

PROYECTO FIN DE CARRERA



**“REFORMA INTEGRAL Y ADECUACIÓN A
LA NORMATIVA AENA DE LA CENTRAL
ELÉCTRICA DEL AEROPUERTO DE
ZARAGOZA”**

MEMORIA



**E.T.S. DE INGENIEROS
INGENIERO AERONÁUTICO
UNIVERSIDAD DE SEVILLA**

CARLOS MÉNDEZ REBOLLO

A mis padres,

ÍNDICE

MEMORIA DESCRIPTIVA.....9

MEMORIA DE CÁLCULO.....81

BIBLIOGRAFÍA.....197

**“REFORMA INTEGRAL Y ADECUACIÓN A LA NORMATIVA AENA DE
LA CENTRAL ELÉCTRICA DEL AEROPUERTO DE ZARAGOZA”**

MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE MEMORIA DESCRIPTIVA

1.- INTRODUCCIÓN.....	13
2.- OBJETIVO Y FINALIDAD DEL PROYECTO.....	14
3.- ANTECEDENTES.....	14
3.1.- Actuaciones propuestas por el plan director.....	15
3.2.- Estimación económica del desarrollo del aeropuerto.....	17
4.-GENERALIDADES SOBRE EL SISTEMA ELÉCTRICO DEL AEROPUERTO. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	20
4.1.- Análisis de cargas.....	20
4.1.1.- Evaluación de la situación actual.....	20
4.2.- Esquema general de distribución. evaluación del diseño existente.....	23
4.3.- Sistema de Gestión General.....	27
4.4.- Consumos actuales.....	28
4.5.- Determinación del nivel de cortocircuito.....	29
4.6.-Variación de tensión a la que estarán sometidos los equipos en permanencia.....	30
4.7.- Cables.....	31
4.7.1.- Tipo de Cables.....	31
4.7.2.- Dimensionamiento de Cables.....	31
5.- CENTRAL ELÉCTRICA. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	32
5.1.- Sistema general de distribución.....	32
5.1.1.- Disposición física.....	33
5.1.2.- Sistema Eléctrico.....	34
5.2.- Sistema de alimentación primaria.....	35
5.3.- Sistema de alimentación secundaria.....	40
5.4.- Sistema de alimentación ininterrumpida.....	41
5.5.- Sistema de alimentación con corriente continua.....	42
5.6.- Sistema de gestión: protecciones, medida, enclavamientos, automatismos, sistema de control, modos operación.....	42
5.6.1.- Protecciones.....	42
5.6.2.- Medidas.....	42
5.6.3.- Enclavamientos.....	43
5.6.4.- Automatismos y sistemas de Control.....	43
5.7.- Red de tierras y protección de sobretensiones.....	43
5.8.- Sistemas auxiliares.....	44
5.8.1.- Alumbrado.....	44
5.8.2.- Detección y Extinción de Incendios.....	44
5.8.3.- Sistemas de Seguridad contra Intrusión.....	44
5.8.4.- Ventilación o Climatización.....	45
6.-SUBESTACIONES. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	45
6.1.- Perecederos 15 Kv.....	45
6.2.- IBERIA 15 kV.....	45
6.2.1.- Esquema General de Distribución.....	45
6.2.2.- Sistema de Alimentación Primaria.....	46
6.2.3.- Sistema Alimentación Secundaria.....	46
6.2.4.- Sistema Alimentación Interrumpida.....	46
6.2.5.- Sistema Alimentación con Corriente Continua.....	46
6.2.6.- Sistema de Gestión: Protecciones, Medida, enclavamientos, automatismos, sistema de control.....	46
6.2.7.- Red de Tierras y Protección Contra sobretensiones.....	47
6.2.8.- Sistemas Auxiliares.....	47
6.3.- Subestación – Edificio Terminal.....	47
6.3.2.- Sistema de Alimentación Primaria.....	49
6.3.3.- Sistema de Alimentación Secundaria.....	49
6.3.4.- Sistema de Alimentación Ininterrumpida.....	49
6.3.5.- Sistema Alimentación con Corriente Continua.....	49
6.3.6.- Sistema de Gestión: Protecciones, Medida, enclavamientos, automatismos, sistema de control.....	49
6.3.7.- Red de Tierras y Protección Contra sobretensiones.....	50
6.3.8.- Sistemas Auxiliares.....	50
6.4.- Subestación –Aduanas.....	50
6.4.1.- Esquema General de Distribución.....	50

6.4.2-. Sistema de Alimentación Primaria.....	52
6.4.3-. Sistema de Alimentación Secundaria.....	52
6.4.4-. Sistema de Alimentación Ininterrumpida.....	52
6.4.5-. Sistema Alimentación con Corriente Continua.....	52
6.4.6-. Sistema de Gestión: Protecciones, Medida, enclavamientos, automatismos, sistema de control.....	53
6.4.7-. Red de Tierras y Protección Contra sobretensiones.....	53
6.4.8-. Sistemas Auxiliares.....	53
6.5-. Subestación – SEI.....	54
6.5.1-. Esquema General de Distribución.....	54
6.5.2-. Sistema de Alimentación Primaria.....	55
6.5.3-. Sistema de Alimentación Secundaria.....	55
6.5.4-. Sistema de Alimentación Ininterrumpida.....	56
6.5.5-. Sistema Alimentación con Corriente Continua.....	56
6.5.6-. Sistema de Gestión: Protecciones, Medida, enclavamientos, automatismos, sistema de control.....	56
6.5.7-. Red de Tierras y Protección Contra sobretensiones.....	56
6.5.8-. Sistemas Auxiliares.....	57
7-. BALIZAMIENTO. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	57
7.1-. Sistema de luces de aproximación.....	57
7.2-. Sistemas de luces de indicación visual de pendiente de aproximación.....	58
7.3-. Sistema de luces de pista de vuelo.....	59
7.4-. Sistema de luces de calle de rodadura.....	59
7.5-. Características de iluminación de pista.....	60
7.6-. Otra iluminación, fuente secundaria de energía.....	61
7.7-. Sistemas y señales de guía de rodaje.....	61
8-. CONCLUSIONES.....	62
9-. RECOMENDACIONES.....	65
10-. FIGURAS E IMÁGENES ILUSTRATIVAS.....	69

1.- INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica en un aeropuerto es imprescindible para la realización de numerosas actividades tanto en el lado aire como en el lado tierra. En el lado aire se debe atender a todas las infraestructura relacionadas con las operaciones de las aeronaves y en el lado tierra a las infraestructuras para realizar la denominadas operaciones aeroportuarias.

Los sistemas eléctricos aeroportuarios han ido evolucionando a lo largo del tiempo para dar el servicio más adecuado en cada momento. En un principio bastaba una sencilla subestación de transformación con una sola acometida de la red comercial próxima al aeropuerto, pero enseguida se vio la necesidad de disponer de una fuente auxiliar para el caso de fallo de dicha red comercial. Estas fuentes eran los denominados grupos electrógenos. Posteriormente debido a las exigencias de tiempos de interrupción muy breve e incluso de no-interrupción fue necesario incorporar unidades de continuidad de diferentes tipos, que aseguraban los pequeños tiempos de interrupción especificados.

Ahora, además de todo lo anterior, se hace necesario aumentar la fiabilidad del sistema eléctrico procurando que la probabilidad de pérdida del servicio eléctrico sea lo menor posible. Esto conduce a disponer de algunos elementos redundantes y a una disposición física de los mismos tal que evite que las alteraciones de cualquiera de ellos puedan afectar al elemento redundante correspondiente. No obstante, conviene tener en cuenta que la probabilidad de fallo nunca podrá ser cero, es decir, el sistema eléctrico, como otros muchos, no es infalible totalmente. Otros aspectos no menos importantes que se deben tener en cuenta a la hora de diseñar una instalación eléctrica son: su facilidad de mantenimiento (evitando que cualquier trabajo de este tipo pueda condicionar el suministro eléctrico), su facilidad de operación y su seguridad.

La energía eléctrica en un aeropuerto puede considerarse como el producto final de un proceso económico utilizado por los diversos consumidores de la misma para apoyar la prestación de los diferentes servicios que se atienden en el referido aeropuerto. Este producto final puede provenir, bien de una energía adquirida por el aeropuerto de una empresa externa, o bien de una autogeneración realizada en el aeropuerto utilizando otras fuentes de energía, como el gas natural, el gasoil, o incluso las energías renovables como la eólica y la solar.

2-. OBJETIVO Y FINALIDAD DEL PROYECTO

El objetivo del presente proyecto es la reforma integral de las instalaciones de la Central Eléctrica del Aeropuerto de Zaragoza, debido a la necesidad de mayor potencia para satisfacer la demanda energética actual y futura.

En la primera parte del proyecto, la presente *memoria descriptiva*, se realiza un estudio de la situación actual de las instalaciones y equipos de la central eléctrica. En la *memoria de cálculo* se realizan los cálculos y se indican las soluciones técnicas necesarias para satisfacer el objeto del proyecto.

Se ha aplicado a todos los procesos de rediseño e instalación la normativa actual, "*Normalización de los Sistemas Eléctricos Aeroportuarios, primera edición*", vigente desde enero de 2005 según el *Plan de Mejora de los Sistemas Eléctricos Aeroportuarios y de las Torres de Control* de AENA.

3-. ANTECEDENTES

Las previsiones de consumo que justifican el objeto del presente proyecto se recogen en el actual Plan Director del Aeropuerto de Zaragoza, revisado en julio de 2005.

Confrontando las prognosis de tráfico con las capacidades calculadas para el aeropuerto, el actual Plan Director establece una serie de necesidades futuras. De entre las correspondientes al sistema de abastecimiento, nos interesan las referentes a la central eléctrica, que se indican a continuación.

Los consumos de energía eléctrica desde el año 1993 se indican en la tabla 1. La estimación de consumos con 2015 como año horizonte se indica en la tabla 2.

Año	Pax	Aeronaves	Mercancías (Tm)	Consumo Eléctrico (Año)
1993	218.356	8.078	7.289	1.174.230
1994	251.302	8.040	7.041	1.206.440
1995	253.842	7.848	7.249	1.313.840
1996	210.185	7.420	10.762	1.585.900
1997	244.309	9.439	13.187	1.712.560

Datos facilitados por el aeropuerto de Zaragoza

Tabla 1: Consumo histórico de energía en el aeropuerto

El consumo de la energía eléctrica para los años horizontes, según los consumos medios anuales de esta serie de años, presenta una mejor correlación a través del tráfico de mercancías:

$$\text{kWh} = \text{anuales} = 632440 + 84 * \text{Mercancías por Avión (Tm)}$$

La potencia necesaria se estima como la correspondiente a 3000 horas (10 horas por 300 días), obteniéndose las siguientes previsiones hasta el año horizonte.

ESTIMACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Año	Mercancías Totales (Tm)	Mercancías por Avión (Tm)	Consumo Eléctrico (Kw-h)	Potencia necesaria (Kw)
2000	30.650	18.616	2.196.221	732
2005	47.750	29.003	3.068.673	1.023
2010	58.700	35.654	3.627.349	1.209
2015	70.400	42.760	4.224.289	1.408

Tabla 2: Estimación de consumo de energía en el aeropuerto

La potencia de la central actual es de 630 kVA, siendo por tanto necesario incrementar dicho valor. La nueva central eléctrica deberá contar con el espacio suficiente para garantizar el incremento de potencia de forma paulatina hasta las requeridas en el año horizonte de aproximadamente 1500 kVA (se considera que en las nuevas instalaciones el factor de potencia será próximo a la unidad), garantizando su adecuación al tráfico esperado.

3.1-. ACTUACIONES PROPUESTAS POR EL PLAN DIRECTOR

Con los resultados de los análisis y comparaciones entre las necesidades futuras de aeropuerto y la capacidad actual del mismo, se definen una serie de actuaciones para adecuar el Aeropuerto de Zaragoza al Desarrollo Previsible del mismo.

De entre dichas actuaciones nos corresponde abordar las siguientes:

- Construcción de una nueva Central Eléctrica para cubrir las necesidades del aeropuerto hasta su desarrollo último.

- Equipamiento de la nueva Central Eléctrica.

En los siguientes cuadros se resume el conjunto de actuaciones propuestas presentes en el Plan Director.

ACTUACIONES EN INFRAESTRUCTURA

Concepto	DESARROLLO PREVISIBLE
Reposición servicios afectados a Defensa (PA)	1
Calles de Rodaje (ml)	1.700
Calles de Salida Rápida (ml)	700
Pavimento Plataformas (m ²)	287.000
Construcción Edificio Terminal de Pasajeros (m ²)	3.500
Remodelación Edificio Terminal de Pasajeros (PA)	1
Construcción Naves de Carga y Perecederos (m ²)	7.000
Bloque Técnico (Ud)	1
Edificio Torre de Control (Ud)	1
Edificio Central Eléctrica (Ud)	1
Urbanización Zona de Carga Industrial (m ²)	55.000
Camino Perimetral (ml)	4.100
Variante accesos (ml)	300
Remodelación urbanización actual (ml)	1.600
Nuevos accesos (ml)	2.800
Aparcamiento en superficie (m ²)	5.000
Acometida de agua (Ud)	1

Tabla 3: Actuaciones previstas en el plan director

NECESIDADES EN EQUIPOS E INSTALACIONES

Concepto	DESARROLLO PREVISIBLE
Equipos Edificio Terminal	Adquisición e instalación
Equipos Terminal Carga	Adquisición e instalación
Equipos Central Eléctrica	Adquisición e instalación
Equipos Centro Emisores	Adquisición e instalación
Equipos Torre de Control	Adquisición e instalación
Equipos Bloque Técnico	Adquisición e instalación
Balizamiento, Iluminación y Señalización	Adquisición e instalación
Alumbrado vías circulación	Adquisición e instalación
Cerramiento y Seguridad aeropuerto	Adquisición e instalación

Tabla 4: Necesidades previstas en el plan director

3.2-. ESTIMACIÓN ECONÓMICA DEL DESARROLLO DEL AEROPUERTO

En las tablas 5 y 6 se presenta de forma resumida la valoración de inversiones propuesta por el Plan Director, entre las cuales se encuentran el edificio de la Central Eléctrica y el equipamiento necesario para la misma.

REFORMA Y ADECUACIÓN A LA NORMATIVA AENA DE LA CENTRAL ELÉCTRICA DEL AEROPUERTO DE
ZARAGOZA

INVERSIONES NECESARIAS EN INFRAESTRUCTURA



Concepto	DESARROLLO PREVISIBLE		
	Necesidades	Coste Millones de Pesetas	Coste Millones de Euros
Repos. serv. Mº Defensa	1	400	2,404135112
Calles de Rodaje	1.700	680	4,087029691
Calles de Salida Rápida	700	280	1,682894579
Pavimento Plataformas	287.000	4.018	24,1495372
Remodelación Edif. Term.	1	200	1,202087556
Edif. Term.Pas. (Constr.)	3.500	420	2,524341868
Edif. Term. Carga	7.000	525	3,155427335
Urba. Zona Carga/Industrial	55.000	1.100	6,611371559
E. Central Eléctrica	1	90	0,5409304
Bloque Técnico	1	150	0,901550867
Torre de Control	1	300	1,803101334
Aparcamiento (Superficie)	5.000	50	0,300516889
Acometida agua	1	40	0,240413511
Camino perimetral	4.100	49,2	0,295708619
Remodelación Urbanización	1.600	96	0,576992427
Carreteras (Accesos)	3.100	186	1,117922827
Total Obras e Infr.		8.584,2	51,59394158

Tabla 5: Inversiones previstas en el plan director

**INVERSIONES NECESARIAS EN EQUIPOS E INSTALACIONES
(Millones de Pesetas)**

Concepto	DESARROLLO PREVISIBLE		
	Necesidades	Coste Millones de Pesetas	Coste Millones de Euros
Equipam. Gen. T. de Pax.	3.500	8,75	0,05259046
Mostradores Fact.	2	10	0,06010338
Carrusel patio carrillos	1	12	0,07212405
Hip. Rec. Equipajes	2	30	0,18031013
Equipos Zona Carga	1	175	1,05180911
Baliz. Calle de Rod. y Sol.	2.400	48	0,28849621
Balizam. Borde Plat.	3200	32	0,19233081
Equipos Torre Control	1	200	1,20206756
Equipos Central Eléctrica	1	75	0,45077533
Torre Ilum. Plataf.	16	240	1,44248107
Alumbr., Corr. y Seg.	1600	9,6	0,05769924
Total Equipam e Inst		840,35	5,05078735

Tabla 6: Inversiones previstas en el plan director

4.-GENERALIDADES SOBRE EL SISTEMA ELÉCTRICO DEL AEROPUERTO. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

4.1-. ANÁLISIS DE CARGAS

En este apartado, se realiza una evaluación sobre la forma en que el aeropuerto ha definido la categoría (por tiempo máximo de interrupción –T.M.I.- admisible y autonomía mínima requerida) de sus servicios, así como la redundancia e independencia de su alimentación. De esta forma se podrá valorar el grado de cumplimiento de dicha clasificación respecto de la fijada por AENA en su norma general de diseño.

4.1.1-. Evaluación de la situación actual

En la tabla 7 se reflejan las cargas reales existentes en el aeropuerto y las categorías de servicio relativas al tiempo de interrupción y autonomía que dispone cada servicio del aeropuerto. Éstos se comparan con los que contempla la normativa actual de diseño.

Las cargas del aeropuerto están clasificadas como normales, de emergencia y de continuidad. El sistema eléctrico de distribución debe poder atender a cada una de dichas cargas según sus requerimientos.

SUBSISTEMA	SERVICIO	CATEGORÍA LEZG	CATEGORÍA NORMA
1-. PISTA DE VUELO	1.1. Barretas de Iluminación de aproximación	C	E
	1.2. Umbral de Pista	C	E
	1.3. Extremo de Pista	C	E
	1.4. Eje de Pista	C	E
	1.5. Zona de Toma de Contacto	C	E
	1.6. Todas las Barras de Parada	C	E
	1.7. Otras Ayudas Visuales Pista	C	E
2-. CALLES DE RODAJE	2.1. Eje de Calle de Rodaje	C	E
	2.2. Otras Ayudas Visuales de Calles de Rodaje	C	N
3-. PLATAFORMA	3.1. Alumbrado de Plataforma	E	E

MEMORIA DESCRIPTIVA

	3.2. Pasarelas	E	E
	3.3. Guiado y Aproximación	E	N
	3.4. Señalización	E	N
4-. RADIOAYUDAS	4.1. ILS (IM)	E	C
	4.2. ILS (MM)	E	C
	4.3. ILS (OM)	E	E
	4.4. ILS (localizador)	E	C
	4.5. ILS (Senda de Planeo)	E	C
	4.6. MLS	E	E
	4.7. VOR/VOR TAC	E	E
	4.8. DME/NDB	E	E
	4.9. SMR	E	E
	4.10. SSR	E	E
5-. TWR	5.1. Consumidores No Críticos	E	E
	5.2. Consumidores Críticos	E	C
6-. TERMINALES DE PASAJEROS	6.1. Redes Alumbrado Normal	E	N
	6.2. Redes Alumbrado Emergencia	E	C
	6.3. Sistemas de Paneles Informativos	E	C
	6.4. Sistemas Megafonía	E	C
	6.5. Sistemas Interfonía	E	C
	6.6. S. Acondicionamiento Aire	E	C
	6.7. Redes de Distribución de Fuerzas a Terceros	E	N
7-. TERMINAL DE CARGA	Redes de Fuerza y Alumbrado	E	N
8-. BLOQUE TÉCNICO	8.1. Redes de Alumbrado Normal	E	E
	8.2. Redes de Alumbrado Emergencia	E	E
	8.3. Redes de Fuerza	E	E
	8.4. Redes Ofimática	E	C
	8.5. S. Remotos Control de Instalaciones	E	C

REFORMA Y ADECUACIÓN A LA NORMATIVA AENA DE LA CENTRAL ELÉCTRICA DEL AEROPUERTO DE
ZARAGOZA

9-. CENTRO MÉDICO	Sistemas de Fuerza y Alumbrado	E	C
10-. MANTENIMIENTO AVES	Redes de Fuerza y Alumbrado	E	N
11-. EDIFICIO SEI	11.1. Redes de Alumbrado	E	E
	11.2. Redes Alumbrado Seguridad	E	C
	11.3. Redes Alumbrado Emergencia	E	C
	11.4 Redes Alumbrado Fuerza	E	C
	11.5. Redes Distribución Fuerza	E	E
	11.6. Sistemas Alarmas	E	C
12-. PLANTA TRATAMIENTO AGUA	Sistema de Fuerza y Alumbrado	E	N
13-. PLANTA TRATAMIENTO VERTIDOS	13.1. Sistema Alumbrado	E	N
	13.2. Sistema de Fuerza Normal	E	N
	13.3. Sistemas de Fuerza Equipos Críticos.	E	E
14-. ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE	Sistemas de Fuerza y Alumbrado	E	N
15-. ESTACIÓN METEOROLÓGICA	Sistemas de Fuerza y Alumbrado	E	E
16-. SERVICIOS DE CATERING	Sistemas de Fuerza y Alumbrado	E	E
17-. AVIACIÓN GENERAL	Sistemas de Fuerza y Alumbrado	E	N
18-. SISTEMAS DE DESHIELO	Sistemas de Fuerza y Alumbrado	E	E
19-. SISTEMAS DE SEGURIDAD	19.1. Sistemas fuerza y Alumbrado	E	E
	19.2. Sistemas de Control y Comunicaciones	E	C

Tabla 7: Categorías de servicio de las cargas del aeropuerto.

La autonomía de las cargas alimentadas por las barras de emergencia (UPSs alimentadas desde barras con emergencia) o por los grupos de continuidad en su caso, cuando se ha perdido la emergencia, se considera la proporcionada por los motores diesel: como mínimo la que le proporciona el depósito de día a plena carga.

4.2-. ESQUEMA GENERAL DE DISTRIBUCIÓN. EVALUACIÓN DEL DISEÑO EXISTENTE.

En la figura 1 se muestra un esquema de bloques de la central eléctrica del aeropuerto (CE) con las interconexiones de sus elementos principales, mostrando los puntos de transferencia de energía con el exterior de la misma, así como las alimentaciones a los centros de transformación (CTs) a los que alimenta

Los centros de transformación (CTs), listados en la tabla 8, son alimentados en antena desde la central eléctrica (CE) unos a la tensión de 15 kV y otros desde las barras de 3kV.

*REFORMA Y ADECUACIÓN A LA NORMATIVA AENA DE LA CENTRAL ELÉCTRICA DEL AEROPUERTO DE
ZARAGOZA*

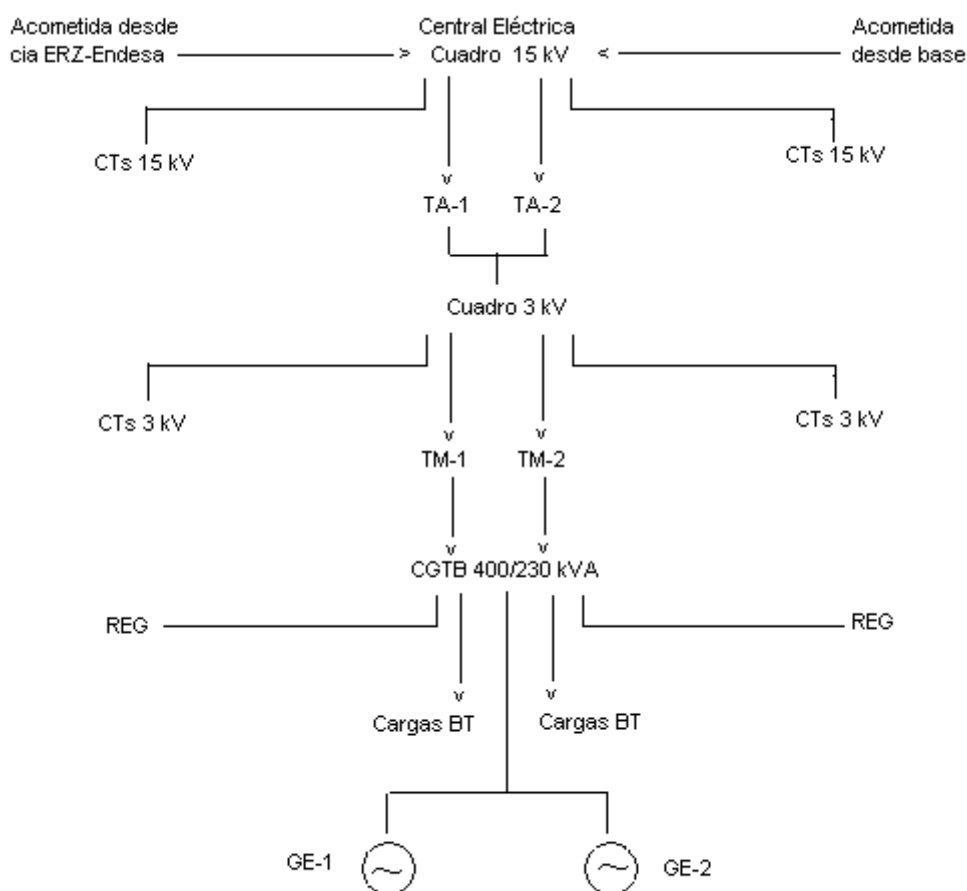


Figura 1: Esquema general de distribución

Nivel Tensión	Nombre	Anillo	NºTrafos x CT	P. Unitaria Trafos (kVA)
16 kV	Perecederos			
16kV	Iberia		1	25
3 kV	Aduanas		2	500
3 kV	E. Terminal		2	250
3 kV	SEI		1	50

Tabla 8: Relación de centros de transformación.

