2,5mm <sup>2</sup> Cu	3,17
ALIMENTACIÓN BOMBA RECIRCULACIÓN 2 (A9)	55	400	16,667	27,97	30,6	(4×4)+TT×2,5mm <sup>2</sup> Cu	4,21
ALIMENTACIÓN COMPRESOR (A10)	10	400	5,000	8,8	27	(4×2,5)+TT×2,5mm <sup>2</sup> Cu	2,03

Siendo:

Ltot = Longitud total de la línea en m

Un = Tensión nominal compuesta en V

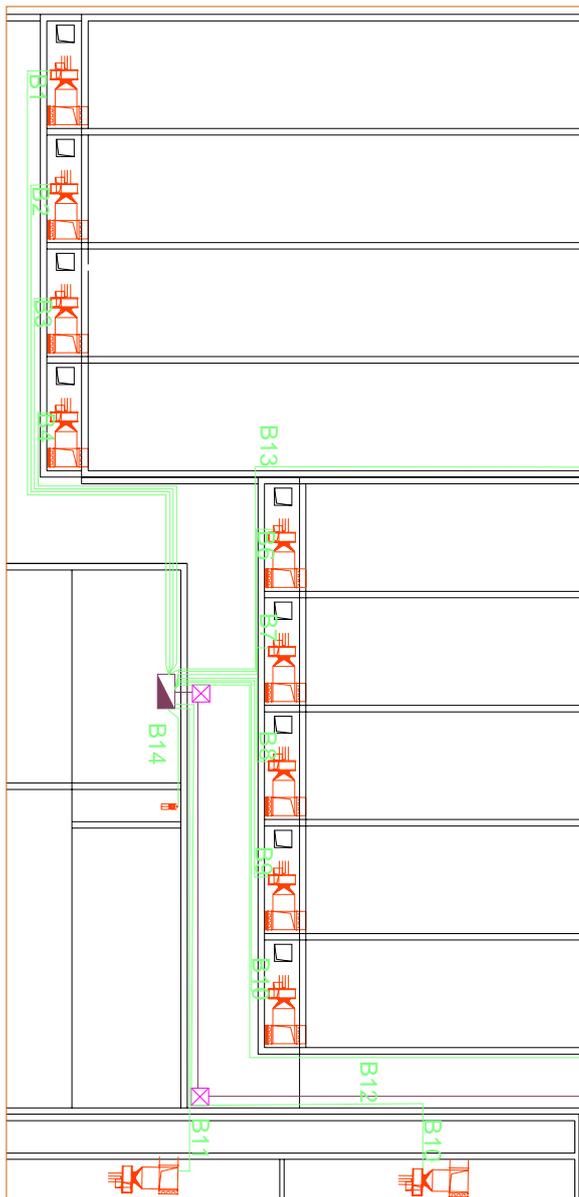
Pcal = Potencia de cálculo en kW

In = Intensidad nominal en A

Imax = Intensidad máxima en A.

Cdt = Caída de tensión acumulada en %

En la figura 1.54 se detalla las líneas de alimentación a los motores que parten del cuadro secundario CCM3, y cuyas potencias y descripción aparecen en tabla 1.3 del apartado 1.8.



**Figura 1.54** Cuadro secundario CCM3

En la tabla 1.18 aparecen las características de cada uno de los cables de alimentación a los motores

En la tabla 1.19 aparecen las características de las líneas que parten del cuadro CCM2 y cuya situación aparecen en el PLANO N° 15 INSTALACIÓN BAJA TENSIÓN

En cada una de las tablas aparece las indicaciones siguientes:

$L_{tot}$  = Longitud total de la línea en m

$U_n$  = Tensión nominal compuesta en V

$P_{cal}$  = Potencia de cálculo en kW

$I_n$  = Intensidad nominal en A

$I_{max}$  = Intensidad máxima en A.