En la situación actual, el suministro de energía exterior normal al aeropuerto se realiza a través de la central CE, al nivel de 15 kV distribuyendo en media tensión a 15 kV y desde el nivel intermedio de 3 kV (barras que reciben alimentación de emergencia).

En realidad, el Aeropuerto recibe, desde la Base Aérea, otra alimentación exterior a 15 kV en la central CE, la cual está en desuso prácticamente, ya que únicamente tiene una capacidad de unos 150 kW y no tiene la estabilidad requerida, por problemas en origen.

Desde el cuadro de acometida, además de alimentar directamente a los CTs de 15 kV, se alimenta a las barras de 3 kV mediante dos transformadores de 500kVA que se acoplan a las barras de RED-GRUPOS, desde las que a su vez se alimentan los CTs de 3 kV así como dos trafos de 500 kVA, que son los que alimentan al Cuadro general de baja Tensión (CGTB) de la CE.

El CGTB recibe la alimentación alternativa de uno y otro grupo electrógeno de emergencia, GE-I y GE-2, existentes en la CE.

Desde el CGTB se alimentan, además de otras cargas de BT, los dos reguladores existentes de corriente constante para el balizamiento de la plataforma y rodaje (no existe grupo o sistema de continuidad para esta alimentación).

En el expediente en marcha previsto para la construcción de una nueva CE y la adecuación de los CTs, se prevé la unificación del nivel de distribución en MT a 15 kV y la construcción de nuevos bancos de tubos y prolongación de la galería existente, así como alimentar en anillo los CTs "Terminal" y "Aduanas", dejando los CTs "iberia" y SEI con las cabinas correspondientes para incluirlos igualmente en un anillo en el futuro.

Asimismo, se prevé la construcción de un centro de seccionamiento donde acometerían la actual alimentación de la Cía. de distribución y una nueva acometida de Cía., así como la ampliación de la capacidad de transformación y de emergencia y la dotación de un sistema dinámico de continuidad para los reguladores de balizamiento, para suplir el lapso de tiempo mientras arrancan los generadores de emergencia en caso de fallo de la alimentación exterior.

En relación con las canalizaciones de cables, la CE dispone de un sótano de cables para toda la distribución de cables, por bandeja, de la CE, al que llegan las acometidas actuales de la Cía. y de la Base y de la que parte una galería visitable.

El sótano de cables, al igual que las galerías, es inundable, no disponiendo de un punto bajo ni de bomba de achique. En el sótano de cables se dispone, sin ningún tipo de separación contraincendios ni de retención de posibles fugas, una bomba de combustible para el trasiego hasta el depósito de día de los GEs en la planta baja. No hay tampoco separación física entre circuitos redundantes. Existe, aunque deteriorado, sellado de huecos de cables en la subida a los cuadros de MT y BT, así como cortafuegos en bandejas.

Las dos acometidas alternativas, la de la Cía ERZ_Endesa y la de la Base, entran juntas y discurren juntas por la misma bandeja en el sótano de cables.

Los cables de maniobra y señalización discurren por el sótano de cables bajo una bandeja de PVC con tapa.

No existen recorridos alternativos y diferenciados para los cables redundantes ni se mantienen perfectamente ordenados e identificados los cables y dotadas las galerías de medios de protección, iluminación, señalización y PCI adecuados.

Existen diversas deficiencias en la disposición de algunos tramos de las galerías, además de tener, por ejemplo, un único entronque de la red de galerías con la CE (no permite diversificar recorridos de servicios redundantes):

- En los puntos bajos de la red de galerías, cuando existen, los pozos de recogidas de aguas no disponen de un sistema de drenaje al exterior (No hay bombas de achique).

- En la iluminación de las galerías no se dispone de luminarias autónomas de emergencia (salvo bengalas distribuidas a lo largo de la galería, que podrían encenderse en caso de emergencia).

- No se dispone de detección ni de ningún sistema de extinción de incendios (no hay sistemas de detección ni automáticos de extinción; no hay doble tecnología y circuito de detectores de zona de fuego; no hay red de boquillas accesibles a un camión de bomberos; no se cumple la recomendación de compartimentar las galerías con paredes o cortafuegos; no hay sellado en los pasamuros; no hay suficientes extintores portátiles; no es suficiente la señalización reflectante; cada 25 m no hay pulsadores manuales de alarma direccionales; no hay equipos de respiración, puertas de escape y accesos, control de roedores, control de acceso...

En cuanto a las bandejas también se han encontrado deficiencias:

- La situación de las bandejas no es adecuada, puesto que no se respeta la distancia mínima entre ellas: la distancia mínima recomendable entre bandejas es de 45 cm y la distancia mínima exigible entre cables de A.T. y B.T. de diferentes bandejas es de 25 cm (si no es posible, las bandejas dispondrán de tapa o tabique separador); la distancia mínima de la bandeja inferior al suelo es de 50 cm.

- No hay segregación de cables, es decir, en una misma bandeja van tendidos cables de diferente tipo (fuerza de alta tensión, fuerza de baja

tensión, cables de control, cables de pequeña señal y comunicaciones, o cables de balizamiento).

-No se respeta el criterio de colocar los cables de mayor nivel de tensión en la bandeja más elevada, e ir bajando por nivel de tensión.

-Las bandejas con cables de fuerza no están en el lado opuesto a las bandejas con cables de ayudas visuales.

-Las bandejas no son metálicas, o no están puestas en tierra.

-Las bandejas no son aislantes, al menos durante los primeros 35 metros.

-Los cables de ayudas visuales no van tendidos en una sola capa.

-El nivel de llenado de colocación de cables y atado podría no estar de acuerdo con la normativa

Los cables en general, no tienen sistema de identificación (cada 50 m).

No se ha comprobado si existen empalmes en cables de A.T. En estos casos, si no corresponde a servicios críticos, se permiten empalmes y conexiones mediante dispositivos adecuados.

En las zonas de paso, en los cables colgados, no se indica la altura del gálibo admisible.

No se ha comprobado que la bandejas en zonas de circulación de personas o vehículos ajenos al personal de mantenimiento, sean de tipo perforado y con tapa.

Dada la dificultad para realizar comprobaciones respecto al tendido de cables enterrados y dado que no se ha obtenido información mediante la inspección de arquetas, no se ha comprobado si existe alguna de las siguientes situaciones:

-No son independientes las arquetas de los circuitos de ayudas visuales de las de circuitos de fuerza.

-En los conductos hay instalados más de un único circuito (cable trifásico o conjunto de unipolares de un sistema).

No se ha comprobado si existen recorridos de cables por áreas clasificadas por riesgo de explosión y si cumplen con la normativa al respecto, dado que no existe una clasificación de áreas por riesgo de explosión.

4.3-. Sistema de Gestión General

No hay distribución en anillos

Existen enclavamientos en la CE que impiden que se acoplen los GES de la CE con la red y con la distribución a 15 kV.

Existe enclavamiento eléctrico entre las dos alimentaciones, la normal desde la red exterior de la Cía. ERZ y la alternativa de la Base Aérea. Existe un enclavamiento que permitiría alimentar a la Base desde la CE del Aeropuerto, pero no se ha usado nunca y se desea eliminar.

Existen CTs con un solo trafo, por lo que en este caso, la reposición del servicio, si fallara el trafo, sería muy lenta, al no disponer de tomas previstas para la conexión de un grupo móvil en B.T. Al no estar alimentados en anillo, un único fallo puede dejar sin tensión todo el CT.

Existe un sistema centralizado en la sala de control de la CE que recibe información del estado de posición de cada interruptor y de los seccionadores y alguno interruptores de protección a trafos y de alimentación desde el secundario de los trafos de los CGBTs.

4.4-. Consumos actuales

EL consumo del año 2008 se eleva a poco más de 2.800.000 kWh. A fecha de hoy el aeropuerto lleva consumido la misma energía que en todo el año pasado, estando funcionando los trafos de potencia casi en vacío.

El factor de potencia es igual a 0,99, existe compensación de energía reactiva mediante baterías de condensadores en diversos puntos.

Se podrían estudiar los sistemas de compensación de energía reactiva existentes por si se puede mejorar el factor de potencia de la instalación o en algún punto crítico, dotarlo de compensadores activos estáticos, etc, sobre todo si se recibe alguna penalización económica de la Cia, en algún período de facturación, por este capítulo.

Las lecturas del taxímetro son del orden de 500 a 600 kW, sobre todo cuando está el almacén terminal de precederos en funcionamiento (añade picos de hasta 200 kW en su funcionamiento)

El contrato con la Cía. suministradora contempla una potencia contratada de 1.200kW, que se pretende aumentar.

No se conocen datos de consumo actuales y previsiones de crecimiento en los CTs y CGBTs y cuadros de distribución principales.

Se podría analizar el balance coste-beneficio de implantar más capacidad de compensación de energía reactiva. Se desconoce el nivel de

distorsión armónica de la instalación, para lo que sería conveniente instalar analizadores de redes en diversos puntos.

4.5-. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE CORTOCIRCUITO.

Se estima, para los diferentes niveles de tensión del Aeropuerto, el valor de cortocircuito trifásico y monofásico. Se tiene en cuenta la topología y forma de explotación del Aeropuerto.

Realizando cálculos aproximativos, de forma conservadora, partiendo de los datos obtenidos (y con estimaciones para aquellos datos no conocidos; no se considera la impedancia de las interconexiones ni la aportación de motores de BT a través de los anillos), se han obtenido diversos valores, que se deberán tener en cuenta para contrastarlos con la capacidad del aparellaje instalado en cada nivel de tensión.

Central Eléctrica.

En la CE, se ha considerado que la potencia de cortocircuito actual de la RED exterior de 15 kV es de 500 MVA.

Este es el nivel soportado por el aparellaje del cuadro de acometida, barras de 15 kV, siendo la intensidad de cortocircuito trifásico $I_{cc} = 18,04$ kA.

En barras de 3 kV, con los dos trafos TA de 500 kVA en paralelo y alimentación desde la red, $I_{cc} = 4,22$ kA. En caso de alimentación de emergencia, desde el GE de mayor potencia, trabajando en isla, $I_{cc} = 1,49$ kA.

En barras de 400 V de Servicio Auxiliares de la CE, con dos trafos TM de 500 kVA acoplados en paralelo, con las suposiciones indicadas, en modo de funcionamiento normal, es decir, a través de la red exterior, $I_{cc} = 17,3$ kA.

En barras de 400 V de Servicio Auxiliares de la CE, con alimentación de emergencia desde un Generador de Emergencia, el de 700 kVA como más desfavorable (los dos Ges no pueden trabajar en paralelo entre sí ni con la Red exterior), la $I_{cc} = 14,1$ kA, aproximadamente inferior a la que se obtiene con alimentación desde la red

Centros de Transformación

En los centros de transformación (CTs), en general las cabinas de MT soportan un nivel de 16 kA.

Despreciando la atenuación de los cables, el nivel de corto esperado en estas barras es el reflejado antes para las barras de 15 kV o las de 3 kV de la CE, según desde las que se alimente el CT.

En BT, para el cálculo del cortocircuito en los CGTBs alimentados por los CTs, se deberá tener en cuenta la disposición máxima de trafos en parilla

que se puedan conectar en cada uno y comprobar el dimensionamiento de los interruptores de entrada y salida existentes.

Con las suposiciones efectuadas, teniendo en cuenta que donde hay dos trafos, ambos trabajan en paralelo, los niveles de cortocircuito calculados en los CTs se indican en la tabla 9 .

CT	Un (kV)	Icc (kA)
Iberia	16	0,93
Terminal	3	15,4
Aduanas	3	11,8
SEI	3	1,87

Tabla 9: Niveles de cortocircuito en los Cts

4.6.-VARIACIÓN DE TENSIÓN A LA QUE ESTARÁN SOMETIDOS LOS EQUIPOS EN PERMANENCIA

No existen transformadores de aislamiento en la acometida a la CE, dotados de regulación en carga, que permitan disminuir en su caso el nivel de cortocircuito proporcionado por la Cía así como absorber las variaciones de tensión de la red exterior.

Partiendo de la información relativa al margen de variación de la tensión suministrada por la Cía eléctrica, estimada de +-7% en el nivel de 16 kV, se calcula de forma aproximada la variación de tensión a la que estarán sometidos los equipos del Aeropuerto, teniendo en cuenta la topología y forma de explotación del aeropuerto.

Los equipos estarán sometidos a un margen de variabilidad de la tensión de hasta el 25 % (23% alumbrado), considerando un margen de un 3% en los trafos TA y TM. Los cables de BT se han calculado para un margen de 5% (3% en alumbrado), muy superior al 10 % previsto normalmente en las cargas (+-5%)

4.7.-. CABLES

4.7.1.-. Tipo de Cables

Los cables de la acometida de ERZ (tramo enterrado) son de 3x(1x95mm²) Al *VOLTALENE HIDROCATCHER* 12/20 kV; tipo RHZ1-OL aislante de polietileno reticulado (XLPE); cuerda redonda compacta de hilos de aluminio clase 2 según UNE EN 60228; pantalla metálica de hilos de cobre en hélice de sección total 16 mm²; cubierta exterior poliolefina termoplástica Z1 VEMEX.

Los cables de conexión desde el cuadro de 3 kV a cada trafo TM-1 y TM-2, así como los de conexión de cada trafo TA-1 y TA-2 al cuadro de 3 kV, son de 3x(1x50 mm²) Cu 12/20 kV *EPROTENAX – H COMPACT*; aislante de etileno propileno de alto módulo (HEPR); apantallado con alambres de cobre de sección total 16 mm², no armado; cubierta exterior poliolefina termoplástica Z1 VEMEX.

Los cables de BT de conexión de cada trafo TM-1 y TM-2 al CGTB de la CE son 3x(4x150 mm²) Al 0,6/1 kV *AFUMEX 1000 V*; aislante de polietileno reticulado (XLPE); sin pantalla electroestática; cubierta mezcla cero halógenos tipo AFUMEX Z1.

4.7.2.-. Dimensionamiento de Cables.

Las secciones de los cables de MT de los que se conocen sus características y las de los CTs cumplen la normativa en la configuración actual. Los cables de MT necesarios en la nueva configuración de la memoria de cálculo se calcularán en el capítulo 5 de dicho documento, sin tener en cuenta los existentes en la instalación actual, que serán desechados.

5-. CENTRAL ELÉCTRICA. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

5.1-. SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCIÓN

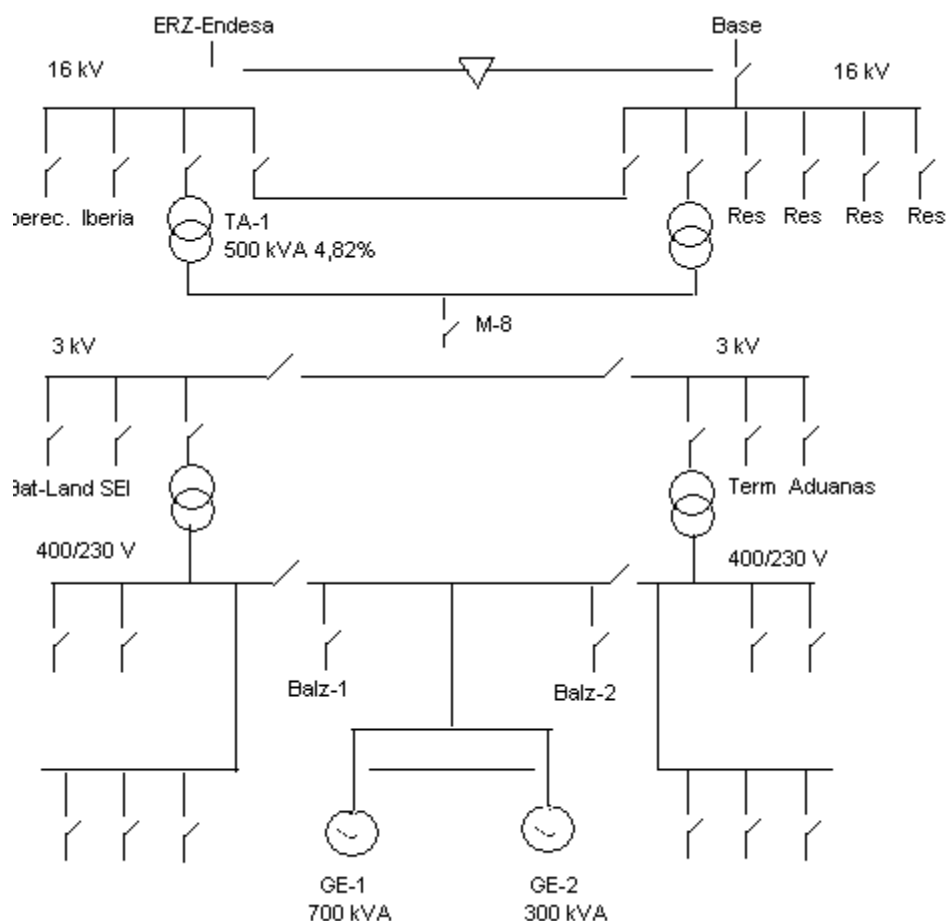


Figura 2: Esquema general de distribución(2)

En condiciones normales, la alimentación se hace por la línea ERZ-Endesa, permaneciendo la otra en reserva. En caso de fallo la transferencia se realiza automáticamente de ERZ-Endesa a Base Aérea, y los grupos electrógenos entran en funcionamiento si ambas líneas no tuviesen servicio.

Los grupos electrógenos que se ponen en marcha son función de la potencia que se requiera en el funcionamiento de la central, realizándose la conexión en paralelo de forma automática.

Cuando alguna de las líneas tiene servicio después de un tiempo determinado, vuelve a conectarse la central a dicha línea, desconectándose los grupos electrógenos después de una espera por si hubiese nuevamente una incidencia en las líneas.

Se da prioridad a la línea de ERZ-Endesa para que la Central funcione automáticamente conectada a ella en cuanto el servicio se restablezca en la misma.

5.1.1-. Disposición física.

En relación con la disposición física de los equipos, así como con el recorrido de cables de las alimentaciones/salidas, en alguna de las diferentes salas (generadores, sala de cuadros de alta, BT...) se ha detectado alguna de las siguientes situaciones:

Los equipos redundantes no poseen suficiente separación, o entre ellos no existen barreras resistentes al fuego, de forma que un incendio puede afectar a ambos equipos. Éste es el caso de los GEs entre si (situados en la nave de grupos); del cuadro de acometida AT de 15 kV; de las dos líneas que se reciben; de los cuadros de MT y barras de 3 kV intermedias (Ambos situados en la sala de cuadros de AT/MT); de la barra común de grupos, o la barra de BT o CGTB (situados en un mismo cuadro junto con los paneles de control de los grupos y el rectificador-batería, en la sala de BT de la CE), los cuales forman cada una un cuadro continuo, sin separación física o barrera entre semibarras redundantes.

Desde el punto de vista eléctrico, adicionalmente, existe un punto débil en la salida de la energía de emergencia, dado que la generación de los dos grupos (que como se ha indicado están conectados a un embarrado común) se saca a través de una única interconexión con la barra de BT.

Los cables de alimentación/salida de los equipos redundantes tienen algún tramo de recorrido en común, no hay sellado para pasar de un área de fuego a otra, o bien el recorrido correspondiente a un equipo invade la zona de fuego correspondiente al otro equipo.

Los cables de salida de los reguladores de balizamiento, discurren juntos y junto a otros cables de ayudas no visuales, careciendo de identificación.

Existe en general espacio disponible para realizar ampliaciones añadiendo nuevos equipos (transformadores, generadores de emergencia, cuadros...), si bien no es fácil su utilización a la luz de los criterios de separación que requiere la norma básica de diseño.

Los cuadros, en general, tienen celdas de reserva equipadas, excepto el cuadro de MT de 3kV.

Respecto de los transformadores de potencia (dos de 15 kV/3kV TA-1 y TA-2 y dos de 3 kV/0,4 kV, TM-1 y TM-2), cada uno se localiza en un cubículo

independiente (existen dos de reserva) con cerramiento accesible desde el exterior de la CE.

Cada uno dispone de depósito resistente y estanco de recogida de aceite (diseñado inicialmente para transformadores de más de 50 litros de aceite y con sumidero accesible desde el exterior del cubículo, con tapa sobre pavimento), actualmente utilizados para los trafos existentes de silicona, en los que la temperatura de combustión del dieléctrico es superior a 300°C como sistema de recogida de posibles derrames.

Todos los cubículos disponen de:

- Detección.
- Dispositivo de extinción: Extintor manual 34B CO2.
- Equipo autónomo de alumbrado de emergencia.
- Interruptor del alumbrado normal.
- Toma de corriente
- Sonda de temperatura.
- P.A.T. del neutro de los trafos.
- P.A.T. de herrajes.

5.1.2.- Sistema Eléctrico.

No se dispone de información en relación con la potencia demandada a cada embarrado. Con este dato, junto con los datos precisos de potencia de cortocircuito existente para los diferentes niveles de tensión, se debería verificar si el dimensionamiento de los transformadores cuadros e interruptores es adecuado.

No se dispone de información del sistema de puesta a tierra o si ha sido modificado desde su instalación inicial, lo que hubiera supuesto la necesidad de verificar que se han realizado también las modificaciones necesarias en lo que se refiere a las protecciones.

En relación con la idoneidad o no de la protección de los equipos de áreas clasificadas, y con el cumplimiento de la normativa al respecto, no es posible verificarlo ante la falta de clasificación de áreas de riesgo de explosión.

Los cuadros de alta tensión están constituidos por celdas separadas y divididas para obtener compartimentos independientes.

Así mismo, existe compartimentación (separación de potencia y control). Los interruptores de salida de los cuadros de AT son extraíbles, no siendo extraíbles los de los cuadros de MT o de 3 kV que alimentan, en general, a servicios críticos. Cada cuadro posee su placa de características, se identifican los servicios alimentados y la señalización es suficiente (posición de los interruptores abierta o cerrada).

No existe separación eléctrica en la llegada de la alimentación desde los trafos 15/3 kV (barra única) ni en la salida de los grupos de emergencia hacia las barras del CGTB (los dos grupos se conectan a través de una única interconexión a una barra única o barra central)

El CGTB, además de dicha barra central, dispone de dos semibarras, izquierda y derecha, interconectadas cada una a la barra central mediante sendos interruptores.

Existe conexión a tierra de todas las carcasas (existencia de barra de tierra).

5.2-. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN PRIMARIA

Existen dos líneas de alimentación exterior al aeropuerto: una que proviene de la Cía. de distribución de la zona, ERZ_Endesa y otra proveniente de la Base Aérea, ambas al nivel de 15 kV.

La alimentación normal es la de ERZ, no utilizándose la alimentación de la Base por su capacidad limitada de 150 kW y por su inestabilidad, que hace que se prevea la desaparición de esta alimentación. En su lugar se prevé una segunda alimentación de la Cía.

La actual alimentación de Cía no está dedicada, derivándose de una línea aérea con múltiples usuarios o consumidores. Se desconoce la capacidad de esta línea y de la derivación al Aeropuerto (el tramo enterrado es con cable unipolar de 1x95 mm² Al).

Desde la derivación, se lleva la acometida aérea hasta un primer poste (torre de celosía) con seccionador y fusibles, el cual no dispone de accionamiento desde su base; luego hasta otro apoyo con seccionador y finalmente hasta otro apoyo con autoválvula MESA, donde se realiza la transición al tramo enterrado que llega hasta el sótano de cables de la CE.

La potencia contratada está al límite del consumo del Aeropuerto y se va a reconsiderar en un nuevo contrato.

Las acometidas de 15 kV son sobre un sistema de doble barra con acoplamiento. Sin embargo ambas líneas no se pueden poner en paralelo, por lo que no se puede hacer un cambio de alimentación sin paso por cero de tensión.