$C_{dt}$  = Caída de tensión acumulada en %

Tabla 1.18 Características líneas de alimentación de receptores

CUADRO SECUNDARIO (CCM3)								
Circuito	Método de instalación	Ltot	Un	Pcal	In	Imax	Sección	Cdt
ALIMENTACION VENTILADOR FANGOS 1 (B1)	RV 0,6/1 kV Cu en Bandeja Continua	33	400	32609	53,48	65,3	(4×16)+TT×16mm <sup>2</sup> Cu	4,74
ALIMENTACION VENTILADOR FANGOS 2 (B2)	RV 0,6/1 kV Cu en Bandeja Continua	38	400	32609	53,48	65,3	(4×16)+TT×16mm <sup>2</sup> Cu	4,84
ALIMENTACION VENTILADOR FANGOS 3 (B3)	RV 0,6/1 kV Cu en Bandeja Continua	43	400	32609	53,48	65,3	(4×16)+TT×16mm <sup>2</sup> Cu	4,96
ALIMENTACION VENTILADOR FANGOS 4 (B4)	RV 0,6/1 kV Cu en Bandeja Continua	48	400	32609	53,48	65,3	(4×16)+TT×16mm <sup>2</sup> Cu	5,09
ALIMENTACION VENTILADOR FORM 1 (B5)	RV 0,6/1 kV Cu en Bandeja Continua	32	400	23913	39,22	52	(4×10)+TT×10mm <sup>2</sup> Cu	4,82
ALIMENTACION VENTILADOR FORM 1 (B6)	RV 0,6/1 kV Cu en Bandeja Continua	27	400	23913	39,22	52	(4×10)+TT×10mm <sup>2</sup> Cu	4,68
ALIMENTACION VENTILADOR FORM 1 (B7)	RV 0,6/1 kV Cu en Bandeja Continua	20	400	23913	39,22	52	(4×10)+TT×10mm <sup>2</sup> Cu	4,47
ALIMENTACION VENTILADOR FORM 1 (B8)	RV 0,6/1 kV Cu en Bandeja Continua	15	400	23913	39,22	52	(4×10)+TT×10mm <sup>2</sup> Cu	4,32
ALIMENTACION VENTILADOR FORM 1 (B9)	RV 0,6/1 kV Cu en Bandeja Continua	20	400	23913	39,22	52	(4×10)+TT×10mm <sup>2</sup> Cu	4,47
ALIMENTACION BIOFILTRO 1 (B10)	RV 0,6/1 kV Cu en Bandeja Continua	50	400	12222	20,75	23	(4×4)+TT×4mm <sup>2</sup> Cu	5,77
ALIMENTACION BIOFILTRO 1 (B11)	RV 0,6/1 kV Cu en Bandeja Continua	40	400	12222	20,75	23	(4×4)+TT×4mm <sup>2</sup> Cu	5,78
ALIMENTACION VENTILADOR 1 (B12)	RV 0,6/1 kV Cu en Bandeja Continua	45	400	8427	14,31	27	(4×2,5)+TT×2,5mm <sup>2</sup> Cu	5,76
ALIMENTACION VENTILADOR 2 (B13)	RV 0,6/1 kV Al Enterrado bajo tubo	40	400	74801	130,08	154,9	(4×70)+TT×35mm <sup>2</sup> Al bajo tubo=125mm	5,39
ALIMENTACIÓN SISTEMA RIEGO TUNELES (B14)	RV 0,6/1 kV Cu en Bandeja Continua	15	400	6177	10,49	27	(4×2,5)+TT×2,5mm <sup>2</sup> Cu	4,33

Tabla 1.19 Características líneas alimentación a receptores

CUADRO SECUNDARIO (CCM2)								
Circuito	Método de instalación	Lto t	Un	Pcal	In	Imax	Sección	Cdt
MEZCLADOR (C1)	RV 0,6/1 kV Cu en Bandeja Continua	30	400	157895	268,1	270,6	(4×120)+TT×70mm <sup>2</sup> Cu	2,38
ALIMENTACION MEZCLADORA (C2)	RV 0,6/1 kV Cu en Bandeja Continua	51	400	2851	5,08	51,3	(4×6)+TT×6mm <sup>2</sup> Cu	2,17
CINTA SALIDA MEZCLADORA (C3)	RV 0,6/1 kV Cu en Bandeja Continua	41	400	2851	5,08	51,3	(4×6)+TT×6mm <sup>2</sup> Cu	2,12
TROMEL 12 (C4)	RV 0,6/1 kV Cu en Bandeja Continua	87	400	31609	53,48	68,4	(4×10)+TT×10mm <sup>2</sup> Cu	5,67
CINTA F. VEGETAL RECUPERDA (C5)	RV 0,6/1 kV Cu en Bandeja Continua	115	400	2136	3,9	51,3	(4×6)+TT×6mm <sup>2</sup> Cu	2,39
ASPIRADOR PLASTICOS (C6)	RV 0,6/1 kV Cu en Bandeja Continua	120	400	15000	25,18	51,3	(4×6)+TT×6mm <sup>2</sup> Cu	568
F. VEGETAL RECUPADA RECIRCULDA (C7)	RV 0,6/1 kV Cu en Bandeja Continua	51	400	8427	14,31	51,3	(4×6)+TT×6mm <sup>2</sup> Cu	2,82
CINTA FV REVERSIBLE (C8)	RV 0,6/1 kV Cu en Bandeja Continua	49	400	1587	2,94	51,3	(4×6)+TT×6mm <sup>2</sup> Cu	2,02
CINTA INFERIOR TROMMEL 12 MM (C9)	RV 0,6/1 kV Cu en Bandeja Continua	74	400	1587	2,86	51,3	(4×6)+TT×6mm <sup>2</sup> Cu	2,11
ALIMENTADOR TABLA DENSIMETRICA (C10)	RV 0,6/1 kV Cu en Bandeja Continua	65	400	2851	5,08	51,3	(4×6)+TT×6mm <sup>2</sup> Cu	2,26
TABLA DENSIMETRICA (C11)	RV 0,6/1 kV Cu en Bandeja Continua	72	400	7458	12,66	51,3	(4×6)+TT×6mm <sup>2</sup> Cu	3,05
FILTRO DE MANGAS (C12)	RV 0,6/1 kV Cu en Bandeja Continua	66	400	30435	49,92	68,4	(4×10)+TT×10mm <sup>2</sup> Cu	4,57
SALIDA COMPOST 0-12 MM (C13)	RV 0,6/1 kV Al Enterrado bajo tubo	90	400	2163	3,67	51,3	(4×6)+TT×6mm <sup>2</sup> Cu	2,28
TROMEL 80 (C14)	RV 0,6/1 kV Cu en Bandeja Continua	65	400	32609	53,48	68,4	(4×10)+TT×10mm <sup>2</sup> Cu	4,75
CINTA INFERIOR TROMMEL 80 MM (C15)	RV 0,6/1 kV Cu en Bandeja Continua	72	400	1587	2,94	51,3	4×6)+TT×6mm <sup>2</sup> Cu	2,1
CINTA SALIDA FRACCION 0-80 (C16)	RV 0,6/1 kV Cu en Bandeja Continua	122	400	2136	3,9	51,3	(4×6)+TT×6mm <sup>2</sup> Cu	2,42
CINTA RECHAZO > 80 MM(C17)	RV 0,6/1 kV Cu en Bandeja Continua	85,8	400	2136	3,9	51,3	(4×6)+TT×6mm <sup>2</sup> Cu	2,25

### **1.12.6 Protección motores**

Los distintos motores y receptores que forman parte de la instalación de la Planta de Compostaje están distribuidos por todo el recinto y para realizar el suministro eléctrico se cuenta con 4 cuadros secundarios de mando y protección de los equipos como aparecen en el apartado anterior.

Para el diseño de las protecciones de los receptores y de sus líneas de alimentación se tiene en cuenta la ITC-BT 47 del REBT, por el cual todos los motores deben estar protegidos frente a sobrecargas y cortocircuitos en todas sus fases.