Respecto de los transformadores que alimentan el nivel de distribución de 3 kV desde el sistema exterior (sistema eléctrico de la Cía), hay al menos dos TA-1 y TA-2, alimentados por barras diferentes, del 100 % cada uno de ellos de 500 kVA, suficiente para alimentar todas las cargas. Son de construcción INCOESA 1600+-2,5+-5%/3000V $U_{cc}=4,82\%$.

Sin embargo, como se ha indicado, estas barras desde las que se alimentan no están convenientemente separadas desde el punto de vista físico (protección contra incendios).

Las barras de 3 kV a las que alimentan los dos trafos desde el nivel de 15 kV, están divididas pero con un tramo común al que acometen dichos trafos, por lo que tanto desde el punto de vista eléctrico como desde el punto de vista de separación física, tal como se había ya indicado, no se cumple el criterio de simple fallo. Los dos trafos 15/3, TA-1 y TA-2, trabajan en paralelo.

Las barras de 16 kV y 3 kV se encuentran ubicadas en una sala separada de AT/MT, la cual dispone de:

- Detección Alumbrado de emergencia.
- Extintores manuales de nieve carbónica
- No se dispone de extracción.
- Señalización en sala de control del estado de apertura/cierre de todos los interruptores de AT/MT.
- Telemando para abrir los interruptores AT/MT desde la sala de control (el cierre es local).

Barras de 15 kV

Se dispone de equipamiento a 24 kV. Todas las cabinas están alineadas formando un único cuadro desde la A1 hasta la A8 y otro cuadro espalda-espalda aunque no pegados uno al otro, con las cabinas A9 a la A15. Todas las cabinas o secciones verticales disponen de elementos indicadores de presencia de tensión, así como de seccionador enclavado de PaT.

Los mandos motorizados de los interruptores son a 48 VCC

Cuatro cabinas de la semibarra derecha se encuentran de reserva con el siguiente equipamiento:

-*Cabina A1*: acometida 16 kV desde Cia, con interruptor extraíble, motorizado, 800 A de PVA, Relés directos , Pcc= 500 MVA

-*Cabina A2*: conexión autoválvulas 16 kV a tierra.

-*Cabina A3*: cabina de medida de Cía, con Ti y Tt.

Los contadores de la Cia. se localizan en un cuadro mural en la pared de enfrente, incluyendo taxímetro y discriminador horario (valle, punta y llano), así como un contador digital.

-*Cabina A4*: acometida normal 16 kV desde la Cía, con interruptor extraíble, motorizado, 800 A de PVA, Pcc=500 MVA

Existen los siguientes relés en esta cabina:

-Dos relés elemento inverso 4/16 fases R y T.

-Un rele elemento inverso 0,5/2 tierra H.

-Un relé de minima tensión elemento inerso 55/140

-Un relé H.E.A de disparo y rearme manual.

Incluye medida de V, A, W, Var, F locales y se envían señales analógicas para un equipo multifunción en consola de sala de control.

Este interruptor está enclavado con el interruptor de la acometida alternativa desde la Base. Existe un conmutador local permisivo de la maniobra, a este efecto, con tres posiciones: COMP-NORMAL-BASE.

-*Cabina A5*: Seccionador 400 A de interconexión de la seriara izquierda con la semibarra derecha (cabina A10)

-*Cabina A6*: interruptor de protección salida de alimentación a trafo TA-1 15/ 3 kV, extraíble, no motorizado, 800 A de PVA, Pcc=500MVA. Incluye relés de sobreintensidad de fases R,T y de Tierra.

-*Cabina A7*: Interruptor seccionador 400 A con fusible 25 A de protección de alimentación al CT perezcederos, el cual no mantiene el aeropuerto.

-*Cabina A8*: Interruptor seccionador 400 A con fusible 10 A de protección y relé térmico, salida de alimentación al CT de iberia.

-*Cabina A9*: Acometida alternativa 16 kV, máx 150 kW, con interruptor extraíble, motorizado, 800 A de PVA, Pcc= 500MVA.

Existen los siguientes relés en esta cabina:

- Dos relés elemento inverso 4/16 fases R y T.
- Un rele elemento inverso 0,5/2 Tierra H.
- Un relé de mínima tensión elemento inverso 55/140.
- Un relé HEA de disparo y rearme manual.
- Cabina A10*: Seccionador 400 A de interconexión de la semibarra derecha con la semibarra izquierda.
- Cabina A11*: Interruptor de protección salida de alimentación a trafo TA-2 15/3, extraíble, no motorizado, 800 A de PVA, Pcc=500 MVA (Enclavado con el interruptor correspondiente al lado de 3 kV, cabina M6).
- Cabinas A12 a A15*: Interruptor seccionador 400 A con fusible 10 A y relé térmico, de protección salida a CTs, actualmente en reserva. Disponen de medida local de intensidad.

Barras de 3 kV.

Son cabinas 630 A con equipamiento 24 kV. Todas las cabinas están alineadas formando un único cuadro desde la M1 hasta la M13. Este cuadro no dispone de cabinas de reserva:

- Cabina M1*: Alimentación de 3 kV desde la CE al CT con interruptor-seccionador 630 kA, y fusibles de 20 A, calibre real de 100 A.
- Cabina M2*: Alimentación de 3 kV desde la CE al CT con interruptor-seccionador 630 kA, y fusibles de 100 A, calibre real de 100 A, y relé térmico.
- Cabina M3*: Alimentación de 3 kV desde la CE al CT con interruptor-seccionador 630 kA, y fusibles de 250 A, calibre real de 63 A.
Dispone de medida local de intensidad. Este interruptor-seccionador está enclavado con el interruptor de baja tensión TM-1.
- Cabina M4*: Interconexión de la semibarra derecha de 3 kV con la barra central de alimentación desde el cuadro de 15 kV, a través de un seccionador 630 A. Enclavados con el de la cabina M8.
- Cabina M5*: Interconexión de la semibarra derecha de 3 kV con la barra derecha de alimentación desde el cuadro de 15 kV, a través del trafo TA-1, con interruptor seccionador 630 A y fusibles base 250 A, de 100 A relé térmico ajustando a 92 A.

Dispone de medida local de tensión; intensidad (tres fases, con conmutador de amperímetro); watímetro y varímetro. Dispone de un enclavamiento mecánico con la cabina A6 de 15 kV del interruptor de alta del TA-1.

-*Cabina M6*: Interconexión de la semibarra derecha de 3 kV con la barra izquierda de alimentación desde el cuadro de 15 kV, a través del trafo TA-2, con interruptor seccionador 630 A y fusibles base 250 A, de 100 A y relé térmico ajustado a 92 A.

Dispone de medida local de tensión; intensidad (tres fases, con conmutador de amperímetro); watímetro y varímetro. Dispone de un enclavamiento mecánico con la cabina A11 de 15 kV del interruptor de alta del TA-2.

-*Cabina M8*: Alimentación común de 3 kV desde los trafos TA-1 y TA-2 que pueden trabajar en paralelo, a la barra central del cuadro de 3 kV, a través de un seccionador 400 A motorizado. Mediante un trafo de tensión conectado con fusibles de 6ª se alimentan tres lámparas de señalización y se envía señal al control de los grupos GE (En caso de detectar falta de tensión, el seccionador de la cabina M8 dispara automáticamente y, simultáneamente, se da orden de arranque al GE-1, lo que constituye un permisivo para el cierre del interruptor de acoplamiento del grupo). Este seccionador es crítico: No hay posibilidad de mantenimiento del mismo sin provocar un cero de tensión en el sistema de distribución de 3 kV del Aeropuerto.

-*Cabina M10*: Interconexión de la semibarra izquierda de 3 kV con la barra central de alimentación desde el cuadro de 15 kV, a través de un seccionador 400 A según el esquema unifilar. Este seccionador está enclavado con el M8.

-*Cabina M11*: Alimentación de 3 kV al CGTB de la CE a través del Trafó TM-2 con interruptor-seccionador 630 A, y fusibles base 250 A, es de 63 A y relé térmico ajustado a 44 A.

Dispone de medida local de intensidad (una fase).

Este interruptor-seccionador está enclavado con el interruptor de baja tensión del trafo TM-2.

-*Cabina M12*: Alimentación de 3 kV desde la CE al CT SEI, con interruptor-seccionador 630 A, y fusibles de 10 A, calibre real de 25 A.

-*Cabina M13*: Conexión de la batería de condensadores 100 kVa al cuadro de 3 kV, con interruptor-seccionador 630 A, y fusibles de 10 A, calibre real de 25 A.

La batería de condensadores conectada a la semibarra izquierda del cuadro de 3 kV está formada por un único escalón con una intensidad total de 17,5 A.

De entre los transformadores de alimentación desde este cuadro de 3 kV (que recibe alimentación de emergencia) hasta el CGBT de la CE, hay al menos uno de ellos de 500 kVA, suficiente para alimentar todas las cargas. Los trafos son 3000+-5% 400/231V, $U_{cc}=4,15\%$

Los dos trafos 3/0,4 kV, TM-1 y TM-2, trabajan en paralelo.

El Cuadro General de Baja Tensión (CGTB) de la CE está compuesto por tres secciones verticales, constituyendo una barra central (a la que llega la alimentación conjunta de los Ges) con acoplamiento a una semibarra izquierda (a la que llega la alimentación del trafo TM-2).

El CGTB, situado en la sala de BT de la CE, tiene adosado un cuadro de alimentación de CC por la derecha y el cuadro de control de los grupos por el lado izquierdo.

Desde la semibarra izquierda del CGTB se alimenta al regulador de corriente constante 1 y desde la semibarra derecha del CGTB se alimenta al regulador de corriente continua 2.

5.3-. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN SECUNDARIA

Existen dos grupos electrógenos de emergencia en una sala de grupos electrógenos donde existe el hueco para la instalación de un tercero. No se cumplen los criterios de separación física entre fuentes redundantes, al no existir ninguna barrera entre ambos grupos.

Ambos grupos disponen, en sala aparte, de un depósito de día común de aproximadamente 2.000 litros y de varios bidones en el exterior (en una disposición irregular, no conforme con la normativa) de 200 litros de almacenamiento comunes (normalmente seis llenos), con una bomba de combustible situada en el sótano de cables

Los paneles de control se encuentran en la sala de BT de la CE (cinco secciones verticales de la izquierda), integrados en un cuadro que contiene, además, el CGBT de la CE y el rectificador-batería de 48 VCC

En el caso de fallo del grupo 1, automáticamente entra el grupo 2.

GRUPO 1

- Grupo electra 1, 700 kVA (560 kW), 1500 rpm.

- Generador eléctrico 725 kVA (580 kW), 1500 rpm, aislamiento clase H.
- Motor Diesel 1500 rpm, 747 BHP, con resistencia de Caldeo.
- El arranque es eléctrico, con dos baterías Pb-Acido en serie 12+12 voltios, 240 Ahx2, 680 A, alcanzando condiciones RTL en 20-21 segundos.

GRUPO 2

- 300 kVA $\text{fp}=0,8$, 1500 rpm.
- El arranque es eléctrico, con dos baterías Pb-Acido en serie 12+12 voltios, 240 Ahx2, 680 A, alcanzando condiciones RTL en 20-21 segundos.

Los dos generadores de emergencia de 700 kVA y 300 kVA respectivamente, no pueden trabajar en paralelo entre si ni con la red exterior.

No existe separación física entre ambos. Tampoco existe separación física entre los respectivos paneles de control, acometiendo al CGTB, al que alimentan en caso de pérdida de la alimentación exterior, a través de una interconexión común.

Las cargas críticas (con tiempo máximo de interrupción finito) no se conoce si pueden se alimentadas en su totalidad ante fallo de uno de los grupos de emergencia. No se conoce el nivel de carga de los grupos de emergencia cuando falla uno de ellos y el resto alimenta a la totalidad de las cargas críticas.

El arranque y escalonamiento de cargas de los grupos de emergencia se considera adecuado. El primer escalón del primer grupo toma carga a los 20-21 segundos, por lo que no pueden atender a las posibles cargas que, según la norma general de diseño de Aena, puedan requerirse con alimentación menor o igual a 15 segundos.

Se considera suficiente la autonomía de los grupos de emergencia, si bien no es adecuado el sistema de almacenamiento de combustible.

5.4-. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA

No existe un sistema de continuidad para la alimentación del balizamiento, alimentándose los dos reguladores existentes en la CE mediante sendas salidas del CGTB de la CE, respaldado por el sistema de emergencia del aeropuerto.

En el aeropuerto existen pequeñas USIS locales, además de las situadas en la CE y el CT Terminal (SEI, IBERCOM, NAVEGACIÓN AEREA)

En la CE existe una USI, adosada al lateral derecho del cuadro de BT en la sala de BT de la CE, para los servicios de maniobra de balizaje desde pupitre en oficina de coordinación del terminal, y control de la iluminación de las torres de la plataforma.

5.5.-SISTEMA DE ALIMENTACIÓN CON CORRIENTE CONTINUA.

Se alimentan desde corriente continua 48 Vcc los equipos de protección y mando, las cabinas de interruptores de AT/MT y la señalización y mando desde pupitre en sala de control.

El sistema de 48 Vcc, con baterías de Ni-Cd y rectificador correspondiente dispone de un único equipo (no tiene redundancia). Está situado en dos secciones verticales, del conjunto de paneles de la sala de B de la CE, que integra además el CGTB de la CE y los paneles de alimentación, mando y control de los grupos de emergencia. Tienen las siguientes características:

- Dispone de doble rectificador, y doble conjunto de baterías de acumuladores.
- Los polos de la batería están aislados de tierra.
- Dispone de alarma por falta a tierra (existe un dispositivo detector).
- Tiene autonomía suficiente.
- El Mantenimiento adecuado y la sustitución de baterías cada 5 años.
- Existe placa de características visibles e instrucciones para realizar sus cargas periódicas de mantenimiento.
- Ajuste de las protecciones.

5.6-. SISTEMA DE GESTIÓN: PROTECCIONES, MEDIDA, ENCLAVAMIENTOS, AUTOMATISMOS, SISTEMA DE CONTROL, MODOS DE OPERACIÓN.

5.6.1- Protecciones

5.6.2-. Medidas

5.6.3-. Enclavamientos

Los enclavamientos establecidos se consideran correctos y no hay posibilidad de funcionar en condiciones no deseadas.

Los grupos de emergencia no pueden trabajar en paralelo con la red ni alimentar el sistema de 15 kV.

En caso de disparo del interruptor de alta de un trafo, dispara el correspondiente de baja.

5.6.4-. Automatismos y sistemas de Control

La CE dispone de un sistema de gestión que controla todos los equipos principales de la central, recibiendo información de estado de todos los interruptores o seccionadores principales así como otros parámetros requeridos para el conocimiento y la maniobra de la instalación desde la consola (con sinóptico del sistema AT/MT y CGTB y conexión de grupos), localizada en la sala de control de la CE.

El tiempo de reposición del servicio en caso de operaciones anormales como fallo en transformadores o anillos, en general no es apropiado, al igual que las maniobras automáticas que se realicen, dado que en general no hay suficientes interruptores motorizados y relés comunicables para poder realizar el control de una forma adecuada.

No existe un sistema automático de deslastrado de cargas al nivel de BT que, en un determinado momento, ajuste las cargas a la disponibilidad de emergencia.

En el caso de existencia de excedente de potencia una vez alimentadas las cargas críticas por parte de los grupos de emergencia, hay posibilidad de alimentar cargas que no sean críticas.

5.7-. RED DE TIERRAS Y PROTECCIÓN DE SOBRETENSIONES.

Se dispone en el exterior de la CE y en la periferia del edificio, de unos conjuntos de picas con una interconexión enterrada para la puesta a tierra. Son tres picas o placas alineadas e interconectadas salvo en la PAT de las autoválvulas de 15 kV que son dos, con arqueta de registro y medida en cada interconexión de los circuitos de pat de la CE con estos subconjuntos. Cada circuito de PAT de la CE, se constituye en un circuito cerrado al conectarse cada uno de sus dos extremos a los dos extremos del conjunto de picas alineadas.

Los circuitos mencionados de PAT establecidos en la CE, identificados cada uno con una letra mayúscula, son los siguientes:

- PAT del sistema de protección contra descargas atmosféricas.
- Autoválvulas del cuadro de 15 kv
- Neutros de los transformadores.
- Reguladores de corriente constante.
- Cuadro de Baja Tensión.
- Herrajes.

El sistema de protección contra descargas atmosféricas de la CE consta de puntas captadoras en la cubierta, situadas en las esquinas del edificio, y de una interconexión perimetral de las mismas, con dos bajantes unidas a uno de los conjuntos de picas citados arriba.

5.8-. SISTEMAS AUXILIARES

5.8.1- Alumbrado

Se dispone de alumbrado autónomo de emergencia para señalización de rutas de escape.

No se dispone de alumbrado de seguridad en corriente continua (110 Vcc o 24 Vcc) o desde UPS para aquellas aéreas con equipos que requieran ser operados en caso de fallo del suministro normal.

5.8.2-. Detección y Extinción de Incendios

Existe un sistema de detección de incendios. La extinción es por extintores manuales. Existe una central de detección de alarmas de incendio, localizada en la sala de control de la CE.

En la zona de transformadores no existen sistemas automáticos de extinción.

5.8.3-. Sistemas de Seguridad contra Intrusión.

Existe un sistema contra intrusión operativo, consistente en un vallado de la instalación y control de accesos a la misma mediante puertas con llave controlada y una cámara CCTV, con monitor en la sala de control que vigila el acceso de vehículos a la CE.

5.8.4-. Ventilación o Climatización.

Existe un sistema de Ventilación forzado en la sala de grupos. No existe en la sala de cuadros de AT/MT.

En la sala de control y en sala de BT existe climatización.

6-.SUBESTACIONES. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

6.1-. PERECEDEROS 15 kV

Únicamente se le da alimentación desde la CE, salida A-7 del cuadro de 15 kV.

6.2-. IBERIA 15 kV

6.2.1-. Esquema General de Distribución

Se alimenta en antena desde la CE, salida A8 del cuadro de distribución a 15 kV.

En relación con la disposición física de los equipos en el CT, así como con el recorrido de cables de las alimentaciones/salidas, se ha detectado alguna de las siguiente situaciones:

No se han delimitado las áreas de fuego.

No existen equipos redundantes.

Todos los equipos, tanto de AT como de BT, incluidos los cables de interconexión, pueden verse afectados por un mismo suceso.

Los elementos de corte y protección de MT están situados al aire, tras la rejilla de cerramiento del trafo.

La separación de los equipos no es suficiente para mantenimiento y operación.

No hay suficiente espacio para realizar ampliaciones o para añadir nuevos equipos. Los cuadros no tienen reservas.

En cuanto al sistema eléctrico no se conoce la potencia demandada al embarrado. Con este dato, junto con la potencia de cortocircuito para los diferentes niveles de tensión, MT y BT, se analizaría si el dimensionamiento de los transformadores, cuadros e interruptores es adecuado.

No se dispone de un sistema de barra partida con acoplamiento, con alimentación del anillo a cada semibarra y con alimentación a cada trafo

alimentado desde cada semibarra, de modo que esté cada conjunto alimentación-semibarra-trafo en un área de fuego diferenciado.

No existe cuadro de alta tensión constituido por celdas separadas y divididas para obtener compartimentos independientes, estando los dispositivos situados al aire.

El CGTB está manifiestamente obsoleto y no dispone de elementos de protección automáticos adecuados.

6.2.2-. Sistema de Alimentación Primaria

Para la máxima demanda del CT (capacidad de un trafo), no se puede estimar si la capacidad de la línea de acometida al CT es suficiente (se desconocen las características del cable).

Fusible protección trafo: 25 A

Trafo 16000 $\pm$ 2,5% 400/231 V ; 25 kVA U_{cc} = 4,26 %

6.2.3-. Sistema Alimentación Secundaria

El CT no dispone de ninguna fuente secundaria de energía.

6.2.4-. Sistema Alimentación Interrumpida

El CT no dispone de SAI.

6.2.5-. Sistema Alimentación con Corriente Continua

No existe en el CT.

6.2.6-. Sistema de Gestión: Protecciones, Medida, enclavamientos, automatismos, sistema de control.

El trafo está protegido mediante fusible de 24 kV, 25 A.

Existen contadores de energía activa y reactiva en el CGBT.

Existe un enclavamiento mecánico entre el seccionador de AT y la puerta de rejilla de acceso al recinto del trafo.

El tiempo de reposición del servicio en caso de operaciones anormales como fallo en transformador es elevado, ya que las operaciones de cambio son manuales y los interruptores y seccionadores no están motorizados ni telemandados.

El paso del modo de operación Normal a Emergencia y de Emergencia a Normal es manual.

6.2.7-. Red de Tierras y Protección Contra sobretensiones

No se dispone de elementos de protección contra sobretensiones.

6.2.8-. Sistemas Auxiliares

Alumbrado (110 Vcc o 24/45 Vcc)

Alumbrado Autónomo de Emergencia.

El sistema de Ventilación es natural, mediante rejillas.

6.3-. SUBESTACIÓN CT – EDIFICIO TERMINAL

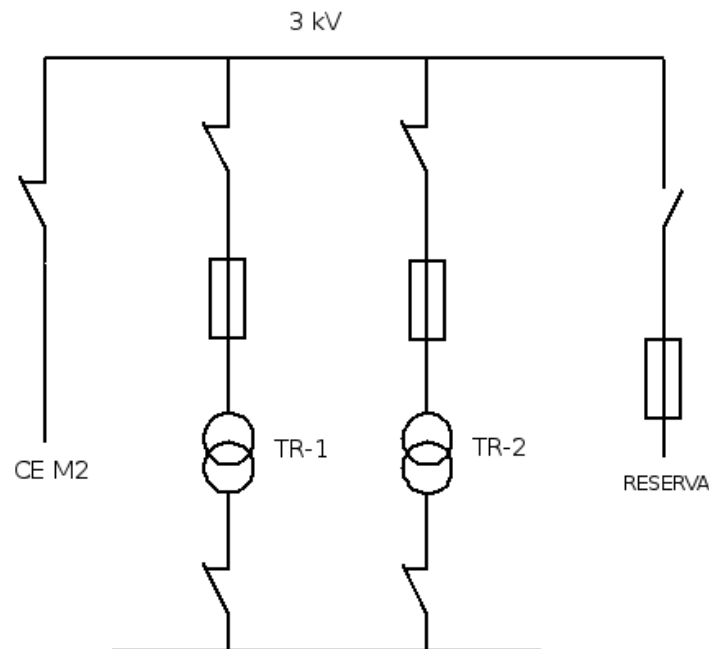


Figura 3: Esquema distribución edificio terminal

En la figura 3 CE-M2 indica la cabina M2 de la central eléctrica (plano 2.3 y páginas 38 y 39).

Se encuentra ubicado dentro del Edificio terminal. Está formado por dos zonas diferenciadas. En una se dispone el cuadro de MT y los trafos y en la otra el CGBT, UPS separada por un muro, contadores, batería de condensadores, etc.

En relación con la disposición física de los equipos en el CT, así como con el recorrido de cables de las alimentaciones/salidas, se ha detectado alguna de las siguientes situaciones:

Los equipos redundantes no poseen suficiente separación, o entre ellos no existen barreras resistentes al fuego, de forma que un incendio puede afectar a ambos equipos. Es el caso de los cuadros de MT y CGBT.

Los cables de alimentación/salida de los equipos redundantes tienen algún tramo de recorrido en común, no hay sellado para pasar de un área de fuego a otra, o bien por el recorrido correspondiente a un equipo invade la zona de fuego correspondiente al otro equipo

Hay suficiente espacio para realizar ampliaciones o para añadir nuevos equipos. Los cuadros no tienen celdas de reserva, salvo el cuadro de MT que dispone de una cabina de salida a trafo equipada.

Los transformadores de potencia son de tipo seco, disponiendo de muros de separación entre trafos.

En cuanto al sistema eléctrico no se conoce la potencia demandada al embarrado. Con este dato, junto con la potencia de cortocircuito para los diferentes niveles de tensión, MT y BT, se analizaría si el dimensionamiento de los transformadores, cuadros e interruptores es adecuado.

No se dispone de barra partida con acoplamiento de doble interruptor, ni en MT ni en BT, con alimentación de anillo a cada semibarra de MT y con alimentación de cada trafo a una semibarra de BT.

Los cuadros de alta tensión están constituidos por celdas separadas y divididas para obtener compartimentos independientes.

Existe compartimentación, separación de potencia y control. Los interruptores de salida de los cuadros no son extraíbles, al menos en servicios crítico. Cada cuadro posee su placa de características, de modo que se identifican los servicios alimentados y la señalización es suficiente (posición de los interruptores abierta o cerrada).

Existe conexión a tierra de todas las carcasas además de barra de tierra.

Batería de Condensadores al CGBT localizada en las dependencias de BT del CT, de DMA PR-1, 150 kvar.