Cada cuadro está equipado con las protecciones magnetotérmicas, diferenciales y dispositivos de arranque necesarios. Los componentes que constituyen el esquema eléctrico de estos cuadros son:

- Interruptor automático general, de corte omnipolar (tetrapolar)
- Voltímetro general de 0-500 V, con conmutador R-S-T-N
- 3 Amperímetros generales a través de trafos de intensidad para cada fase
- Protección magnetotérmica, protección diferencial, contactores de seccionamiento maniobrados mediante relés, pulsadores manuales de marcha-paro para los diferentes motores, además de los arrancadores correspondientes.

Según lo establecido en la MEMORIA JUSTIFICATIVA apartado 2.4 “ *Protección de motores* “ los dispositivos de protección adoptados son los que aparecen en las tablas 1.20, 1.21 y 1.22.

El encendido y desconexión de los mismos se realiza por control remoto, mediante contactores instalados en los cuadros secundarios de mando y protección, uno por cada línea de alimentación. El control de este encendido se realiza desde el edificio de explotación mediante programa informático.

Tabla 1.20 Dispositivos protección CCM1

<b>CCM1 CUADRO RECEPCIÓN TRANSPORTE DE FANGOS</b>	POT. CALCULO (W)	UMBRAL DISPARO TÉRMICO (I <sub>r</sub> en A)	UMBRAL DISPARO MAGNÉTICO (I <sub>m</sub> en A)	PODER DE CORTE (kA)	DENOMINACIÓN GUARDAMOTOR	PROTECCIÓN DIFERENCIAL
Extractor fangos tolva 1(N1-02)	3614	6-10	138	100	GVE-ME-14 SCHNEIDER	Multi 9 40 A 4 polos y 300 mA
Extractor fangos tolva 2(N1-02)	3614	6-10	138	100	GVE-ME-14 SCHNEIDER	Multi 9 40 A 4 polos y 300 mA
Extractor fangos tolva 3(N1-02)	3614	6-10	138	100	GVE-ME-14 SCHNEIDER	Multi 9 40 A 4 polos y 300 mA
Extractor fangos tolva 4(N1-02)	3614	6-10	138	100	GVE-ME-14 SCHNEIDER	Multi 9 40 A 4 polos y 300 mA
Transportador inyector (N1-03)	3614	6-10	138	100	GVE-ME-14 SCHNEIDER	Multi 9 40 A 4 polos y 300 mA
Transportador elevador (N1-04)	12222	20-25	327	50	GVE-M P22 SCHNEIDER	Multi 9 40 A 4 polos y 300 mA
Transportador fangos(N1-05)	8427	13-18	223	50	GVE PE20 SCHNEIDER	Multi 9 40 A 4 polos y 300 mA
Bomba recirculación 1	16667	24-32	416	50	GV2-932 SCHNEIDER	Multi 9 40 A 4 polos y 300 mA
Bomba recirculación 2	16667	24-32	416	50	GV2-932 SCHNEIDER	Multi 9 40 A 4 polos y 300 mA
Compresor	5000	6-10	138	100	GV2-P14	Multi 9 40 A 4 polos y 300 mA