6.3.2-. Sistema de Alimentación Primaria

El CT se alimenta desde el cuadro de 3 kV de la CE. El cuadro de MT consiste en un conjunto de celdas con apartamento para 24 kV, 400 A, y 16 kA de poder de corte.

No existe acoplamiento entre barras de acometida (la acometida se conecta a la barra única). El fallo de esta alimentación o de la barra común, deja al CT sin alimentación.

Dos trafos en paralelo: 3000+/-2,5%/400-230 V; 250 kVA $U_{cc}= 3,88\%$

6.3.3-. Sistema de Alimentación Secundaria

El CT no dispone de ninguna fuente secundaria de energía.

6.3.4-. Sistema de Alimentación Ininterrumpida

El CT dispone en un cuarto separado del recinto de BT, de un SAI para alimentación al Edificio Terminal

El SAI es de 30 kVA autonomía de 10 minutos a plena carga.

Existe un trafo de aislamiento para la conexión by-pass.

Para evitar los posibles problemas derivados de los armónicos generados se han dispuesto interruptores diferenciales superinmunizados en cada salida de distribución

6.3.5-. Sistema Alimentación con Corriente Continua

El CT no dispone de un sistema independiente de alimentación de corriente continua.

6.3.6-. Sistema de Gestión: Protecciones, Medida, enclavamientos, automatismos, sistema de control.

El tiempo de reposición del servicio en caso de operaciones anormales es elevado, ya que las operaciones de cambio son manuales y los interruptores y seccionadores no están motorizados ni telemandados.

El paso del modo de operación Normal a Emergencia y de Emergencia a Normal es manual.

6.3.7-. Red de Tierras y Protección Contra sobretensiones

No se dispone de elementos de protección contra sobretensiones.

Hay puentes de prueba y arquetas de registro para las conexiones con la red de puesta a tierra de neutros y de herrajes.

6.3.8-. Sistemas Auxiliares

Se dispone de alumbrado autónomo de emergencia.

El sistema de ventilación es forzado, mediante ventiladores de impulsión gobernados por termostato, y con compuertas de salida que cierran automáticamente en caso de incendio. En este caso, con señal de incendio, los ventiladores paran automáticamente. Existe un sistema para cada recinto, MT y BT.

6.4-. SUBESTACIÓN CT –ADUANAS-.

6.4.1-. Esquema General de Distribución

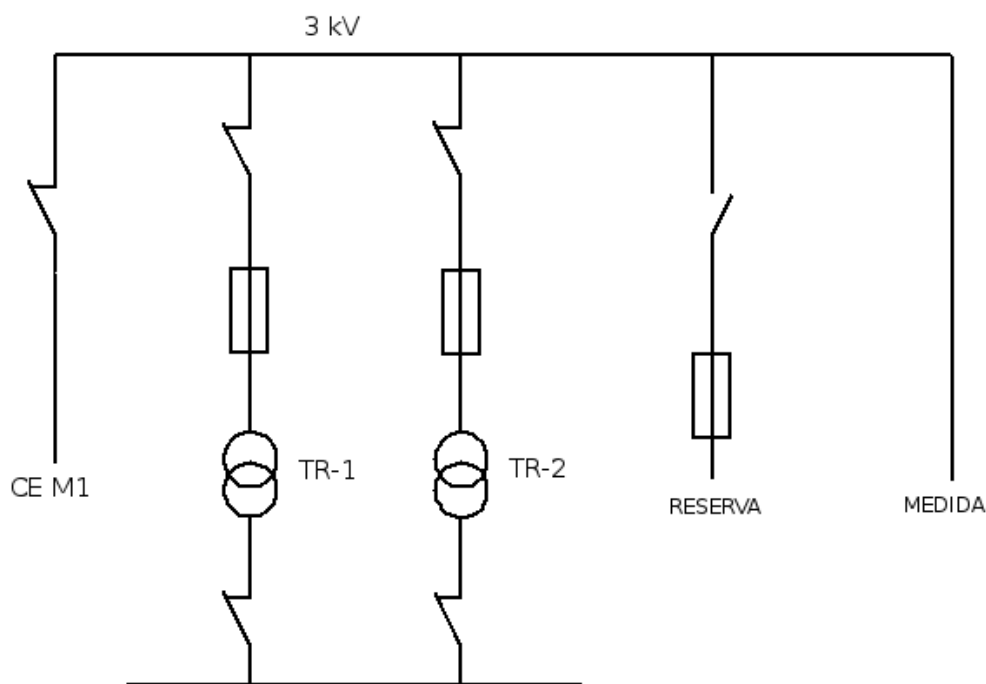


Figura 4: Esquema distribución aduanas

En la figura 4 CE-M1 indica la cabina M1 de la central eléctrica (plano 2.3 y páginas 38 y 39).

Este CT se encuentra ubicado en un módulo prefabricado. En relación con la disposición física de los equipos en el CT, así como con el recorrido de cables de las alimentaciones/salidas, se ha detectado alguna de las siguientes situaciones:

No se han delimitado las áreas de fuego.

Los equipos redundantes no poseen suficiente separación, o entre ellos no existe barreras resistentes al fuego, de forma que un incendio puede afectar a ambos equipos. Es el caso del cuadro de MT y de CGBT.

Los cables de alimentación/salida de los equipos redundantes tienen algún tramo de recorrido en común. No hay sellado para pasar de un área de fuego a otra, o bien el recorrido correspondiente a un equipo invade la zona de fuego correspondiente al otro equipo.

La separación de los equipos en general es reducida para mantenimiento y operación.

No hay suficiente separación para realizar ampliaciones o para añadir nuevos equipos (transformadores, cabinas...). Los cuadros no tienen celdas de reserva salvo el de MT, que dispone de una celda equipada prevista para su conexión en anillo.

Los transformadores de potencia son de tipo seco, disponiendo de rejilla metálica. El CGBT se encuentra en el mismo recinto del CT.

En cuanto al sistema eléctrico, no se conoce la potencia demandada al embarrado. Con este dato, junto con la potencia de cortocircuito para los diferentes niveles de tensión, MT y BT, se analizaría si el dimensionamiento de los transformadores, cuadros e interruptores es adecuado.

No se dispone de barra partida con acoplamiento, ni en MT ni en BT, por lo que un fallo único en barras indisponibiliza todo el CT.

Los interruptores y seccionadores existentes en MT y los de alimentación al CGBT, no están motorizados ni telemandados, aunque están preparados para ello en un futuro.

Los trafos trabajan en paralelo.

Los cuadros de alta tensión están constituidos por celdas separadas y divididas para obtener compartimentos independientes.

Existe compartimentación, separación de potencia y control. Los interruptores de salida de los cuadros no son extraíbles, al menos en servicios críticos. Cada cuadro posee su placa de características y se identifican los servicios alimentados.

Existe conexión a tierra de todas las carcasas así como barra de tierra.

Existe corrección automática del factor de potencia mediante baterías de condensadores en BT automáticas.

6.4.2-. Sistema de Alimentación Primaria.

No se conocen las características del cable para estimar si la capacidad de la línea de acometida es suficiente.

No se puede determinar, por desconocerse los históricos de demanda al CT o previsiones de crecimiento, si la potencia instalada es adecuada para el consumo previsto.

Se puede hacer un cambio de alimentación sin paso por cero de tensión en caso de fallo de un trafo, acoplando los dos trafos en paralelo. En caso de fallo de barras o de la alimentación al CT, se pierde toda la alimentación.

El cuadro de MT está compuesto por cabinas con aparellaje de 24 kV, 400 A, 16 kA y relés multifunción SEG comunicables.

Los trafos son de aislamiento seco preparados para la conexión en un futuro anillo de 16 kV, 500 kVA, 3000/400-231 $U_{cc}= 5,47\%$

El cuadro de Baja Tensión (CGBT) está compuesto por cuatro secciones verticales. Los interruptores de alimentación desde los trafos son de 1250 A. Disponen de medidores multifunción comunicables.

6.4.3-. Sistema de Alimentación Secundaria

El CT no dispone de ninguna fuente secundaria de energía.

6.4.4-. Sistema de Alimentación Ininterrumpida

El CT no dispone de un pequeño SAI para alimentaciones auxiliares.

6.4.5-. Sistema Alimentación con Corriente Continua

El CT dispone de un sistema de alimentación de corriente continua de 110 Vcc (equipo cargador-batería) para la maniobra, protección y señalización de los interruptores.

Existe alarma por falta a tierra.

Existe alarma de fallo o mal funcionamiento del sistema de carga.

Autonomía suficiente.

6.4.6-. Sistema de Gestión: Protecciones, Medida, enclavamientos, automatismos, sistema de control.

No se puede indicar si la coordinación y ajuste de los relés es adecuada, sobre todo en lo referente a la actuación de los elementos instantáneos.

Los dispositivos de medida no están conectados a un bus de campo. Aunque existen medidas instantáneas actualmente, se necesitarían las necesarias para determinar los consumos históricos al menos en las barras de BT.

No se ha comprobado que los enclavamientos son correctos y no hay posibilidad de funcionar en condiciones no deseadas. Existe un juego de llaves para efectuar con seguridad las maniobras precisas, incluido apertura de rejilla cerramiento trafo.

El tiempo de reposición del servicio está condicionado a la actuación manual local.

En sala de control no se recibe información, a través de un bus de campo, del estado de apertura/cierre de interruptores y seccionadores.

El paso del modo de operación Normal a Emergencia y de Emergencia a Normal es manual.

6.4.7-. Red de Tierras y Protección Contra sobretensiones

No se dispone de elementos de protección contra sobretensiones.

Hay puentes de prueba y arquetas de registro para las conexiones con la red de puesta a tierra, tanto de neutro como de herrajes. Ambas tierras pueden unirse en una caja de conexión.

6.4.8-. Sistemas Auxiliares

Se dispone de alumbrado autónomo de emergencia. Se desconoce si se dispone de alumbrado de seguridad en corriente continua o desde SAI.

Existe detección de área. Se desconoce si existe doble tecnología y circuito en los detectores de zona de fuego y si se cuenta con central de

detección de alarmas. Se ha comprobado que hay extintores portátiles manuales.

El sistema de ventilación es natural, mediante rejillas.

6.5-. SUBESTACIÓN CT- SEI

6.5.1-. Esquema General de Distribución

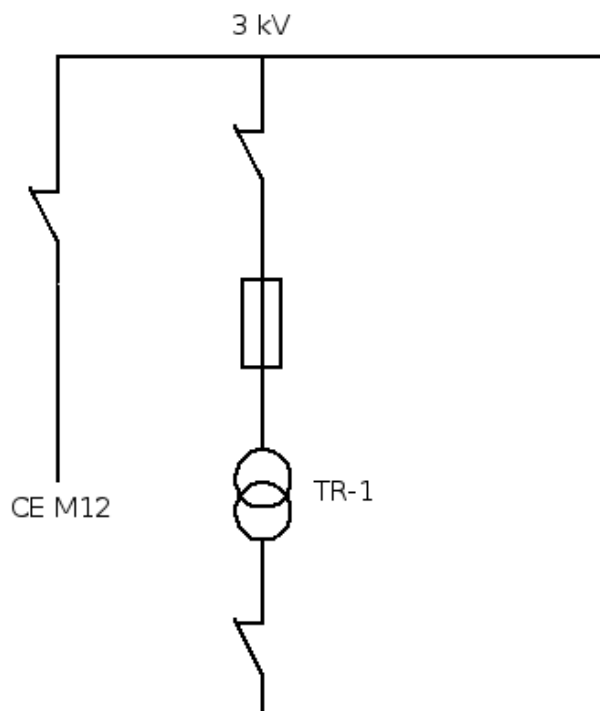


Figura 5: Esquema distribución SEI

En la figura 5 CE-M12 indica la cabina M12 de la central eléctrica (plano 2.3 y páginas 38 y 39).

Se encuentra ubicado en un recinto prefabricado. En relación con la disposición física de los equipos en el CT, así como con el recorrido de cables de las alimentaciones/salidas, se han detectado las siguientes situaciones:

Los equipos redundantes no poseen suficiente separación, o entre ellos no existen barreras resistentes al fuego, de forma que un incendio puede afectar a ambos equipos.

Los cables de alimentación/salida de los equipos redundantes tienen algún tramo de recorrido común, no hay sellado para pasar de un área de fuego a otra, o bien el recorrido correspondiente a un equipo invade la zona de fuego correspondiente al otro equipo.

La separación de los equipos en general es suficiente para mantenimiento y operación.

No hay suficiente espacio para realizar ampliaciones o para añadir nuevos equipos, salvo en cuadro de MT. Los cuadros no tienen celdas de reserva.

El CGBT consiste en un cuadro mural, adosado a parte fija de la rejilla de cerramiento del trafo.

En cuanto al sistema eléctrico, no se conoce la potencia demandada al embarrado. Con este dato, junto con la potencia de cortocircuito para los diferentes niveles de tensión, MT y BT, se analizaría si el dimensionamiento de los transformadores, cuadros e interruptores es adecuado.

El embarrado de MT es único, así como son únicos el trafo y el CGBT, de modo que un fallo único podría inutilizar todo el CT. Solo llega una alimentación al CT.

Los cuadros de alta tensión están constituidos por celdas separadas y divididas para obtener compartimentos independientes.

Existe compartimentación, separación de potencia y control. Los interruptores de salida de los cuadros no son extraíbles, al menos en servicios críticos. Cada cuadro posee su placa de características, se identifican los servicios alimentados y la señalización es suficiente.

Existe conexión a tierra de todas las carcasas; existencia de barra de tierra.

6.5.2.- Sistema de Alimentación Primaria

Existe una alimentación en punta desde CE, cuadro de 3 kV. Se desconocen las características de los cables de alimentación.

No se puede determinar, por desconocerse los históricos de demanda al CT o previsiones de crecimiento, si la potencia instalada es adecuada para el consumo previsto.

No existe barra partida en la acometida (la acometida, única, se conecta a una barra única). En caso de fallo de una de las dos, se pierde la alimentación a todo el CT.

El cuadro de MT con aparellaje de 24 kV, 400 A, 16 kA. En la salida de protección al trafo, dispone de un relé electrónico RPTA.

El transformador es tipo seco, 3000/380 V de 50 kVA $U_{cc}=4\%$

El cuadro de baja tensión CGBT dispone de descargadores de sobretensión. El interruptor de alimentación es de 35 kA

6.5.3-. Sistema de Alimentación Secundaria

El CT no dispone de ninguna fuente secundaria.

6.5.4-. Sistema de Alimentación Ininterrumpida

El CT no dispone de alimentación ininterrumpida.

6.5.5-. Sistema Alimentación con Corriente Continua

No se constatado la disponibilidad de un sistema de alimentación de corriente continua de 48 Vcc para la maniobra y señalización de los interruptores.

6.5.6-. Sistema de Gestión: Protecciones, Medida, enclavamientos, automatismos, sistema de control.

No se puede indicar si la coordinación y ajuste de los relés es adecuada, sobre todo en lo referente a la actuación de los elementos instantáneos.

Los dispositivos de medida no son suficientes, se necesitarán los suficientes para determinar los consumos históricos al menos en las barras de BT.

No hay posibilidad de funcionar en condiciones no deseadas.

La rejilla de protección del cerramiento del trafo no está enclavada.

En la sala de control no se recibe información, a través de un bus de campo, del estado de apertura/cierre de interruptores y seccionadores.

El tiempo de reposición del servicio en caso de operaciones anormales como fallo en transformadores o alimentación es elevado, ya que las operaciones de cambio son manuales.

El paso del modo de operación Normal a Emergencia y de Emergencia a Normal es manual.

6.5.7-. Red de Tierras y Protección Contra sobretensiones

Para la protección contra sobretensiones atmosféricas, existe un sistema de anillo perimetral en la cubierta del CT, con bajantes de unión a la PAT.

Hay puentes de prueba y arquetas de registro para las conexiones con la red de puesta a tierra de la PAT de neutro y de la de herrajes, desconociéndose si existe también en la del sistema de descargas atmosféricas.

6.5.8-. Sistemas Auxiliares

Se dispone de alumbrado autónomo de emergencia. Se desconoce si se dispone de alumbrado de seguridad en corriente continua o desde SAI. No hay extintor portátil manual. El sistema de ventilación es natural, mediante rejillas.

7-. BALIZAMIENTO. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

7.1-. SISTEMA DE LUCES DE APROXIMACIÓN.

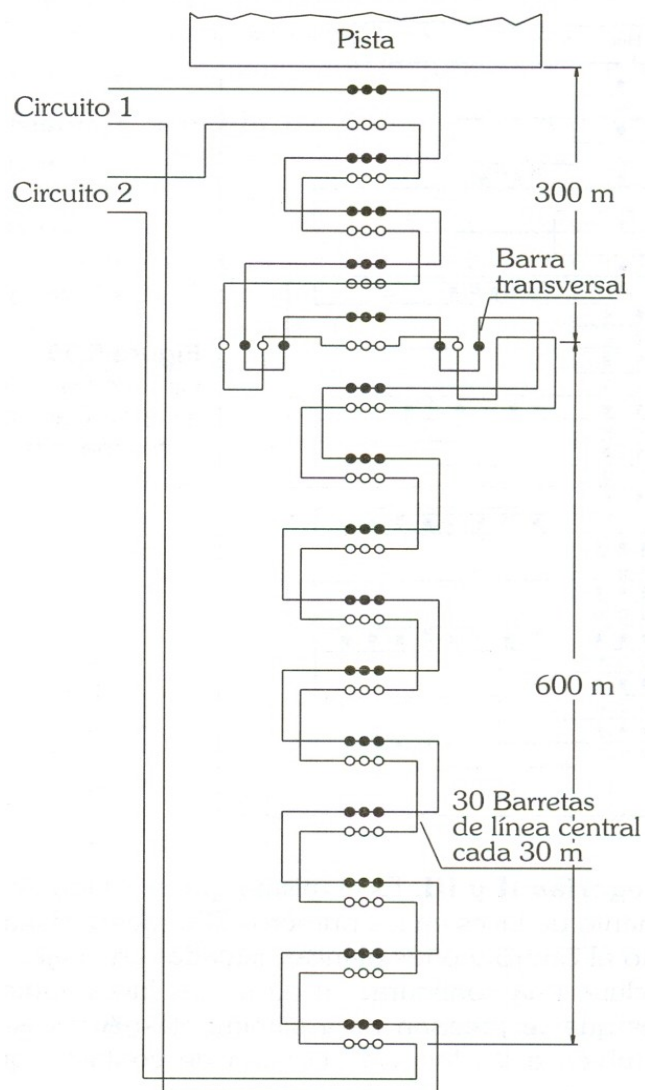


Figura 6: Luces de aproximación

Serie de luces situadas en la prolongación del eje de la pista, separadas 30 metros que se extienden hasta los 900 metros desde el umbral.

7.2-. SISTEMAS DE LUCES DE INDICACIÓN VISUAL DE PENDIENTE DE APROXIMACIÓN

Indicación visual de la pendiente de aproximación. La indicación, en general, se consigue mediante unas unidades situadas en los laterales de la pista de vuelo y a una determinada distancia del umbral. Proporcionan un haz de colores blanco y rojo (puntos oscuros y claros en la figura 6) con una determinada cobertura vertical, proporcionando en la zona de transición del haz la indicación de la pendiente de planeo.

El sistema instalado es el PAPI (Precision Approach Path Indicator). La configuración consiste en una sola barra de ala de cuatro elementos situada a un lado de la pista, el izquierdo normalmente, en una posición próxima al punto de la toma de contacto. Hay dos circuitos independientes. Cada uno alimenta a una lámpara de cada elemento. Además de ser uno alternativo del otro se utilizan los dos circuitos para cuando la luminancia de fondo de la atmósfera es pequeña se utiliza uno solamente y si es grande los dos.

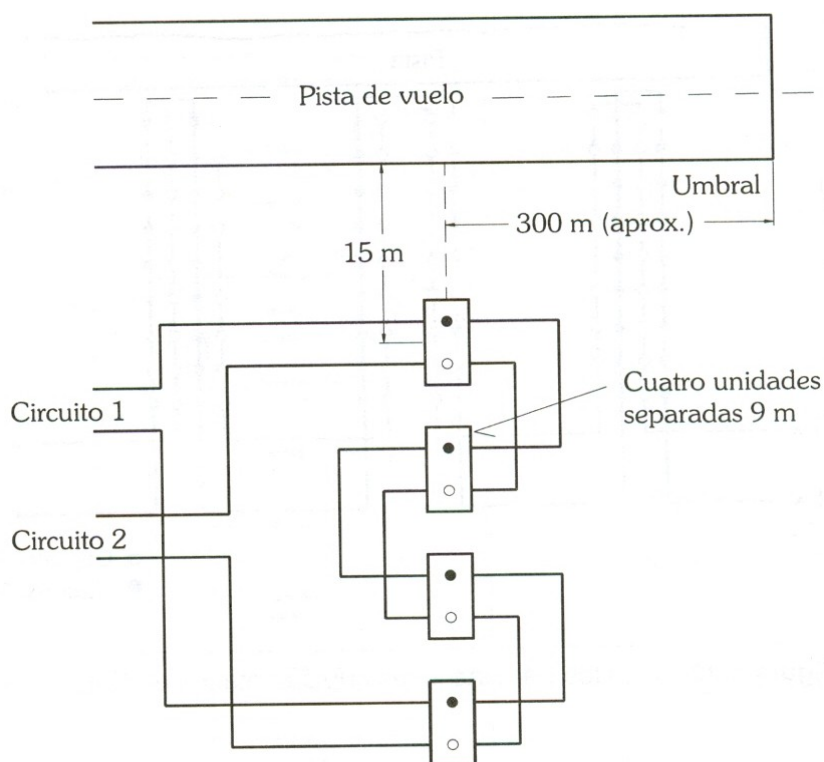


Figura 8: Esquema luces de indicación de pendiente de aproximación

7.3- SISTEMA DE LUCES DE PISTA DE VUELO.

El sistema general de luces de la pista de vuelo consta de las siguientes partes: luces de borde; umbral; extremo; eje; zona de toma de contacto y zona de parada.

7.4-. SISTEMA DE LUCES DE CALLE DE RODADURA.

Las luces de borde y de eje de la calle de rodaje son las que definen los límites y el centro de la calle de rodadura y permiten realizar la operación en superficie hasta su aparcamiento al aterrizar, o hasta la cabecera de pista de vuelo al ir a despegar. Son de menor intensidad que las de pista de vuelo y no se ven para ángulos superiores al de la cabina del avión, con el fin de no confundir al piloto en vuelo.

-Luces de Borde: De color azul. Más cerca en los tramos curvos que en los rectos para que la información de dichos tramos curvos sea lo más precisa posible. Los circuitos eléctricos de alimentación son alternados de manera similar a las luces de borde de pista de vuelo.

- Luces de Eje: De color verde empotradas en el pavimento. Se alimentan circuitos alternados y por zonas en que hallan podido dividirse las calles de rodaje según sea la operación de las aeronaves.

- Barras de Parada: De color rojo visibles en la dirección deseada.

7.5-. CARACTERÍSTICAS DE ILUMINACIÓN DE PISTA

-PISTA 12R

Aproximación CAT I, 581m. LIH.
Luces de identificación de Umbral.
Sistema de luces de entrada a pista.

PAPI: 3º

Zona de Toma de Contacto: No.

Eje de Pista: No.

Borde de Pista: 3718 m blancas.

Distancia entre luces 60 m.

Extremo de Pista: Rojas.

Zona de Parada: No.

-PISTA 30L

Aproximación: No.

PAPI: 3º.

Umbral: Verdes con Barras de Ala.

Zona de Toma de Contacto: No.

Eje de Pista: No.

Borde de Pista: 3718 m Blancas

Distancia entre luces 60 m.

Extremo de Pista: Rojas.

Zona de Parada: No.

-PISTA 12L

Aproximación: Sencillo, 427 m.
Luces de Identificación de Umbral.

PAPI: 2,5º

Umbral: Verdes.

Zona de Toma de Contacto: No.

Borde de Pista: 3000 m blancas

Distancia entre luces 60 m.

Extremo de Pista: Rojas.

Zona de Parada: No.

-PISTA 30R

Aproximación: Precisión CAT I, 608 m. LIH. Luces de Identificación de Umbral. Sistema de luces de entrada en pista.

PAPI: 2,5º

Umbral: Verdes con barras de Ala.

Zona de Toma de Contacto: No

Eje de Pista: No.

Borde de Pista: 3000m

Distancia entre luces 60 m

Extremo de pista: Rojas.

Zona de Parada: No.

Tabla 10: Características de iluminación de pista

7.6-. OTRA ILUMINACIÓN, FUENTE SECUNDARIA DE ENERGÍA.

ABN: ALTN FLG W/G EV 8s O/R

WDI: 1 cerca de THR 12 R: No LGTD.

1 cerca de THR 30 L.

1 cerca de THR 30 R: LGTD:

1 cerca de THR 12 L

Iluminación de TWY: Borde.

Iluminación Plataforma: 15 torres con Proyectores de Halogenuros Metálicos.

6 torres con 9 proyectores de 35 m.

5 torres con 6 proyectores de 15 m.

2 torres con 5 proyectores de 35 m.

2 torres con 4 proyectores de 35 m.

Fuente secundaria de Energía: Grupos electrógenos que proporcionan a todos los sistemas de iluminación un tiempo de conmutación de máximo 15 segundos.

7.7-. SISTEMAS Y SEÑALES DE GUÍA DE RODAJE.

- Sistema de Guía de Rodaje: Puntos espera en rodaje, letreros no iluminados.

- Señalización RWY: designadores, umbral, eje, zona de toma de contacto, faja lateral y punto de visada.

- Señalización TWY: Eje y borde.

8-. CONCLUSIONES

Se anotan a continuación las deficiencias más importantes que han sido detectadas.

Aún cuando existen dos acometidas actualmente, la que procede de la Base aérea es de pequeña capacidad y poco fiable. Se tiene la intención de anularla, por lo que el aeropuerto se quedaría con una única alimentación exterior. Se prevé una segunda acometida desde una subestación de la Cia distinta a la de la acometida actual.

El nuevo centro de seccionamiento propuesto, no tiene en cuenta los criterios de separación física y eléctrica de embarrados redundantes, con interconexión de semiembarrados a través de doble interruptor.

Las dos acometidas que llegan a la CE, se conectan al cuadro de MT en secciones adyacentes y a través de un interruptor común, formando parte de un único cuadro de MT.

En el sótano de cables, que es inundable, no existe un punto bajo con bomba de achique (podría ser a través de la galería).

No existe transformador de aislamiento que permitiría, entre otras, disponer del nivel de tensión normalizado por AENA, nivel de faltas a tierra deseado y regular el margen de tensión que verían los consumidores finales, independientemente de las variaciones del suministro exterior.

En la actualidad las cargas finales se encuentran sometidas a una variabilidad de la tensión de aproximadamente un 25 % (23 % en alumbrado), muy superior a los márgenes previstos, del orden del 10% (+/- 5%).

La distribución en MT se realiza a dos niveles, 16 kV y 3 kV, no estando unificado a 20 kV preferentemente.

No se dispone de repuestos de los interruptores de los sistemas y cargas críticas. En particular en el cuadro de emergencia de 3kV (no se dispone tampoco de ninguna cabina de reserva equipada). Los cuadros de 15 y 3 kV ya no se fabrican y no existe soporte técnico.

La potencia contratada con la Cía. eléctrica es actualmente inferior a la demandada por el aeropuerto cuando funciona el terminal de perecederos.

Los dos transformadores TA-1 y TA-2 redundantes que llevan la alimentación normal desde las barras de 16 kV a las barras de 3 kV, tienen un interruptor común en su conexión a la barra de 3 kV. Este interruptor (M8), además, no puede ser mantenido sin provocar un cero de tensión en las barras de distribución de 3 kV (emergencia) del aeropuerto.

Las barras de 16 kV, 3 kV y BT están partidas. Sin embargo, cada semibarra no se dispone en un área de fuego diferente (no tienen independencia física) por redundancias.

Los Generadores de Emergencia (no pueden trabajar en paralelo entre sí ni en paralelo con la red), se acoplan al CGBT a través de una conexión común. Por otro lado, no se disponen en áreas de fuego separadas.

No se pueden alimentar desde emergencia cargas que según la norma deban de tener un tiempo de interrupción menor o igual a 15 segundos, ya que los grupos están disponibles para recibir carga en 20-21 segundos.

Se prevé la retirada del grupo pequeño, más antiguo e instalación de un segundo grupo pequeño similar al más moderno existente. Los dos grupos podrán trabajar en paralelo entre sí y con la red. Se añade además un grupo de continuidad para cubrir el lapso de tiempo requerido por los grupos para admitir carga.

Existe un único depósito de día para los dos GEs. El almacenamiento de combustible (bidones de 200 litros) y la ubicación de la única bomba de trasiego son manifiestamente irregulares. Se instalará un depósito de día para cada grupo y un depósito de almacenamiento común.

No existen grupos de continuidad para alimentación de los reguladores de balizamiento (se alimentan desde el CGTB de la CE, que tiene el apoyo de los GEs). Se instalará un grupo dinámico, sin apoyo de motor diesel, que cubra el lapso de tiempo (al menos 31 segundos) que tardan los GEs en estar disponibles para asumir la carga (previsto 20-21 segundos).

Los CTs se alimentan en antena desde la CE, por lo que no disponen de una segunda acometida (anillo, con entrada y salida por caminos independientes). Se va a cerrar el anillo la alimentación al CT de Aduanas y aun nuevo CT de la terminal. Sin embargo, esta doble alimentación en ambos centros entra y sale por el mismo camino. Los otros centros siguen alimentándose en antena, si bien se dejan preparados para ser alimentados en un futuro mediante un anillo (interconectando el CT iberia y el CT SEI)

Los CTs con un solo transformador y alimentación en punta, no disponen de una toma prevista para la conexión de un grupo electrógeno móvil en BT.

No se dispone de un estudio de protecciones y coordinación, ni de un listado de ajustes de relés. No se dispone de suficientes equipos de medida ni analizadores de redes, en los que distintos niveles de tensión, para conocer consumos, histórico y calidad de la energía (variabilidad de la tensión, nivel de energía reactiva y nivel de armónicos).

No se dispone de un sistema completo de información y control con telemando de todos los elementos principales de la instalación, tanto de la CE

como de los CTs, ni un sistema de gestión de cargas a nivel de BT, siendo insuficiente el sistema existente en la Sala de Control. Por otro lado, no se dispone de un sistema de deslastre de cargas al nivel de baja tensión. Se motorizará los interruptores afectados y establecerá las comunicaciones necesarias hasta el sistema de control y supervisión de la Central Eléctrica.

Desde el punto de vista de la disposición física, hay un incumplimiento generalizado, de los criterios de separación física entre redundancias que se están desarrollando en la norma general de diseño de AENA, tanto en equipos como en cables y sus canalizaciones.

No existen canalizaciones, en general, que permitan disponer los cables redundantes en áreas de fuego diferenciadas, salvo que se utilicen mantas u otras barreras de separación, para las que, en general, hay poco espacio. En particular, los cables de ayudas visuales no están segregados.

En la galería, el estado de algunos tramos, en cuanto a disposición de circuitos redundantes, segregación de circuitos por nivel de tensión, identificación de cables y bandejas, etc, no es adecuado, al existir mezcla e indeterminación en la identificación de los circuitos.

No están definidas las áreas de fuego. En la galería y en los CTs en general, no existe detección y extinción automática de incendios.

En el caso de los CTs instalaciones sin presencia habitual de personal y teniendo en cuenta que no existe alternativa clara al halón para la extinción (ahora existen sólo extintores manuales móviles), no hay instalado ningún sistema de detección precoz de incendios.

Por otro lado, tampoco se ha observado, en general, la instalación de pulsadores manuales de alarma en todos los CTs e instalaciones eléctricas, incluida la galería.

No están definidas las áreas clasificadas por riesgo de explosión, por lo que no se puede determinar si existen componentes eléctricos que debieran cumplir los requisitos apropiados para dicha clasificación.

No se tiene redundancia de los sistemas de Corriente Continua y UPS. No se contempla la independencia física de estos sistemas redundantes, cuando se introducen.

No se dispone de información detallada del sistema de puesta a tierra y del sistema de protección contra descargas atmosféricas y contra sobretensiones de otro origen, ni de los sistemas de protección escalonada frente a dichas sobretensiones.

Se encuentra pendiente de análisis, hasta la aprobación por Aena, en la norma correspondiente, de dónde se alimenta cada carga y el cumplimiento de

la alimentación de dichas cargas existentes en cuanto al tiempo máximo de interrumpibilidad (T.M.I) admisible, autonomía, redundancia e independencia de estas alimentaciones actuales.

No se dispone de la información completa o no se encuentran actualizados los esquemas unifilares completos, disposición física y configuración así como características de los equipos principales de la propia CE y de los CTs. Se desconoce si están definidos los perfiles previstos y criterios de selección del personal para cubrir cada puesto de operación y mantenimiento de la instalación y los planes de formación continua consecuentes con dichos perfiles.

Existen instalaciones eléctricas de MT que actualmente no están legalizadas.

No existe un estudio energético ni de posibilidad de utilización de energías renovables y de protección al medio ambiente, para cubrir las necesidades energéticas a medio y largo plazo previstas en el Plan Director aprobado y actualizado.

9-. RECOMENDACIONES

Se indican a continuación las recomendaciones más importantes.

Se debería eliminar la actual acometida desde la base (ya es intención del aeropuerto) y dotar a la instalación de una segunda acometida de Cia., al menos desde una subestación distinta a la de la alimentación que se recibe actualmente y que discurra por un trazado independiente.

Se debería dotar a la instalación de un transformador de aislamiento con regulación en carga, con su by-pass como alternativa, a fin de regular entre otros parámetros, la variabilidad de la tensión en los consumidores finales (aceptando el nivel actual de distribución de 16 kV como nivel único de distribución en el aeropuerto).

En los cuadros de 16 kV, se debería separar físicamente, mediante un muro, por ejemplo, ambas semibarras, izquierda y derecha.

En los cuadros de 3 kV, en tanto no se sustituyan por unificación del nivel de tensión de distribución, se deberían separar físicamente, mediante un muro por ejemplo, ambas semibarras izquierda y derecha, disponiendo las cabinas de modo que las llegadas de los trafos TA-1 y TA-2 de 16/3 kV acometan cada uno a una semibarra.

Se debería realizar un estudio de protecciones, con selectividad y coordinación, generando un listado de protecciones actualizado.

Se debería analizar la posibilidad de un aumento en la potencia contratada dependiendo de los planes de ampliación y horizontes contemplados en el plan director aprobado (el aeropuerto lo tiene en marcha).

En caso de recibir en algún período de facturación, penalización por consumo de reactiva, se estudiará la conveniencia de dotar a la instalación, allí donde se genere, de más capacidad de compensación con baterías capacitivas automáticas o compensadores activos.

En el Cuadro General de Baja Tensión de la CE deberían separarse igualmente las semibarras en áreas de fuego diferenciadas.

Se debería dotar a la instalación de equipos de protección escalonada de sobretensiones de origen atmosférico y de maniobra. Se deberán recabar datos y disposición de las redes de tierra existentes.

Se debería aumentar el nivel de instrumentación con equipos de medida multifunción comunicables y analizadores de redes, conectados a un sistema centralizado, a fin de conocer el estado de carga de los distintos embarrados y poder estudiar tendencias y situaciones que aconsejen la modificación o un mejor uso del sistema (o instalación de equipos de filtrado o compensadores activos en caso de una alta tasa de distorsión armónica).

Se deberán analizar las cargas del aeropuerto en cuanto a su tiempo máximo de interrumpibilidad y a la autonomía y redundancia de sus fuentes de alimentación, en comparación con los criterios de la nueva norma general de diseño que Aena está preparando para su aplicación a todas las instalaciones eléctricas aeroportuarias.

Se deberían cerrar en anillos de distribución de 15 kV las alimentaciones a los CTs, que actualmente se alimentan en antena desde la CE, construyendo las canalizaciones precisas para conseguir que la salida de un anillo a un CT no discurra por la misma canalización que la llegada de dicho anillo.

Se deberán legalizar las instalaciones (Centros de Transformación) que actualmente no lo están, previendo nuevos CTs adaptados a la nueva norma que Aena está estudiando.

Se debería estudiar la conveniencia de instalar un sistema de continuidad para el respaldo de la alimentación de los reguladores de intensidad constante (balizamiento), a la luz de las previsiones de nuevas cargas que pudiera asumir el aeropuerto.

Se deberá sustituir el Grupo de Emergencia más antiguo por otro moderno capaz de sincronizarse con el existente y ambos con la red exterior, estableciendo el interruptor de acoplamiento con dicha red, que va a disparar en caso de perturbación y dejar la instalación en isla. Estos grupos, se deberían de acoplar cada uno a una semibarra.

El sistema de depósito de día de almacenamiento de combustible actuales deberían sustituirse por un sistema redundante y legalizado.

Se deberá estudiar la necesidad de alumbrado de seguridad (alimentado desde un sistema de Corriente Continua o UPS) para aquellas áreas que lo requieran y no dispongan de dicho alumbrado.

Se deberán motorizar los interruptores/seccionadores de las alimentaciones a los CTs y de los interruptores de alimentación a los CGBTs, así como dotarlos de contactos de posición o monitorización, a fin de completar al máximo el sistema de señalización y control centralizado de los equipos más importantes de la instalación desde la Sala de Control de la CE, incluyendo apertura y cierre de los mismos.

Se debería establecer un sistema automático de deslastrado de cargas al nivel de baja tensión a fin de poder ajustarse en todo momento a la capacidad de generación de emergencia disponible.

Se debería realizar un estudio de delimitación de áreas de fuego y otro de definición de áreas clasificadas por riesgo de explosión, actuando a continuación en consecuencia, a fin de separar los circuitos y equipos redundantes o adecuar los equipos al nivel de protección exigido, respectivamente.

A las galerías en particular y pasos de cables, pero también a los CTs y CE, les sería de aplicación un estudio integral de protección contraincendios del que se derivarían las acciones correctoras precisas para adecuar la situación actual, donde faltan muchas zonas por disponer de detección y de extinción correspondiente, manual o automática. Todas las señales de alarma deberían ir, a través de buses de campo, a una centralita de incendios, comunicada con el sistema de gestión y control de la CE.

Se deberían reordenar los cables e identificar los mismos así como sus conducciones, en el sótano de cables y CE y sobre todo en la galería, donde existen situaciones de cables que impiden el paso y están mezclados MT con BT y cables de ayudas visuales y de señal...

Se deberían analizar los sistemas de corriente continua y UPSs para determinar la necesidad de equipos redundantes y su implantación física, allí donde se requiera asegurar estas fuentes (postulando el fallo de una fuente se debería poder contar con su redundante).

Se debería analizar el tiempo de reposición del servicio, en aquellos centros de transformación o en la CE, contemplando los distintos modos de fallo previsibles, en todos los escenarios de operación previstos, para minimizarlos en lo posible.

Se debería estudiar el grado de cumplimiento de los distintos equipos principales del sistema, en cuanto al grado de protección IP de las envolventes requerido según la norma de Aena.

Se deberían estudiar las posibilidades de incorporación de nuevas fuentes renovables como aerogeneradores y energía solar térmica, o el uso de turbinas de gas utilizando el gas canalizado disponible en la zona.

En este contexto de protección al medioambiente, se deberían de estudiar la mejora de la eficiencia en el alumbrado y en general en el sistema eléctrico objeto de estudio.

10-. FIGURAS E IMÁGENES ILUSTRATIVAS

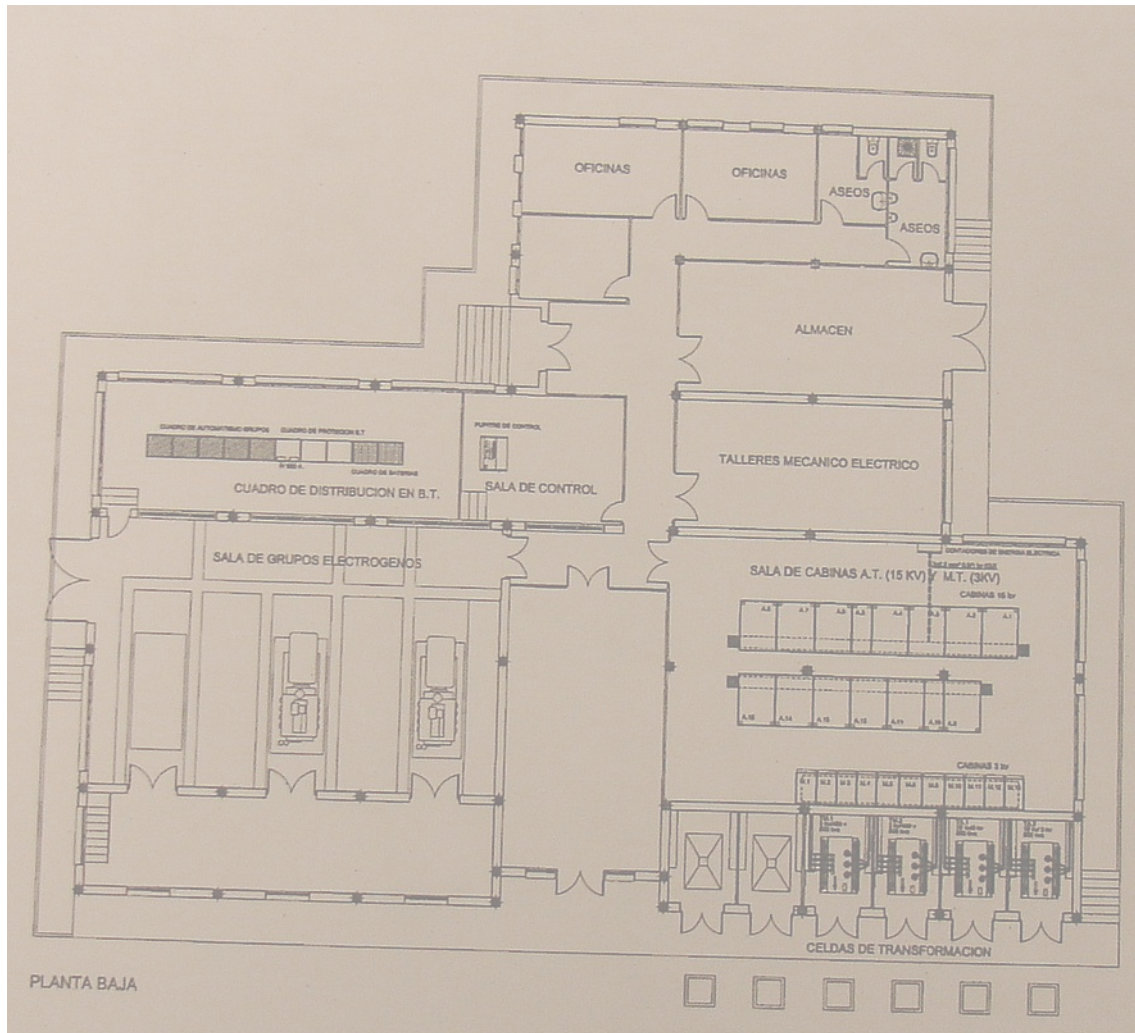


Figura 9: Plano general de la central eléctrica del aeropuerto (original)

REFORMA Y ADECUACIÓN A LA NORMATIVA AENA DE LA CENTRAL ELÉCTRICA DEL AEROPUERTO DE
ZARAGOZA

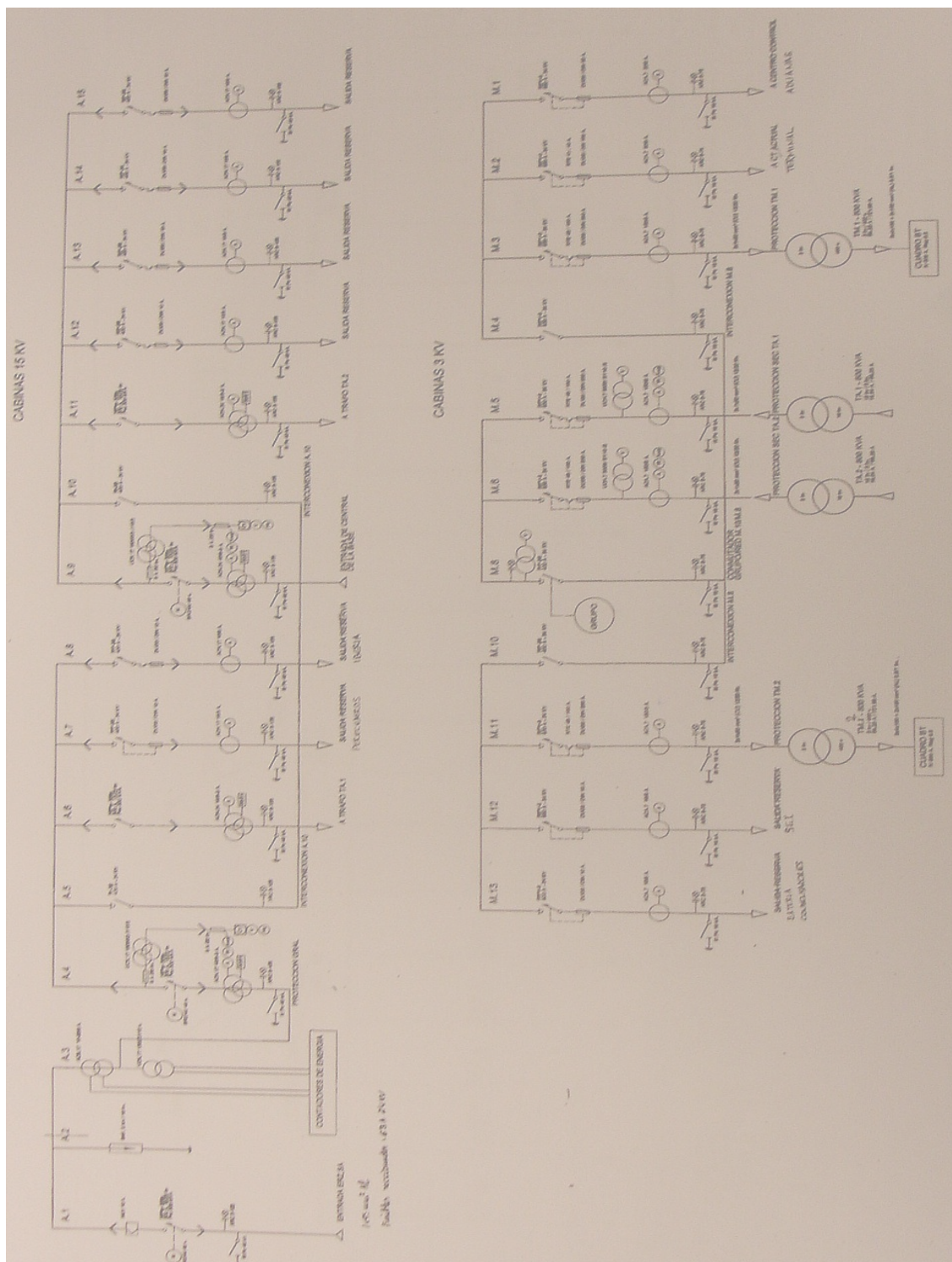


Figura 10: Esquema unifilar central eléctrica del aeropuerto (original)