Tabla 1.21 Dispositivos protección CCM2

CCM2 CUADRO PRETRATAMIENTO Y REFINAMIENTO	POT. CALCULO (W)	UMBRAL DISPARO TÉRMICO (I <sub>r</sub> en A)	UMBRAL DISPARO MAGNÉTICO (I <sub>m</sub> en A)	PODER DE CORTE (kA)	DENOMINACIÓN GUARDAMOTOR	PROTECCIÓN DIFERENCIAL
Mezclador Homogenizador	126316	269	2690	50	Interruptor automático N630 H asociado a relé electrónico STR23SE	Vigi NS 630 MB 300 mA y Calibre 400 A
Transportador alimen. Homogénea	2851	6-10	138	100	GVE-ME 14	Multi 9 40 A 4 polos y 300 mA
Transportador salida homogénea	2851	6-10	138	100	GVE-ME 14	Multi 9 40 A 4 polos y 300 mA
Trommel 12 mm	32609	63	500	50	Interruptor automático NS100 L asociado a relé TM63D	Vigi NS 100 MH 300 mA y Calibre 100 A
Cinta trans. FV recuperada	2136	4-6,3	78	100	GV2-P10	Multi 9 40 A 4 polos y 300 mA
Aspirador plásticos	15000	20-32	416	50	GV2-P32	Multi 9 40 A 4 polos y 300 mA
Cinta FV recirculada	8427	13-18	223	50	GV2-PE20	Multi 9 40 A 4 polos y 300 mA
Cinta reversible FV recuperada	1587	2,5-4	51	100	GV2-ME08	Multi 9 40 A 4 polos y 300 mA
Cinta inferior trommel	1587	2,5-4	51	100	GV2-ME08	Multi 9 40 A 4 polos y 300 mA
Cinta alimentación tabla densimétrica	2851	6-10	138	100	GVE-ME 14	Multi 9 40 A 4 polos y 300 mA
Tabla densimétrica	7456	14	223	50	GV2-PE20	Multi 9 40 A 4 polos y 300 mA
Filtro de mangas	30435	50	500	50	Interruptor automático NS100 L asociado a relé TM50D	Vigi NS 100 MH 300 mA y Calibre 100 A
Cinta salida compost 0-12 mm	2163	5	78	100	GV2-PE20	Multi 9 40 A 4 polos y 300 mA
Tromel 80 mm	23609	63	500	50	Interruptor automático NS100 L asociado a relé TM63D	Vigi NS 100 MH 300 mA y Calibre 100 A
Cinta inferior tromel 80 mm	1587	4	51	100	GV2-P08	Multi 9 40 A 4 polos y 300 mA
Cinta rechazo > 80 mm	2136	5	78	100	GV2-P10	Multi 9 40 A 4 polos y 300 mA

Tabla 1.22 Dispositivos protección CCM3

CCM3 CUADRO DE TUNELES	POT. CALCULO (W)	UMBRAL DISPARO TÉRMICO (Ir en A)	UMBRAL DISPARO MAGNÉTICO (Im en A)	PODER DE CORTE (kA)	DENOMINACIÓN GUARDAMOTOR	PROTECCIÓN DIFERENCIAL
Ventilador túnel fangos 1	32609	63	500	50	Interruptor automático NS 100L asociado a relé TM63D	Vigi NS 100 MH 300 mA y Calibre 100 A
Ventilador túnel fangos 2	32609	63	500	50	Interruptor automático NS 100L asociado a relé TM63D	Vigi NS 100 MH 300 mA y Calibre 100 A
Ventilador túnel fangos 3	32609	63	500	50	Interruptor automático NS 100L asociado a relé TM63D	Vigi NS 100 MH 300 mA y Calibre 100 A
Ventilador túnel fangos 4	32609	63	500	50	Interruptor automático NS 100L asociado a relé TM63D	Vigi NS 100 MH 300 mA y Calibre 100 A
Ventilador túnel FORM 1	23913	50	500	50	Interruptor automático NS 100L asociado a relé TM 50D	Vigi NS 100 MH 300 mA y Calibre 100 A
Ventilador túnel FORM 2	23913	50	500	50	Interruptor automático NS 100L asociado a relé TM 50D	Vigi NS 100 MH 300 mA y Calibre 100 A
Ventilador túnel FORM 3	23913	50	500	50	Interruptor automático NS 100L asociado a relé TM 50D	Vigi NS 100 MH 300 mA y Calibre 100 A
Ventilador túnel FORM 4	23913	50	500	50	Interruptor automático NS 100L asociado a relé TM 50D	Vigi NS 100 MH 300 mA y Calibre 100 A
Ventilador túnel FORM 5	23913	50	500	50	Interruptor automático NS 100L asociado a relé TM 50D	Vigi NS 100 MH 300 mA y Calibre 100 A
Ventilador biofiltro 1	12222	22	327	50	GV2-P22	Multi 9 40 A 4 polos y 300 mA
Ventilador biofiltro 2	12222	22	327	50	GV2-P22	Multi 9 40 A 4 polos y 300 mA
Ventilador nave principal 1	8427	17	327	50	GV2-P21	Multi 9 40 A 4 polos y 300 mA
Ventilador nave principal 2	74801	131,2	1250	50	Interruptor automático NS 160H asociado a relé TM 160D	Vigi NS 160 MH 300 mA y Calibre 160 A
Sistema de riego tuneles	6177	14	223	50	GV2-PE20	Multi 9 40 A 4 polos y 300 mA