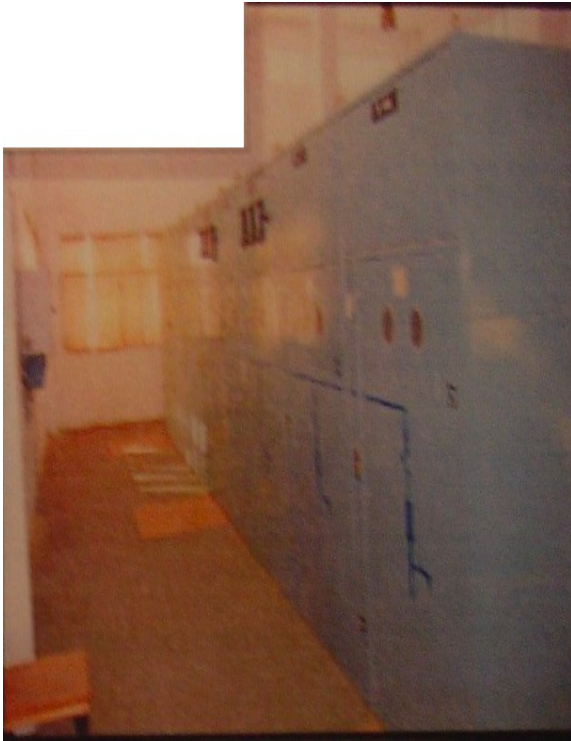


Figura 11: Cabinas A1 a A8 – 15 kV



Figura 12: Cabinas A9 a A15 – 15 kV



Figura 13: Cabinas de reserva A12 a A15 – 15 kV

*REFORMA Y ADECUACIÓN A LA NORMATIVA AENA DE LA CENTRAL ELÉCTRICA DEL AEROPUERTO DE
ZARAGOZA*



Figuras 14 y 15: Permisivo Acometida Base Aérea y Contador Compañía Acometida



Figura 16: Cabinas M1 a M6 – 3 kV

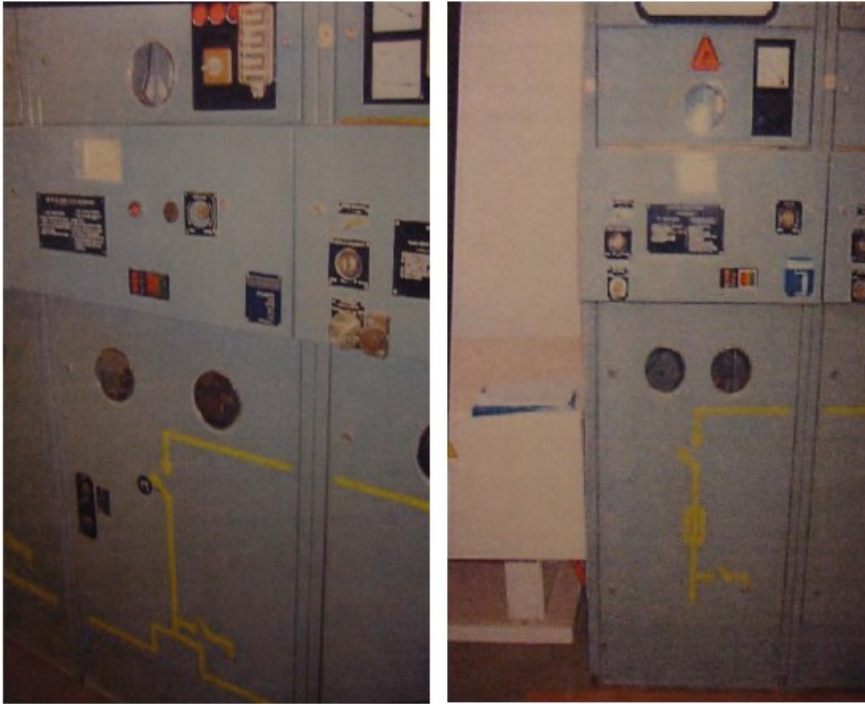


Figura 17: Cabinas M8 y M13 – 3 kV



Figura 18: Cabinas M12, M10 y M11 – 3 kV

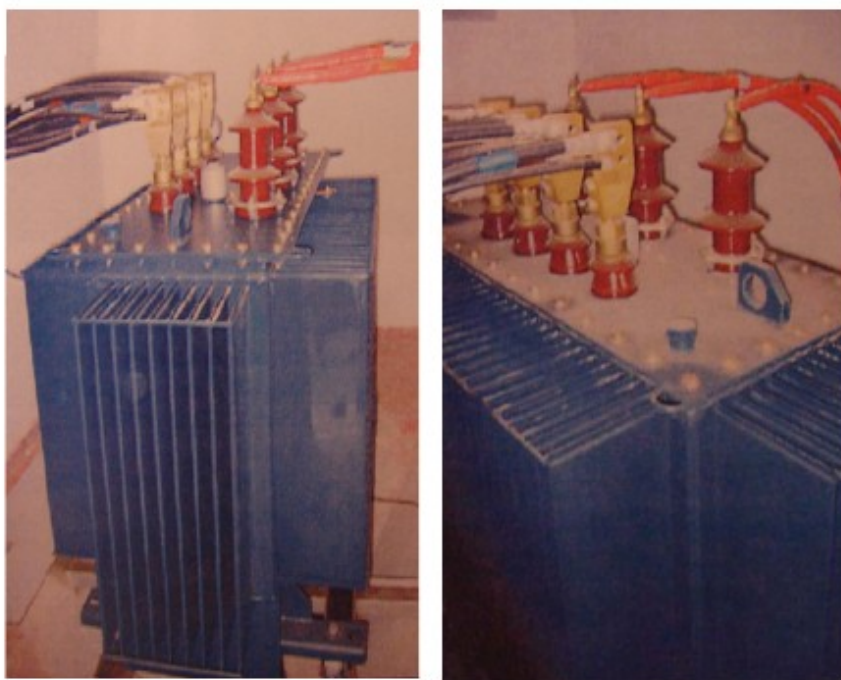


Figura 19: Trafos TA-1 y TA-2 16/3 kV



Figura 20: Trafos TM-1 y TM-2 3/0,4 kV

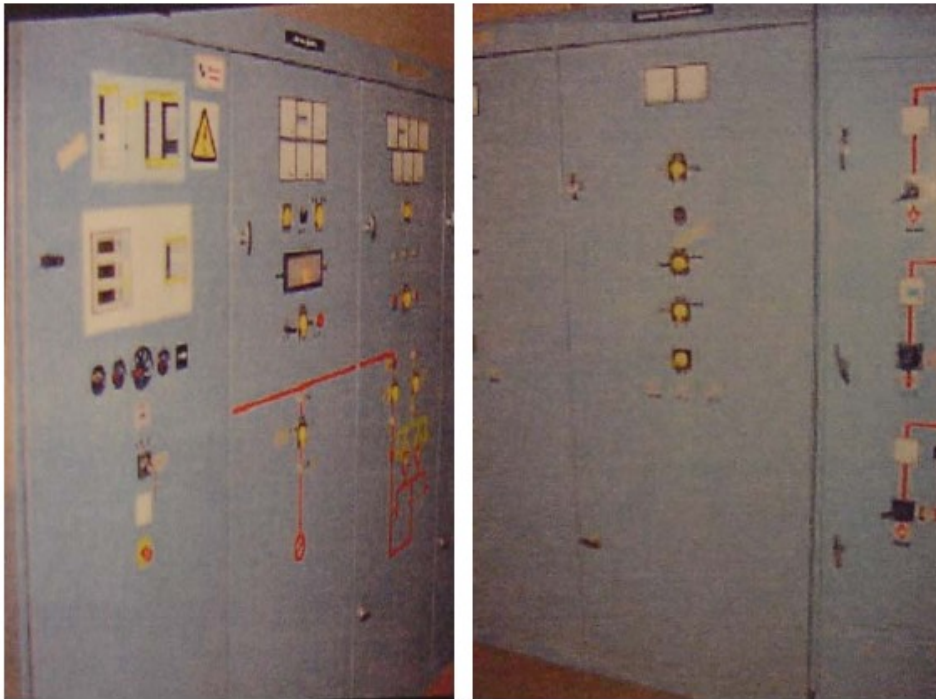


Figura 21: Sala de baja tensión



Figura 22: Paneles de control grupos de emergencia y secciones de control y entrada/salida Ges

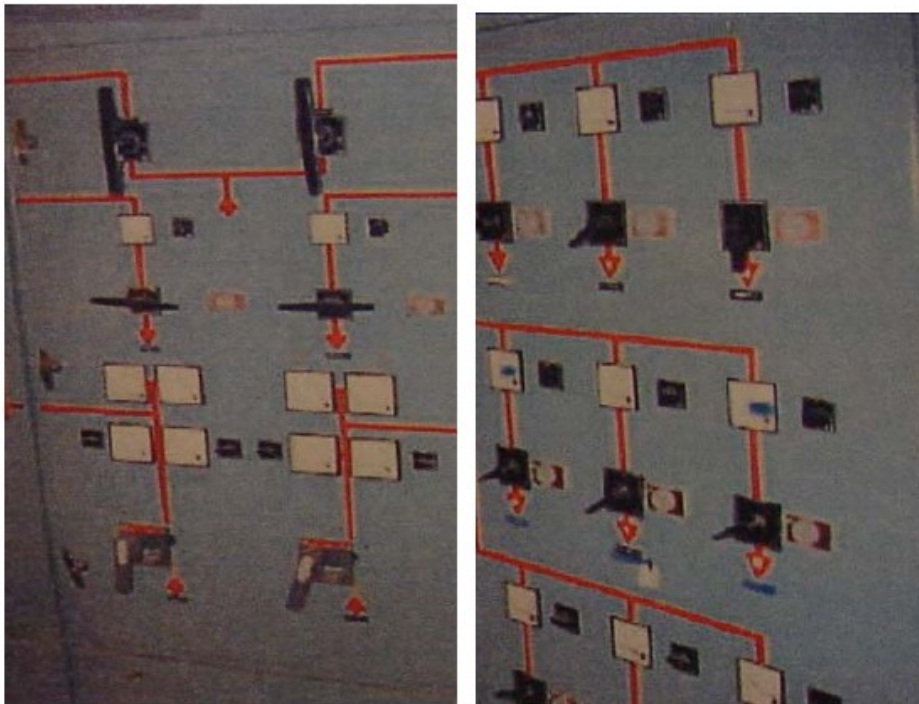


Figura 23: Acometida y secciones de distribución CGBT



Figura 24: Sala de Control

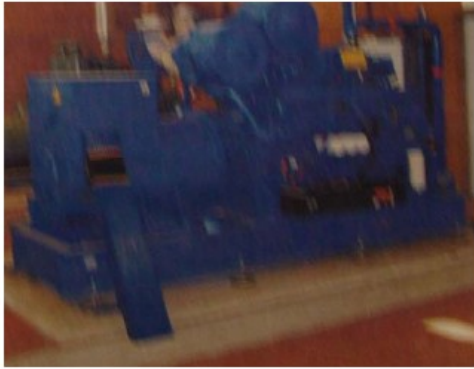


Figura 25: Grupos electrógenos 1 y 2



Figura 26: Sala de reguladores de balizamiento

*REFORMA Y ADECUACIÓN A LA NORMATIVA AENA DE LA CENTRAL ELÉCTRICA DEL AEROPUERTO DE
ZARAGOZA*



Figura 27: CT Terminal



Figura 28: CT Aduanas



Figura 29: CT IBERIA

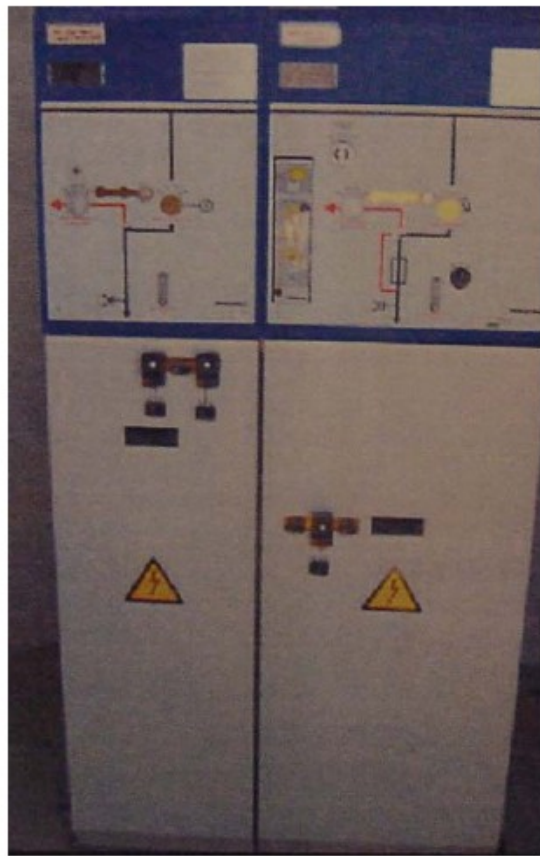


Figura 30: CT SEI (cuadro media tensión)

*REFORMA Y ADECUACIÓN A LA NORMATIVA AENA DE LA CENTRAL ELÉCTRICA DEL AEROPUERTO DE
ZARAGOZA*

**“REFORMA INTEGRAL Y ADECUACIÓN A LA NORMATIVA AENA DE
LA CENTRAL ELÉCTRICA DEL AEROPUERTO DE ZARAGOZA”**

MEMORIA DE CÁLCULO

ÍNDICE MEMORIA DE CÁLCULO

1-.	PRESCRIPCIONES RELATIVAS AL DISEÑO.....	87
1.1-.	Criterios Generales.....	87
1.1.1-.	Principios Básicos.....	87
1.1.2-.	Explotación de los Anillos.....	87
1.1.3-.	Discriminación de Cargas.....	87
1.1.4-.	Acoplamiento de Transformadores	88
1.1.5-.	Maniobras de Conmutación.....	88
1.2-.	Fuentes de Alimentación.....	88
1.3-.	Potencia Eléctrica de Diseño.....	88
1.4-.	Niveles de Tensión.....	88
1.5-.	Régimen de Neutro.....	89
1.6-.	Intensidad de Cortocircuito.....	89
1.7-.	Sistemas de Puesta a Tierra.....	89
1.8-.	Esquemas de Diseño.....	90
1.8.1-.	Esquemas unifilares.....	90
1.8.2-.	Disposición General de los Equipos.....	92
1.9-.	Calidad de la energía eléctrica.....	93
1.9.1-.	Protección contra Sobretensiones.....	93
1.9.2-.	Influencia de los Armónicos en el Diseño.....	94
1.10-.	Acometidas exteriores.....	94
1.11-.	Autogeneración de emergencia.....	94
1.11.1-.	Generalidades.....	94
1.11.2-.	Generación en Alta Tensión.....	95
1.11.3-.	Potencia de Emergencia.....	95
1.11.4-.	Número de Unidades de Autogeneración.....	95
1.12-.	Modos de funcionamiento en configuraciones de doble barra.....	95
1.12.1-.	Funcionamiento en Modo Normal.....	95
1.12.2-.	Funcionamiento en Modo de Pruebas en Carga.....	95
1.12.3-.	Funcionamiento en Modo Isla o de Emergencia.....	95
1.12.4-.	Transiciones entre Modos de Funcionamiento.....	96
1.12.4.1-.	Transición del Modo Normal al Modo Pruebas en Carga.....	96
1.12.4.2-.	Transición del Modo Normal al Modo Isla o de Emergencia.....	96
1.12.4.3-.	Transición del Modo de Pruebas en Carga a Modo Normal.....	96
1.12.4.4-.	Transición del Modo Isla o de Emergencia al Modo Normal.....	96
1.13-.	Redes de distribución en el aeropuerto.....	97
1.13.1-.	Características Generales de las Cabinas.....	97
1.13.2-.	Características de las Protecciones.....	97
2-.	ESTIMACIÓN DE CONSUMOS ENERGÉTICOS.....	98
2.1-.	Generalidades.....	98
2.2-.	Parámetros, longitudes y superficies característicos.....	98
2.3-.	Consumos específicos.....	102
2.3.1-.	Edificio Terminal.....	105
2.3.1.1-.	Iluminación.....	105
2.3.1.2-.	Climatización.....	106
2.3.1.3-.	Ventilación.....	107
2.3.1.4-.	Agua Sanitaria Caliente y Fría.....	108
2.3.1.5-.	Ascensores.....	109
2.3.1.6-.	Escaleras, Pasillos, Rampas Mecánicas.....	109
2.3.1.7-.	Tratamiento de Equipajes.....	110
2.3.1.8-.	Pasarelas de Embarque.....	111
2.3.1.9-.	Mostradores de Facturación y Embarque.....	111
2.3.1.10-.	Sistema de Información al Pasajero.....	112
2.3.1.11-.	Puestos de Control.....	112
2.3.1.12-.	Control de Accesos e Intrusismo (SICA).....	113
2.3.1.13-.	Protección Contra Incendios (SPCI).....	113
2.3.1.14-.	Megafonía, Telefonía y Comunicaciones.....	114
2.3.1.15-.	Áreas de Restauración y Concesionarios Comerciales.....	115
2.3.1.16-.	Asistencia a Aeronaves.....	115

2.3.2-. Torre de Control (TWR).....	115
2.3.2.1-. Iluminación.....	115
2.3.2.2-. Climatización.....	116
2.3.2.3-. Ascensores.....	116
2.3.2.4-. Equipos de Ayudas a la Navegación.....	116
2.3.3-. Otros Edificios Aeroportuarios.....	117
2.3.3.1-. Central Eléctrica.....	117
2.3.3.2-. Servicio de Extinción de Incendios.....	117
2.3.3.3-. Terminal de Carga.....	117
2.3.3.4-. Hangares.....	118
2.3.3.5-. Depuradora y Potabilizadora.....	118
2.3.3.6-. Combustibles.....	118
2.3.3.7-. Bloque Técnico.....	119
2.3.4-. Aparcamiento de Vehículos.....	119
2.3.5-. Área de Movimientos.....	119
2.3.5.1-. Iluminación de Plataforma.....	119
2.3.5.2-. Balizamiento Pistas de Vuelo.....	120
2.3.5.3-. Balizamiento Calles de Rodaje.....	123
2.3.5.4-. Centros de Ayuda a la Navegación Aérea.....	124
2.4-. Cálculo de la potencia eléctrica total consumida.....	124
2.5-. Comentarios sobre los factores de potencia.....	125
2.5-. Conclusiones.....	125
3-. DIMENSIONAMIENTO DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN.....	129
3.1-. Condiciones de servicio.....	129
3.2-. Potencia asignada.....	129
3.3-. Tensiones asignadas de los arrollamientos (U_i).....	129
3.3.1-. Arrollamiento de Alta Tensión.....	129
3.3.2-. Arrollamiento de Baja Tensión.....	130
3.4-. Tomas de vacío.....	130
3.5-. Grupo de conexión.....	130
3.6-. Impedancia de cortocircuito.....	130
3.7-. Niveles de aislamiento.....	130
3.7.1-. Arrollamiento de Alta Tensión.....	130
3.7.2-. Arrollamiento de Bajo Tensión.....	131
3.8-. Cálculo de la caída de tensión.....	131
3.9-. Ajuste de tomas en vacío.....	131
4-. DIMENSIONAMIENTO DE LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS.....	133
4.1-. Generalidades.....	133
4.2-. Generación en alta tensión.....	133
4.3-. Potencia de emergencia.....	134
4.3.1-. Número de unidades de autogeneración.....	134
4.4-. Márgenes de funcionamiento del sistema de emergencia.....	134
4.5-. Transformadores de los bloques de autogeneración.....	135
4.5.1-. Potencia asignada.....	135
4.5.2-. Tensiones asignadas de los arrollamientos (U_i).....	135
4.5.2.1-. Arrollamiento de alta tensión.....	135
4.5.2.2-. Arrollamiento de baja tensión.....	136
4.5.3-. Tomas de vacío.....	136
4.5.4-. Grupo de conexión.....	136
4.5.5-. Impedancia de cortocircuito.....	136
4.5.6-. Niveles de aislamiento.....	136
4.5.6.1-. Arrollamiento de alta tensión.....	136
4.5.6.2-. Arrollamiento de baja tensión.....	136
4.5.7-. Cálculo de la caída de tensión	137
4.5.8-. Ajuste de las tomas de vacío.....	137
5-. DIMENSIONAMIENTO DE CABLES DE ALTA TENSIÓN.....	138
5.1-. Criterios de dimensionamiento.....	138
5.1.1-. Elección del nivel de aislamiento de los cables.....	138
5.1.2-. Elección de la sección mínima de conductor por cortocircuito.....	138
5.1.3-. Elección de la sección mínima de la pantalla.....	140
5.1.4-. Elección de la sección mínima del conductor por calentamiento según método de instalación.....	140
5.1.4.1-. Recomendaciones de carácter general.....	140

5.1.4.2-. Recomendaciones sobre coeficientes de corrección por agrupación de cables directamente enterrados a la misma profundidad.....	140
5.2-. Cálculo de la caída de tensión.....	142
6-. DIMENSIONAMIENTO DE LAS CANALIZACIONES.....	145
6.1-. Generalidades.....	145
6.2-. Criterios para el dimensionamiento de canalizaciones eléctricas.....	145
6.3-. Dimensionamiento de los tubos corrugados.....	145
6.4-. Dimensionamiento de bandejas.....	148
7-. DIMENSIONAMIENTO DE CABINAS DE ALTA TENSIÓN.....	151
7.1-. Condiciones de servicio.....	151
7.1.1-. Condiciones ambientales.....	151
7.1.2-. Condiciones eléctricas.....	151
7.2-. Características asignadas de las cabinas.....	152
7.2.1-. Tensión asignada más elevada para el material.....	152
7.2.2-. Nivel de aislamiento.....	152
7.2.3-. Frecuencia asignada.....	152
7.2.4-. Corriente asignada en servicio continuo y calentamiento.....	152
7.2.4.1-. Corriente asignada en servicio continuo.....	152
7.2.4.2-. Corrientes de cortocircuito.....	154
7.2.4.3-. Circuitos auxiliares y de mando.....	159
7.3-. Aparamenta.....	160
7.3.1-. Interruptor automático.....	160
7.3.2-. Seccionador de puesta a tierra.....	160
7.3.3-. Transformadores de medida.....	161
7.3.3.1-. Transformadores de intensidad.....	161
7.3.4-. Protecciones frente a sobretensiones en el sistema de generación.....	161
7.3.5-. Conductor de puesta a tierra de las cabinas.....	161
8-. CRITERIOS DE AJUSTE PARA PROTECCIONES EN EL SISTEMA DE ALTA TENSIÓN.....	163
8.1-. Objeto y campo de aplicación.....	163
8.2-. Ajuste de protecciones en el sistema de alta tensión.....	163
8.2.1-. Criterios generales.....	163
8.2.1.1-. Dispositivos de protección contra sobreintensidad.....	163
8.2.1.2-. Precisión de los Equipos.....	164
8.2.1.3-. Detección de la falta a tierra.....	165
8.3-. Ajuste para protección de cables.....	165
8.3.1-. Ajuste de los relés indirectos de disparo de sobreintensidad de fase.....	165
8.3.2-. Ajuste de los relés indirectos de disparo de sobreintensidad de falta a tierra.....	167
8.4-. Ajuste para protección de los cables de los anillos contra defectos en el propio cable.....	167
8.5-. Ajuste para protección de los transformadores de distribución.....	168
8.5.1-. Ajuste de los relés indirectos de disparo para protección de sobreintensidad de fase con interruptor automático.....	168
8.5.2-. Ajuste de los relés indirectos de disparo de sobreintensidad de falta a tierra.....	171
8.6-. Protección de los transformadores de generación de emergencia.....	171
8.6.1-. Ajuste del relé indirecto de disparo de sobreintensidad de fase.....	171
8.6.2-. Ajuste del relé indirecto de disparo de sobreintensidad de falta a tierra.....	173
8.6.3-. Protección diferencial del bloque transformador-alternador.....	173
8.7-. Protección de los embarrados principales de distribución.....	173
8.7.1-. Ajuste del relé indirecto de disparo de sobreintensidad de fase del interruptor de acometida.....	173
8.8-. Protección de la reactancia de puesta a tierra.....	174
8.8.1-. Ajuste del relé indirecto de disparo de sobreintensidad de fase.....	175
8.9-. Selectividad de protecciones eléctricas funcionando con la línea de distribución principal.....	177
9-. DIMENSIONAMIENTO DE INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.....	179
9.1-. Dimensionamiento de instalaciones de puesta a tierra.....	179
9.1.1-. Elección de la intensidad térmica asignada.....	179
9.1.2-. Tiempo de duración de la intensidad térmica.....	180

9.1.3-. Elección de tensiones asignadas para el nivel de aislamiento y ensayos dieléctricos de los equipos de puesta a tierra.....	180
9.2-. Elección de las características de los equipos de puesta a tierra del sistema de distribución.....	180
9.2.1-. Conjunto de puesta a tierra reactancia en zig-zag y resistencia.....	181
9.2.1.1-. Generalidades.....	181
9.2.1.2-. Características del conjunto resistencia-reactancia en zig-zag de puesta a tierra.....	182
9.3-. Equipos de puesta a tierra de generadores de media tensión.....	183
9.4-. Estudio de la red de puesta a tierra del centro de transformación.....	184
10-. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL.....	192
10.1-. Localización.....	192
10.2-. Arquitectura.....	192
10.2.1-. Configuración de la arquitectura.....	192
10.3-. Redundancia de servidores y ucr´s.....	192
10.4-. Medio físico.....	193
10.5-. Estructura física de un rack.....	193
10.6-. Sala de control.....	194
10.7-. Alimentación eléctrica al scc y a las ucr.....	195
10.8-. Comunicaciones.....	195

1-. PRESCRIPCIONES RELATIVAS AL DISEÑO

1.1-. Criterios Generales

1.1.1-. Principios Básicos

Los principios básicos que son fundamento de este documento son los siguientes:

- Criterio de fallo único de determinados elementos mediante la redundancia y separación física de los mismos
- Distribución a un nivel de alta tensión único dentro del aeropuerto (VDI)
- Establecimiento de una única red de distribución alimentada tanto desde el exterior (acometidas procedentes de la compañía eléctrica suministradora) como desde los grupos electrógenos de generación propiedad del aeropuerto
- Suministro de continuidad descentralizado situado lo más próximo a las cargas y con el mínimo número de elementos de maniobra posibles
- Facilidad de mantenimiento
- Facilidad de operación
- Seguridad del operario
- Selección de equipamiento y aparamenta estándar empleando los requisitos típicos de la mayoría de las redes de distribución pública.

1.1.2-. Explotación de los Anillos

Los anillos se van explotar siempre en abierto y sus protecciones se van a seleccionar para dejar sin servicio automáticamente sólo los tramos o equipos en donde se haya producido la falta. Un automatismo del sistema de control reconfigura el anillo para reponer el servicio y que el número de elementos sin servicio sea el mínimo posible.

1.1.3-. Discriminación de Cargas

La discriminación de cargas normales y de emergencia se realiza con el interruptor de salida asociado a las correspondientes cargas tanto en las cabinas de alta tensión como en los cuadros generales de baja tensión. Por tanto, todos los interruptores que sean maniobrados en caso de operación en

emergencia van a estar motorizados y preparados para su maniobra y control remotos.

1.1.4-. Acoplamiento de Transformadores

El diseño de la instalación impide el acoplamiento en paralelo de transformadores durante un tiempo superior a 1 s. Con este requisito se pretende evitar que la intensidad de cortocircuito de diseño sea superior a la aportada por una redundancia.

1.1.5-. Maniobras de Conmutación

Se va a diseñar la instalación de manera que se evite la situación de paso por cero en las maniobras voluntarias de conmutación cuando el suministro proviene de una sola fuente o de varias fuentes sincronizadas, empleando un automatismo que garantice que el tiempo de puesta en paralelo no sea superior a 1 s.

Este requisito se refiere a las maniobras del tipo “abrir después de cerrar” como las que se enumeran a continuación: cambio de acometida de compañía cambio de transformador de acometida, cambio de punto de apertura de un anillo, cambio de anillo en centros de transformación de doble anillo...

1.2-. Fuentes de Alimentación

Va a existir al menos una alimentación procedente de la compañía eléctrica suministradora que constituye la fuente normal de alimentación. También existe una fuente secundaria interna para autogeneración de emergencia.

La alimentación a los servicios que requieran continuidad se realiza mediante un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) situado lo más próximo a dichos servicios y alimentado desde emergencia con una autonomía mínima. Siendo la fuente secundaria de alimentación un grupo electrógeno móvil, los sistemas de alimentación ininterrumpida cuentan con una autonomía mínima de una hora.

1.3-. Potencia Eléctrica de Diseño

La potencia de diseño es superior al 150% de la máxima demandada del aeropuerto en el último año anterior al diseño. Se calculará en el siguiente capítulo.

1.4-. Niveles de Tensión

Las tensiones que se consideran en el diseño se muestran a continuación:

- tensión de distribución de la compañía eléctrica suministradora (VDC) de 15 kV;
- tensión de distribución interior en alta tensión del aeropuerto (VDI). Será única, de 15 kV y preferiblemente la tensión de la acometida de la compañía eléctrica suministradora;
- tensión de generación para grupos electrógeno fijos. Se utiliza como nivel de tensión de 400 V.

1.5-. Régimen de Neutro.

El régimen de neutro del sistema de distribución en alta tensión se mantiene para todos los modos de funcionamiento del sistema eléctrico. Es igual al de la compañía eléctrica.

1.6-. Intensidad de Cortocircuito.

Se ha tenido en cuenta el funcionamiento en paralelo de la red exterior con la autogeneración del aeropuerto a efectos del cálculo de la intensidad de cortocircuito.

La potencia de cortocircuito en los puntos de conexión es de 300 MVA, correspondiente a 20 kVA para una VDI de 15 kV. La intensidad de cortocircuito trifásico será igual a 20 kA para tensiones de distribución interiores (VDI) no superiores a 20 kV.

Se instalan dispositivos limitadores de corriente en la conexión de neutro del sistema para que el valor de la falta monofásica a tierra no sea superior a 1 kA.

1.7-. Sistemas de Puesta a Tierra.

Se disponen picas de puesta a tierra para estructuras metálicas fijas asociadas a aparatos eléctricos que se encuentren instaladas en zonas no protegidas por mallas enterradas.

Todas las tierras de protección de los centros de transformación están interconectadas a través de las pantallas de los cables de distribución.

1.8-. Esquemas de Diseño.

1.8.1-. Esquemas unifilares

Los esquemas unifilares que se presentan corresponden a los diseños normalizados de la NSE. Concretamente: NSE – 1 Ed.1, Anexo A.

El esquema expuesto en la figura 31 es una representación de principios.

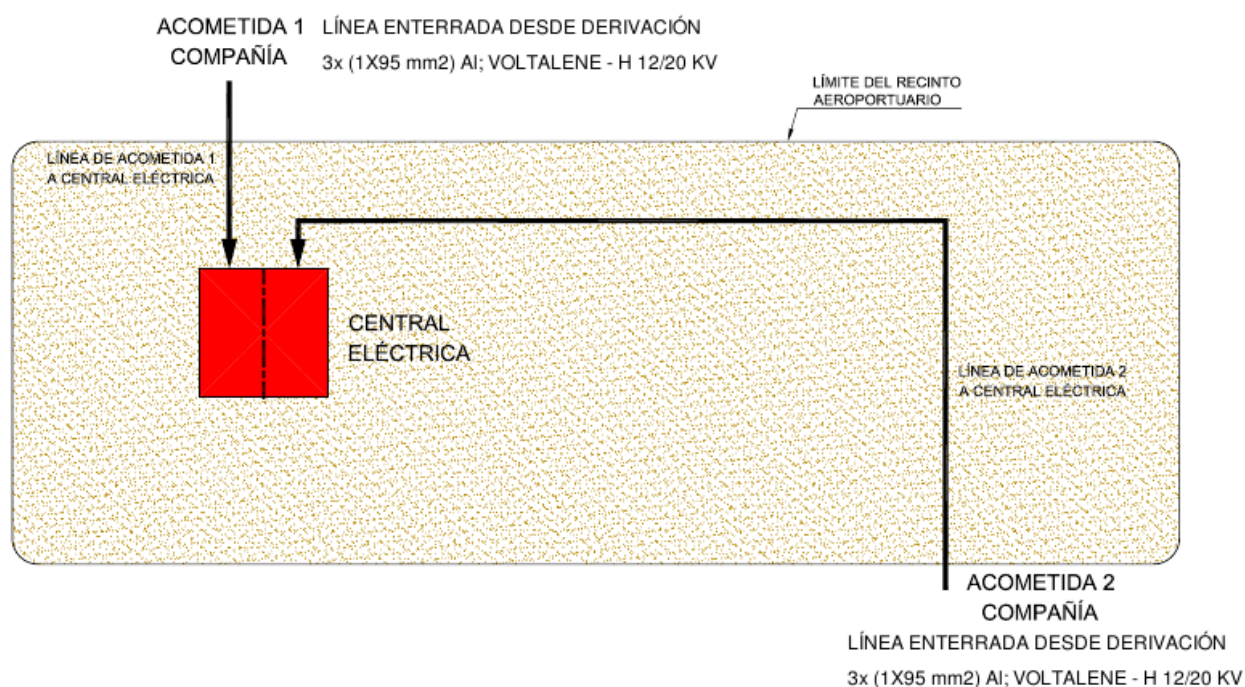


Figura 31: Esquema de distribución aeroportuaria con dos acometidas

En la figura 32 se muestra el flujograma seguido para la selección del esquema de la central eléctrica según la NSE. El esquema unifilar escogido corresponde al 2.4 del Anexo A.

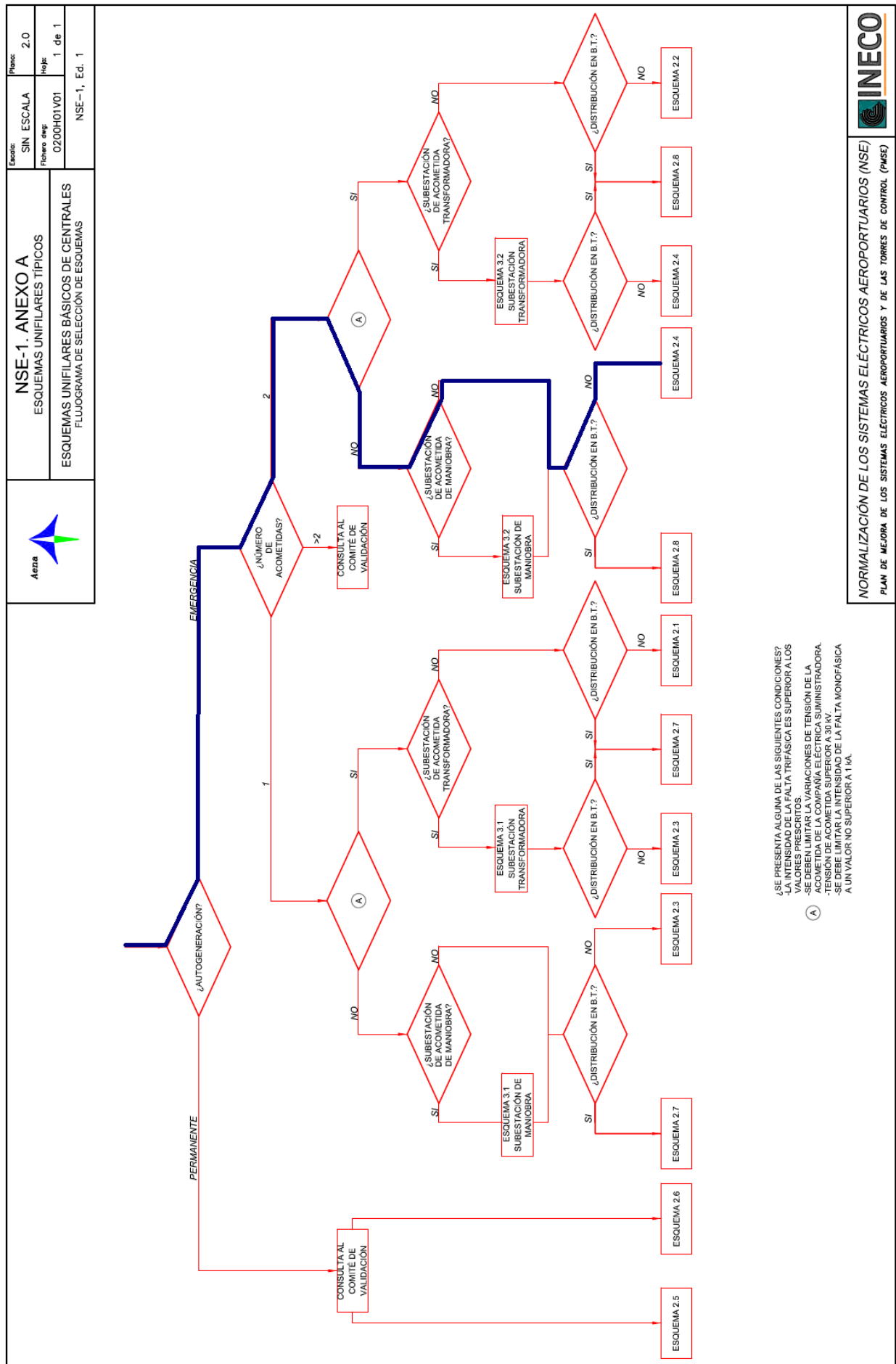


Figura 32: Flujograma de selección de esquema unifilar según NSE (nuestro caso aparece remarcado)

El esquema unifilar seleccionado (Plano 2.4) corresponde a una central eléctrica normalizada con dos acometidas y separación física de redundancias. Consta de barras de distribución a media tensión 15 kV (barras A y B). Aunque se representen parejas de impedancias de puesta a tierra redundantes (IPT A y B), sólo debe conectarse una de ellas y en caso de su fallo, se debe conmutar automáticamente a la otra. Si fallasen ambas impedancias, se debe desconectar automáticamente la emergencia de la central asociada.

Existen dos grupos de emergencia redundantes, bloque generador-transformador (BGT A y B), cuyos generadores son síncronos trifásicos en estrella con su centro conectado a las resistencias RGBT A y B.

Los centro de transformación (TB A y B) alimentan las barras redundantes A y B de 400 V.

VDI: Tensión de distribución interior

VDC: Tensión de distribución de la compañía suministradora

IPT: Impedancia de puesta a tierra

BGT: Bloque generador – transformador

RGBT: Resistencia de puesta a tierra de los BGT (el centro de la estrella del generador debe ir conectado a tierra a través de dicha resistencia).

1.8.2.- Disposición General de los Equipos

A continuación se enumeran los requisitos, de tipo arquitectónico, que se han tenido en cuenta a la hora de diseñar la instalación aeroportuaria.

- El edificio de la central eléctrica debe estar diseñado para permitir una buena accesibilidad para la entrada y salida de los diferentes equipos en todas sus salas.
- Deben preverse los espacios exteriores y la modulación del edificio que corresponda para que las posibles ampliaciones de las diferentes salas no represente una complicación excesiva.
- Los pilares del edificio deben estar dispuestos de tal forma que tengan en cuenta la situación de las celdas de alta tensión y cuadros de baja tensión para que los embarrados sean continuos de forma natural.
- El color de la pintura de las salas con elementos redundantes debe ser diferente.

- Se deben prever un aseo mixto lo más próximo posible a la Sala de Control de la Central Eléctrica.
- La disposición de las luminarias en las salas que tengan celdas o cuadros eléctricos debe ser compatible con la posición de estos evitando sombras innecesarias y buscando siempre el mejor aprovechamiento del flujo luminoso de las lámparas.
- En la Sala de Control se debe disponer un falso suelo para el conexionado de los cables correspondientes.
- En la Sala de Grupos Electrónicos se debe disponer de canalizaciones en el suelo para el tendido de los cables de potencia y de control.
- En la Sala de Celdas de Alta Tensión se debe prever una zona para la Compañía suministradora separada y con acceso exterior independiente de la entrada a la Central Eléctrica, para la disposición de celdas de compañía y del equipo de medida correspondiente. En el caso de que las celdas de compañía y la medida se encuentren en otro lugar fuera de la Centra no será necesario reservar la zona antes mencionada.
- La altura de los techos en las salas de equipos será como mínimo de 4 metros.
- La separación de las cabinas del paramento posterior debe ser como mínimo de 1 metro, para favorecer las labores de mantenimiento.
- La anchura del pasillo con celdas a ambos lados debe ser de 3 metros.
- Los reguladores de balizamiento deben estar separados del paramento posterior al menos 1 metro.

La disposición física de los equipos se muestra en el plano 3.2.

1.9-. CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

1.9.1-. Protección contra Sobre tensiones

Se han de instalar los dispositivos correspondientes para minimizar los efectos ocasionados por dicha perturbación.

La protección es integral, esto es, se procura la seguridad a personas y la protección a equipos e instalaciones. Existe protección contra las sobre tensiones de origen externo y contra las sobre tensiones de origen interno.

1.9.2-. Influencia de los Armónicos en el Diseño

Se ha tenido en cuenta lo siguiente:

- Deben existir los medios adecuados a cada sistema con el fin de reducir el nivel de armónicos al nivel deseado;
- Deben existir dispositivos de vigilancia que alerten de un contenido elevado de armónicos.

Se procura que los sistemas productores de armónicos estén separados de los sistemas sensibles a las perturbaciones.

Las instalaciones se han diseñado considerando fallo o desconexión de los filtros de armónicos.

El neutro de los sistemas de baja tensión presenta como mínimo la misma sección que las fases.

1.10-. ACOMETIDAS EXTERIORES

Se tienen dos acometidas cada una de ellas con capacidad y disponibilidad plena para alimentar al aeropuerto. Las acometidas transcurren por itinerarios diferentes y proceden de subestaciones independientes. La compañía suministradora es ENDESA.

La tensión nominal de acometida es de 15 kV.

La medida de energía para tarificación se realiza en el lado de la tensión más elevada.

1.11-. AUTOGENERACIÓN DE EMERGENCIA

1.11.1-. Generalidades

Las fuentes de autogeneración a emplear son los grupos electrógenos. En situación de emergencia se alimentan mediante gasoil.

El sistema de arranque de los grupos electrógenos tiene la capacidad de permitir al menos cinco arranques consecutivos.

Los grupos electrógenos tienen una autonomía de 24 horas.

1.11.2-. Generación en Alta Tensión

Se instala un transformador por grupo electrógeno que constituye junto con él mismo un bloque de autogeneración. Los transformadores de los bloques presentan devanados en triángulo en el lado primario y en estrella con neutro accesible en el secundario.

1.11.3-. Potencia de Emergencia

Se calculará en el apartado siguiente.

1.11.4-. Número de Unidades de Autogeneración

La autogeneración de emergencia se fracciona en varias unidades para garantizar una mayor fiabilidad y disponibilidad del sistema dentro de parámetros económicos aceptables.

1.12-. MODOS DE FUNCIONAMIENTO EN CONFIGURACIONES DE DOBLE BARRA

1.12.1-. Funcionamiento en Modo Normal.

La alimentación procede de la compañía eléctrica suministradora y los grupos electrógenos se encuentran preparados para alimentar, en un tiempo máximo de 15 s, las cargas que se requieran en caso de falta de dicha alimentación.

En este modo de funcionamiento están inhibidas las protecciones de interconexión del interruptor de acometida.

1.12.2-. Funcionamiento en Modo de Pruebas en Carga.

La alimentación procede de la compañía eléctrica suministradora. Cada uno de los grupos puede sincronizarse con la red y tomar carga para una prueba.

Cada interruptor de grupo se equipara con las protecciones necesarias para la interconexión según la legislación vigente y la exigencia de la compañía eléctrica implicada. Estas protecciones de interconexión sólo funcionan en este modo de funcionamiento.

1.12.3-. Funcionamiento en Modo Isla o de Emergencia

La energía eléctrica procede exclusivamente de los grupos electrógenos. Las protecciones de interconexión de los grupos deben inhibirse en este modo de funcionamiento.

1.12.4-. Transiciones entre Modos de Funcionamiento.

1.12.4.1-. Transición del Modo Normal al Modo Pruebas en Carga

Se sincronizan los grupos electrógenos secuencialmente con la red de la compañía eléctrica suministradora y se habilitan las protecciones de interconexión de los grupos.

1.12.4.2-. Transición del Modo Normal al Modo Isla o de Emergencia

Se puede realizar de forma voluntaria o por falta de tensión procedente de la compañía eléctrica suministradora.

En la forma voluntaria, se sincronizan los grupos secuencialmente con la red de la compañía eléctrica suministradora y se habilitan las protecciones de interconexión de los grupos. Posteriormente, se desconecta la red exterior teniendo la precaución de que los grupos sean capaces de suministrar la potencia demandada. Las protecciones de interconexión de los grupos se inhiben una vez que se esté en modo isla.

En caso de falta de tensión de red arrancan los grupos de forma automática para alimentar las cargas que se requieran en un tiempo máximos de 15 s. Además se abre el interruptor de acoplamiento con la red.

1.12.4.3-. Transición del Modo de Pruebas en Carga a Modo Normal

Se procede a realizar la parada normal de los grupos electrógenos, consistente en la reducción de la carga de cada grupo y en la apertura final del interruptor del mismo. Las paradas de cada máquina se realizan secuencialmente. Durante esta transición están activadas las protecciones de interconexión del interruptor de acometida.

1.12.4.4-. Transición del Modo Isla o de Emergencia al Modo Normal

El control común de grupos se sincroniza con la red y se procede a realizar la parada normal de los grupos, consistente en la reducción de la carga de cada grupo y en la apertura final del interruptor del mismo. Las paradas de cada máquina se realizan secuencialmente. Durante esta transición están activadas las protecciones de interconexión del interruptor de acometida.

1.13-. REDES DE DISTRIBUCIÓN EN EL AEROPUERTO

La red de distribución es de Media Tensión a 15 kV. La red de distribución es común para las cargas normales y de emergencia. La alimentación a todos los centros de transformación y de reparto con cargas de emergencia se realiza mediante un anillo con sus extremos conectados a redundancias diferentes y trascurriendo por trazados distintos.

1.13.1-. Características Generales de las Cabinas.

Las cabinas principales son compartimentadas o blindadas y están preparadas para el telecontrol. Son de Media Tensión a 15 kV.

Todas las cabinas de línea y de transformador se dotan de seccionamiento de aislamiento y de seccionamiento de puesta a tierra. Además, cada una de las barras de la Central Eléctrica se puede poner a tierra mediante un seccionador habilitado al efecto.

Los interruptores automáticos y los interruptores-seccionadores de las cabinas son de SF₆ y con motorización para el tensado del muelle de accionamiento. Contarán con al menos una bobina de cierre y otra de apertura.

1.13.2-. Características de las Protecciones

La instalación está protegida de manera que se consideran los diferentes valores de la intensidad de cortocircuito. Para este fin, existen relés de bloqueo. Los relés utilizados son de tipo electrónico.

2-. ESTIMACIÓN DE CONSUMOS ENERGÉTICOS

2.1-. GENERALIDADES

Se establecen los criterios para la estimación de los consumos energéticos de los diferentes servicios aeronáuticos según la Norma de Sistemas Eléctricos del Aeropuerto 2005.

2.2-. PARÁMETROS, SUPERFICIES Y LONGITUDES CARACTERÍSTICOS

A continuación se enumeran los parámetros, superficies y longitudes característicos utilizados:

MEMORIA DE CÁLCULO

- W/m^2 : coeficiente de potencia eléctrica por unidad de superficie;
- W/m : coeficiente de potencia eléctrica por unidad de longitud;
- W/ud : coeficiente de potencia eléctrica unitario;
- $S_T (m^2)$: superficie edificio terminal;
- $S_{cc}^{ET} (m^2)$: superficie de concesionarios comerciales del edificio terminal;
- $S_{CE} (m^2)$: superficie de central eléctrica;
- $S_{SEI} (m^2)$: superficie del SEI;
- $S_{TWR} (m^2)$: superficie de la torre de control;
- $S_H (m^2)$: superficie de hangares;
- $S_{CEM} (m^2)$: superficie de centro de emisores;
- $S_{BTO} (m^2)$: superficie de bloque técnico;
- $S_{EI} (m^2)$: superficie de edificio intermodal;
- $S_A (m^2)$: superficie de aparcamiento;
- $S_{JAR} (m^2)$: superficie de zonas ajardinadas;
- $S_{TG} (m^2)$: superficie de galerías (en planta);
- $S_{PLA} (m^2)$: superficie de plataforma;
- $L_{CAL}^{URB} (m)$: longitud de calzada en urbanización y accesos;
- $L_{RWY} (m)$: longitud de eje de pista;
- $B_{RWY} (m)$: longitud de borde de pista;
- $L_{ZTC} (m)$: longitud de zona de toma de contacto;
- $U_{RWY} (m)$: longitud de umbral de pista;
- $B_{RECTO} (m)$: longitud de borde recto de calle de rodaje;
- $B_{CURVO} (m)$: longitud de borde curvo de calle de rodaje;
- $E_{RECTO} (m)$: longitud de eje recto de calle de rodaje;
- $E_{CURVO} (m)$: longitud de eje curvo de calle de rodaje;

- C (m^3/h): capacidad total horaria de planta depuradora;
- D (m^3/h): capacidad total horaria de planta potabilizadora;
- N_{asc}^{TWR} (ud): número de ascensores de la TWR;
- N_{asc}^{ET} (ud): número de ascensores del edificio terminal;
- N_{esc}^{ET} (ud): número de escaleras mecánicas del edificio terminal;
- N_{pasmec}^{ET} (ud): número de pasillos mecánicos del edificio terminal;
- $N_{pasarelas}$ (ud): número de pasarelas del edificio terminal;
- $N_{posiciones}$ (ud): número de posiciones del edificio terminal;
- $N_{empotradas}$ (ud): número de balizas empotradas del sistema de aproximación;
- N_{total} (ud): número total de balizas del sistema de aproximación;
- $N_{cabeceras}$ (ud): número de cabeceras de pista;
- P_{ILUM}^{ET} (W): potencia eléctrica de iluminación del edificio terminal;
- P_{CL}^{ET} (W): potencia eléctrica de climatización del edificio terminal;
- P_{VENT}^{ET} (W): potencia eléctrica de ventilación del edificio terminal;
- P_{AFCS}^{ET} (W): potencia eléctrica de agua caliente y fría sanitaria del edificio terminal;
- P_{ASC}^{ET} (W): potencia eléctrica de ascensores del edificio terminal;
- P_{ESC}^{ET} (W): potencia eléctrica de escaleras mecánicas del edificio terminal;
- P_{PASMEC}^{ET} (W): potencia eléctrica de pasillos mecánicos del edificio terminal;
- P_{STE}^{ET} (W): potencia eléctrica de sistema de tratamiento de equipajes del edificio terminal;
- P_{PE}^{ET} (W): potencia eléctrica de puestos de embarque del edificio terminal;
- P_{MFE}^{ET} (W): potencia eléctrica de mostradores de facturación y embarque del edificio terminal;
- $\frac{3}{4}P_{SIP}^{ET}$ (W) è Potencia eléctrica de sistema de información al pasajero del edificio terminal
- P_{PC}^{ET} (W): potencia eléctrica de puestos de control del edificio terminal;
- P_{SICA}^{ET} (W): potencia eléctrica del sistema de control de accesos e intrusismo del edificio terminal;
- P_{SPCI}^{ET} (W): potencia eléctrica del sistema de protección contra incendios del edificio terminal;
- P_{MTC}^{ET} (W): potencia eléctrica de megafonía, telefonía y comunicaciones del edificio terminal;
- P_{CC}^{ET} (W): potencia eléctrica de concesionarios comerciales del edificio terminal;
- P_{AA}^{ET} (W): potencia eléctrica de asistencia a aeronaves del edificio terminal;
- P_{IL}^{TWR} (W): potencia eléctrica de iluminación de la TWR;
- P_{CL}^{WR} (W): potencia eléctrica de climatización de la TWR;

MEMORIA DE CÁLCULO

- P_{ASC}^{TWR} (W): potencia eléctrica de ascensores de la TWR;
- P_{SA}^{TWR} (W): potencia eléctrica de servicios aeronáuticos de la TWR;
- P^{CE} (W): potencia eléctrica de la central eléctrica;
- P^{SEI} (W): potencia eléctrica del SEI;
- P^{TC} (W): potencia eléctrica del terminal de carga;
- P^H (W): potencia eléctrica de hangares;
- P^{DEP} (W): potencia eléctrica de la planta depuradora;
- P^{POT} (W): potencia eléctrica de la planta potabilizadora;
- P^{COMB} (W): potencia eléctrica del sistema de distribución de combustibles;
- P^{CEM} (W): potencia eléctrica del centro de emisores;
- P^{BTO} (W): potencia eléctrica del bloque técnico;
- P^{EI} (W): potencia eléctrica del edificio intermodal;
- P_E^A (W): potencia eléctrica del aparcamiento en edificio;
- P_S^A (W): potencia eléctrica del aparcamiento en superficie;
- P_{ALM}^{URB} (W): potencia eléctrica de alumbrado de urbanización y accesos;
- P_{AR}^{URB} (W): potencia eléctrica de agua de riego de urbanización y accesos;
- P^{TG} (W): potencia eléctrica de túneles y galerías;
- P_{ILUM}^{PLA} (W): potencia eléctrica de iluminación de plataforma;
- P_{LA}^{RWY} (W): potencia eléctrica de luces de aproximación de pista;
- P_{LEP}^{RWY} (W): potencia eléctrica de luces de eje de pista;
- P_{LBP}^{RWY} (W): potencia eléctrica de luces de borde de pista;
- P_{UMB}^{RWY} (W): potencia eléctrica de luces de umbral y extremo de pista;
- P_{ZTC}^{RWY} (W): potencia eléctrica de luces de zona de toma de contacto de pista;
- P_{PAPI}^{RWY} (W): potencia eléctrica de los sistemas PAPI de pista;
- P_{LB}^{CR} (W): potencia eléctrica de luces de borde de calles de rodaje;
- P_{LE}^{CR} (W): potencia eléctrica de luces de eje de calles de rodaje;
- P_{LP}^{CR} (W): potencia eléctrica de luces de parada de calles de rodaje;
- P_{SV}^{CR} (W): potencia eléctrica de luces de señalización vertical de calles de rodaje;
- P_{LPP}^{CR} (W): potencia eléctrica de luces de protección de pista;
- P^{CANA} (W): potencia eléctrica de centros de ayuda a la navegación aérea.