### 1.12.7 Arranque motores

En base a lo establecido en la MEMORIA JUSTIFICATIVA apartado 2.5 “Arranque de motores” se han elegido tres métodos de arranque cuyas características son:

*Arranque con Variador de frecuencia:*

Se utilizan variadores de las series ALTIVAR 58 y 68 marca Telemecanique como el de la figura 1.55.



*Figura 1.55 Variador frecuencia ALTIVAR 58*

Los variadores de frecuencia ALTIVAR permiten realizar programas rápidos y sencillos mediante macroconfiguraciones para distintas aplicaciones y funciones de medida: manutención, usos generales y par variable. Además poseen un enlace serie multipunto RS 485 integrado con protocolo Modbus que permite conectarlo a un PC o a un autómata programable.

*Arranque estrella-triángulo:*

Se utilizan dispositivos sin envoltorio de la serie Tesys de Schneider como el de la figura 1.56 asociados a los guardamotors definidos en el apartado 1.12.6 “Protección motores” de esta memoria.



**Figura 1.56** Arrancador estrella-triángulo junto a guardamotor

Por último el arranque directo se lleva a cabo a través de contactores de características adecuadas. Las características de todos los dispositivos de arranque aparecen en los PLANOS N° 16, 17 y 18 denominados DIAGRAMAS UNIFILARES.

### 1.12.8 Instalación puesta a tierra del edificio

La planta cuenta con una instalación de puesta a tierra que tiene por objeto limitar la tensión a la que puedan estar sometidas las masas metálicas con respecto a tierra, consecuencia de una avería, y asegurar la actuación de las protecciones. Esta instalación cumple con la ITC-BT-18, del REBT.

Se conectan a la red de puesta a tierra todos los elementos metálicos de la instalación como carcasas de motores, apoyos metálicos, puertas de armarios eléctricos etc.

Cada circuito de alimentación de los diferentes receptores va acompañado por el cable de tierra, denominado cable de protección, siendo este de cobre aislado, con nivel de aislamiento 0,6/1 kV con identificación del cable mediante los colores de la cubierta amarillo y verde.

La sección de estos cables de tierra viene dado por la tabla 1.23.

**Tabla 1.23** Relación entre los cables de protección y los de fase

Sección cables de fase: $S$ en $mm^2$	Sección mínima cables de protección: $S_p$ $mm^2$
$S < 16$	$S_p = S$
$16 < S < 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

El sistema de puesta a tierra esta formado por electrodos enterrados a una profundidad de 0,5 m uno en cada cuadro secundario de mando. El electrodo colocado en cada cuadro secundario de mando y protección queda conectado a una borne de puesta a tierra, en el mismo cuadro, mediante un cable de tierra de  $35 \text{ mm}^2$  de sección de cobre, aislado mediante cubierta de color amarillo - verde, con grado de asilamiento 0,6/1 kV V.

Los electrodos de puesta a tierra lo forman picas de acero, cobrizadas en su exterior de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud.

El sistema de puesta a tierra general es independiente del sistema de puesta a tierra del centro de transformación, es decir no se alcanzan tensiones superiores a 50 V en una cualquiera de las tomas de tierra cuando la otra puesta a tierra se de la máxima intensidad de defecto a tierra prevista. Para ello que el sistema de puesta a tierra del CT a más de 8 m de distancia entre cualquier elemento de puesta a tierra de este y cualquier elemento de puesta a tierra del sistema general de puesta a tierra o cualquier elemento metálico que esté conectado al sistema de puesta a tierra y quede enterrado, como pueden ser tuberías de acero.

La sección de estos cables en cada circuito queda perfectamente identificado en los esquemas unifilares de los PLANOS N° 16, 17 y 18.