2.3-. CONSUMOS ESPECÍFICOS

A los valores de potencia consumida calculados por cada instalación (cargas parciales) se les ha aplicado un factor de simultaneidad para cada tipo de alimentación (normal, emergencia y continuidad) y se ha calculado el consumo total en cada situación (normal, de emergencia y en continuidad).

Se define a continuación el concepto de los diversos factores de simultaneidad que se utilizan:

FS: factor de servicio. Incluye en realidad dos contribuciones: el factor correspondiente a la relación entre potencia máxima de operación y potencia instalada de los equipos, y, por otro lado, el porcentaje de consumidores del sistema que pueden estar conectados simultáneamente. El producto de la potencia instalada del sistema por FS da el consumo normal del mismo o potencia máxima;

FE: factor de emergencia. Indica el porcentaje de consumidores del sistema que necesitan alimentación simultánea de grupos de emergencia. Esto implica que admiten un transitorio corto (unos segundos) de falta de alimentación, hasta que se establezca la alimentación de emergencia. El producto del consumo normal del sistema por FE da el consumo de emergencia;

FU: factor de UPS. Indica el porcentaje de consumidores del sistema que necesitan alimentación simultánea de fuente ininterrumpida de UPS. Esto implica que estos consumidores precisan alimentación en todo momento. El producto del consumo normal del sistema por FU da el consumo UPS del sistema.

En las tablas 11 y 12 se indican los factores de simultaneidad utilizados.

MEMORIA DE CÁLCULO

Carga		FS	FE	FU
Edificio Terminal	Alumbrado interior	0,7	0,5	0,5
	Climatización	0,75	0,67 (Zona X)	0,0
			0,5 (Zona V y W)	
			0,33 (Zona Y)	
			0 (Zona Z)	
	Ventilación	0,65	0,3	0,0
	Ascensores	0,6	1,0	0,0
	Escaleras, rampas, cintas y puertas automáticas	0,54	1,0	0,2
	Pasarelas embarque	0,6	1,0	0,1
	Agua sanitaria	0,6	1,0	0,0
	Mostradores	0,8	1,0	1,0
	SIP	0,8	0,6	0,1
	Puestos de control	0,8	1,0	1,0
	SICA	1	1,0	1,0
	PCI	1	1,0	0,0
	Megafonía, telefonía y comunicaciones	1	1,0	1,0
	Restauración y concesionarios comerciales	0,75	1,0	0,5
	Asistencia aeronaves	0,6	1,0	0,1
Torre Control	Climatización e iluminación	0,8	1,0	1,0

Tabla 11: Factores de Simultaneidad

*REFORMA Y ADECUACIÓN A LA NORMATIVA AENA DE LA CENTRAL ELÉCTRICA DEL AEROPUERTO DE
ZARAGOZA*

	Ascensores	0,8	1,0	0,0
	Servicios aeronáuticos	1,0	1,0	1,0
Otros edificios aeroportuarios	Central eléctrica	0,7	0,5	0,3
	SEI	0,7	0,65	0,3
	Terminal de carga	0,7	0,5	0,2
	Hangares	0,7	0,6	0,2
	Depuradora y potabilizadora	0,7	0,3	0,2
	Combustibles	0,7	0,3	0,2
	Centro Emisores	0,8	1,0	1,0
	Bloque Técnico	0,7	0,3	0,2
	Edificio Intermodal	0,7	1,0	1,0
Aparcamiento	Superficie	1,0	0,5	0,0
	Edificio	1,0	1,0	0,0
Urbanización y Accesos		1,0	0,5	0,0
Túneles y galerías		0,65	1,0	0,2
Área de movimientos	Iluminación plataforma	1,0	1,0	0,0
	Balizamiento pista	1,0	1,0	0,0 (Cat I)
				1,0 (Resto)
	Balizamiento calles rodaje	1,0	1,0	0,0 (Cat I)
				1,0 (Resto)
	Centros ayuda a la navegación aérea	1,0	1,0	1,0

Tabla 12: Factores de Simultaneidad

La potencia instalada (mínima necesaria para cubrir las cargas calculadas) es la suma de las cargas de las instalaciones y edificaciones aeroportuarias calculadas.

Cálculo de Potencia Total Normal

Se ha calculado la potencia total normal de cada elemento con la ecuación siguiente:

$$Potencia\ total\ normal\ (kW) = \frac{\sum Fs_i \times Potencia\ parcial_i}{1.000}$$

Cálculo de Potencia Total de Emergencia (cargas que admiten un transitorio corto - unos segundos - de falta de alimentación, hasta que se establezca la alimentación de emergencia)

Se ha calculado la potencia total de emergencia de cada elemento con la ecuación siguiente:

$$Potencia\ total\ emergencia\ (kW) = \frac{\sum Fs_i \times Fe_i \times Potencia\ parcial_i}{1.000}$$

Cálculo de Potencia Total en Continuidad (cargas que necesitan alimentación simultánea de fuente ininterrumpida de UPS)

Se ha calculado la potencia total en continuidad de cada elemento con la ecuación siguiente:

$$Potencia\ total\ continuidad\ (kW) = \frac{\sum Fs_i \times Fu_i \times Potencia\ parcial_i}{1.000}$$

2.3.1-. Edificio Terminal

2.3.1.1-. Iluminación

	w/m ²
3000 ≤ S _T < 30.000.	15
30.000 ≤ S _T < 60.000	18
60.000 ≤ S _T ≤ 110.000	20

Tabla 13: W/m2 de iluminación según superficie de terminal

La superficie del edificio terminal es la siguiente:

$$16.250 \text{ m}^2 \text{ (2 plantas)} + 7.000 \text{ m}^2 \text{ (Sótano)} = 23.250 \text{ m}^2$$

Tenemos en cuenta el primer valor, 15 w/ m², por lo tanto:

$$23.250 \text{ (m}^2\text{)} \cdot 15 \text{ (w/ m}^2\text{)} = 348.750 \text{ w}$$

$$\text{Potencia Total Normal (kW)} = 0,7 \cdot 348,750 = 244,125$$

$$\text{Potencia Total Emergencia (kW)} = 0,7 \cdot 0,5 \cdot 348,750 = 122,063$$

$$\text{Potencia Total Continuidad(kW)} = 0,7 \cdot 0,5 \cdot 348,750 = 122,063$$

2.3.1.2-. Climatización

Se ha determinado la zona climática a la que pertenece el aeropuerto en base a la normativa aplicable (NBTE-CT-79 y UNE 100-001-085). La zona climática correspondiente a Zaragoza es la Y.

2.3.1.2.1-. Cálculo de Carga Eléctrica

El cálculo preciso de la carga eléctrica de climatización requiere disponer de datos constructivos concretos y la realización de un estudio de viabilidad de las máquinas a instalar. A continuación se propone un método aproximado para la estimación de la carga necesaria dada por:

$$P_{CL}^{ST}(W) = a \cdot S_T + b \cdot S_T^2$$

a y b son los valores de la tabla 14, según la superficie a climatizar y el tanto por cien de superficie acristalada (% acrist), que se calcula con la ecuación siguiente:

$$\% \text{ acrist} = \frac{\text{Superficie acristalada}}{\text{Sup. muros} + \text{Sup. acristalada} + \text{Sup. cubierta} + \text{Sup. planta}}$$

MEMORIA DE CÁLCULO

		Zona Climática V	Zona Climática W	Zona Climática X	Zona Climática Y	Zona Climática Z
9.500 ≤ S _{CL} ≤ 11.500 y % acrist ≈ 20 %	a	124,95	168,3	192,1	197,2	202,3
	b · 10 ⁻⁴	0	0	0	0	0
3.000 ≤ S _{CL} < 30.000 y % acrist ≈ 8 %	a	93,91	126,27	147,02	151,74	154,51
	b · 10 ⁻⁴	-14	-19	-24	-25	-25
30.000 ≤ S _{CL} < 60.000 y % acrist ≈ 8 %	a	47,61	62,42	66,44	67,41	68,38
	b · 10 ⁻⁴	2	2	3	3	4
60.000 ≤ S _{CL} ≤ 110.000 y % acrist ≈ 20 %	a	77,82	104,94	119,59	123,50	126,72
	b · 10 ⁻⁴	-3	-5	-6	-6	-6

Tabla 14: parámetros a y b según la zona climática del aeropuerto.

Teniendo en cuenta los datos de la tabla anterior, la superficie de acristalamiento y la superficie total de la terminal:

$$P_{CL}^{ET}(W) = 151,74 \cdot 23.250 - 25 \cdot 10^{-4} \cdot 23.250^2 = 2.000.000 \text{ W}$$

$$\text{Potencia Total Normal (kW)} = 0,75 \cdot 2.000 = 1.500$$

$$\text{Potencia Total Emergencia (kW)} = 0,75 \cdot 0,33 \cdot 2.000 = 495$$

$$\text{Potencia Total Continuidad(kW)} = 0,75 \cdot 0 \cdot 2.000 = 0$$

2.3.1.3-. Ventilación

El parámetro característico para la estimación de la carga eléctrica de ventilación (w/ m²) se estima en:

	w/m ²
3.000 ≤ S _T < 30.000	0,90
30.000 ≤ S _T < 60.000	0,40
60.000 ≤ S _T ≤ 110.000	0,86

Tabla 15: W/m2 de ventilación según superficie de terminal

Tenemos en cuenta el primer valor, 15 w/ m², por lo tanto:

$$23.250 \text{ (m}^2\text{)} \cdot 0,9 \text{ (w/ m}^2\text{)} = 20.925 \text{ w}$$

$$\text{Potencia Total Normal (kW)} = 0,65 \cdot 20,925 = 13,6$$

$$\text{Potencia Total Emergencia (kW)} = 0,65 \cdot 0,3 \cdot 20,925 = 4,08$$

$$\text{Potencia Total Continuidad(kW)} = 0,65 \cdot 0 \cdot 20,925 = 0$$

2.3.1.4-. Agua Sanitaria Caliente y Fría

No existe producción centralizada de agua caliente, el cálculo de la potencia eléctrica necesaria (P_{AFCS}^{ET}) se ha realizado en función del parámetro superficie terminal (S_T), que se calculó anteriormente y utilizando la ecuación siguiente:

$$P_{AFCS}^{ET} (W) = a \cdot S_T + b \cdot S_T^2$$

a y b son los valores de la tabla 16.

	a	$b \cdot 10^{-5}$
$3.000 \leq S_T < 30.000$	4,58	-9
$30.000 \leq S_T < 60.000$	2,42	-2
$60.000 \leq S_T \leq 110.000$	2,12	-1

Tabla 16

$$P_{AFCS}^{ET} (W) = 4,58 \cdot 23.250 - 9 \cdot 10^{-5} \cdot 23.250^2 = 58.000 \text{ w}$$

$$\text{Potencia Total Normal (kW)} = 0,66 \cdot 58 = 34,8$$

$$\text{Potencia Total Emergencia (kW)} = 0,65 \cdot 1 \cdot 58 = 34,8$$

$$\text{Potencia Total Continuidad(kW)} = 0,65 \cdot 0 \cdot 20,925 = 0$$

2.3.1.5-. Ascensores

El cálculo de la potencia eléctrica necesaria para los ascensores (P_{ASC}^{ET}) se realiza en función del número de unidades proyectadas (N_{asc}). Si no se conociese dicho número, como es el caso, se recomienda utilizar los valores de la tabla 17:

	N_{asc}
$3.000 \leq S_T < 30.000$	2 – 7
$30.000 \leq S_T < 60.000$	7 – 15
$60.000 \leq S_T \leq 110.000$	15 – 46

Tabla 17: número de ascensores proyectados

El cálculo preciso se haría conociendo la potencia de cada uno de los ascensores que depende de varios factores como capacidad de carga, velocidad y altura. Estos datos se desconocen, por lo que se ha supuesto una potencia media de 25 kW por cada ascensor.

Tenemos que $N_{asc} = 4$, por lo tanto $P_{ASC}^{ET} = 4 \cdot 25 = 100$ kW

Potencia Total Normal (kW) = $0,6 \cdot 100 = 60$

Potencia Total Emergencia (kW) = $0,6 \cdot 1 \cdot 100 = 60$

Potencia Total Continuidad(kW) = $0,6 \cdot 0 \cdot 100 = 0$

2.3.1.6-. Escaleras, Pasillos, Rampas Mecánicas.

2.3.1.6.1-. Escaleras Mecánicas

El cálculo de la potencia eléctrica necesaria para este tipo de instalaciones (P_{ESC}^{ET}) se realiza en función del número de unidades proyectadas N_{asc} . Si no se conociese dicho número, como es el caso, se recomienda utilizar los valores de la tabla siguiente:

	N_{esc}
$3.000 \leq S_T < 30.000$	0 – 4
$30.000 \leq S_T < 60.000$	4 – 8
$60.000 \leq S_T \leq 110.000$	8 – 20

Tabla 18: número de escaleras proyectadas

El cálculo preciso se haría conociendo la potencia de cada uno de los pasillos mecánicos, que depende de varios factores como la longitud, el ancho, la velocidad y la pendiente si la hubiere. Suponemos una potencia media de 12 kW por cada escalera.

Tenemos que $N_{esc} = 2$, por lo tanto $P_{ESC}^{ET} = 2 \cdot 12 = 24 \text{ kW}$

Potencia Total Normal (kW) = $0,54 \cdot 12 = 6,48$

Potencia Total Emergencia (kW) = $0,54 \cdot 1 \cdot 12 = 6,48$

Potencia Total Continuidad(kW) = $0,6 \cdot 2 \cdot 100 = 1.3$

2.3.1.6.2-. Pasillos Mecánicos

No se disponen de pasillos mecánicos.

2.3.1.7-. Tratamiento de Equipajes

La potencia eléctrica consumida por el sistema de tratamiento de equipajes (P_{STE}^{ET}) se ha calculado en función del parámetro superficie terminal (S_T) utilizando la ecuación siguiente:

$$P_{STE}^{ET} (W) = a \cdot S_T + b \cdot S_T^2$$

a y b son los valores de la tabla 19.

	a	$b \cdot 10^{-5}$
$3.000 \leq S_T < 30.000$	52,97	-140
$30.000 \leq S_T < 60.000$	11,57	0,3
$60.000 \leq S_T \leq 110.000$	14,03	-4

Tabla 19

$P_{STE}^{ET} (W) = 52,97 \cdot 23.250 - 140 \cdot 10^{-5} \cdot 23.250^2 = 475.000 \text{ w}$

Potencia Total Normal (kW) = $0,54 \cdot 475 = 258,12$

Potencia Total Emergencia (kW) = $0,54 \cdot 1 \cdot 475 = 258,12$

$$\text{Potencia Total Continuidad(kW)} = 0,65 \cdot 0,2 \cdot 475 = 51,624$$

2.3.1.8-. Pasarelas de Embarque

El consumo eléctrico del alumbrado interior y exterior, del equipo de aire acondicionado y del acondicionamiento mecánico de la misma (P_{PE}^{ET}) se ha calculado en función del número de pasarelas $N_{pasarelas}$. La potencia demandada por cada pasarela depende de las dimensiones geométricas de la misma y del tipo de cerramiento exterior. Se ha supuesto una potencia media de 40 kW por pasarela

Disponemos de 6 pasarelas de embarque, por lo tanto

$$P_{PE}^{ET} = 6 \cdot 40 = 240 \text{ kW}$$

$$\text{Potencia Total Normal (kW)} = 0,6 \cdot 240 = 144$$

$$\text{Potencia Total Emergencia (kW)} = 0,6 \cdot 1 \cdot 240 = 144$$

$$\text{Potencia Total Continuidad(kW)} = 0,6 \cdot 0,1 \cdot 240 = 14,4$$

2.3.1.9-. Mostradores de Facturación y Embarque

El cálculo del consumo eléctrico de los mostradores de facturación y embarque (P_{MFE}^{ET}) se calcula en función del parámetro superficie terminal (S_T) y utilizando la ecuación siguiente:

$$P_{MFE}^{ET}(W) = a \cdot S_T + b \cdot S_T^2$$

Los parámetros a y b se obtienen de la tabla 20 según la superficie de terminal.

	a	$b \cdot 10^{-5}$
$3.000 \leq S_T < 30.000$	5,94	-20
$30.000 \leq S_T < 60.000$	1,55	-0,4
$60.000 \leq S_T \leq 110.000$	1,44	-0,3

Tabla 20: parámetros a y b según S_T para mostradores de facturación

$$P_{MFE}^{ET}(W) = 5,94 \cdot 23.250 - 20 \cdot 10^{-5} \cdot 23.250^2 = 30.000 \text{ w}$$

$$\text{Potencia Total Normal (kW)} = 0,8 \cdot 30 = 24$$

$$\text{Potencia Total Emergencia (kW)} = 0,8 \cdot 1 \cdot 30 = 24$$

$$\text{Potencia Total Continuidad(kW)} = 0,8 \cdot 1 \cdot 30 = 24$$

2.3.1.10-. Sistema de Información al Pasajero

El cálculo del consumo eléctrico del Sistema de Información al Pasajero (P_{SIP}^{ET}) se calcula en función del parámetro S_T y utilizando la ecuación siguiente:

$$P_{SIP}^{ET}(W) = a \cdot S_T + b \cdot S_T^2$$

Los parámetros a y b se obtienen de la tabla 21 según la superficie de terminal

	a	$b \cdot 10^{-5}$
$3.000 \leq S_T < 30.000$	2,62	-5
$30.000 \leq S_T < 60.000$	0,71	1
$60.000 \leq S_T \leq 110.000$	2,04	-1

Tabla 21: parámetros a y b según S_T para los sistemas de información al pasajero

$$P_{SIP}^{ET}(W) = 2,62 \cdot 23.250 - 5 \cdot 10^{-5} \cdot 23.250^2 = 34.000 \text{ w}$$

$$\text{Potencia Total Normal (kW)} = 0,8 \cdot 34 = 27,2$$

$$\text{Potencia Total Emergencia (kW)} = 0,8 \cdot 0,6 \cdot 34 = 16,32$$

$$\text{Potencia Total Continuidad(kW)} = 0,8 \cdot 0,1 \cdot 30 = 2,72$$

2.3.1.11-. Puestos de Control

El cálculo del consumo eléctrico de los puestos de control (P_{SPC}^{ET}) se realiza en función del parámetro S_T y utilizando la ecuación siguiente:

$$P_{PC}^{ET}(W) = a \cdot S_T + b \cdot S_T^2$$

a y b se obtienen de la tabla 22.

	a	$b \cdot 10^{-5}$
$3.000 \leq S_T < 30.000$	2,23	-6
$30.000 \leq S_T < 60.000$	0,50	0,007
$60.000 \leq S_T \leq 110.000$	0,80	-0,5

Tabla 22

$$P_{PC}^{ET}(W) = 2,23 \cdot 23.250 - 6 \cdot 10^{-5} \cdot 23.250^2 = 19,5 \text{ w}$$

$$\text{Potencia Total Normal (kW)} = 0,8 \cdot 19,5 = 15,6$$

$$\text{Potencia Total Emergencia (kW)} = 0,8 \cdot 1 \cdot 19,5 = 15,6$$

$$\text{Potencia Total Continuidad(kW)} = 0,8 \cdot 1 \cdot 19,5 = 15,6$$

2.3.1.12-. Control de Accesos e Intrusismo (SICA)

El cálculo del consumo eléctrico se realiza a partir del mismo modelo que en el caso anterior dando resultado nulo por lo tanto $P_{SICA}^{ET}(W) = 0$

2.3.1.13-. Protección Contra Incendios (SPCI)

El cálculo del consumo eléctrico de los elementos del SPCI (P_{SPCI}^{ET}) se realiza en función de la superficie de terminal S_T y utilizando la ecuación siguiente:

$$P_{SPCI}^{ET}(W) = a \cdot S_T + b \cdot S_T^2$$

a y b se obtienen de la tabla 23.

	a	$b \cdot 10^{-5}$
$3.000 \leq S_T < 30.000$	7,95	-20
$30.000 \leq S_T < 60.000$	1,67	0,3
$60.000 \leq S_T \leq 110.000$	2,83	-2

Tabla 23

$$P_{PC}^{ET}(W) = 7,95 \cdot 23.250 - 20 \cdot 10^{-5} \cdot 23.250^2 = 76.500 \text{ w}$$

$$\text{Potencia Total Normal (kW)} = 1 \cdot 76,5 = 76,5$$

$$\text{Potencia Total Emergencia (kW)} = 1 \cdot 1 \cdot 76,5 = 76,5$$

$$\text{Potencia Total Continuidad(kW)} = 1 \cdot 1 \cdot 19,5 = 19,5$$

2.3.1.14-. Megafonía, Telefonía y Comunicaciones

El cálculo del consumo eléctrico de los elementos de megafonía, telefonía y comunicaciones (P_{MTC}^{ET}) se realiza en función del parámetro S_T y utilizando la siguiente ecuación:

$$P_{MTC}^{ET}(W) = a \cdot S_T + b \cdot S_T^2$$

a y b se obtienen de la tabla 24.

	a	$b \cdot 10^{-5}$
$3.000 \leq S_T < 30.000$	9,25	-2,0
$30.000 \leq S_T < 60.000$	2,16	-0,9
$60.000 \leq S_T \leq 110.000$	2,08	-0,8

Tabla 24

$$P_{MTC}^{ET}(W) = 9,25 \cdot 23.250 - 2 \cdot 10^{-5} \cdot 23.250^2 = 204.000 \text{ w}$$

$$\text{Potencia Total Normal (kW)} = 1 \cdot 204 = 204$$

$$\text{Potencia Total Emergencia (kW)} = 1 \cdot 1 \cdot 204 = 204$$

$$\text{Potencia Total Continuidad(kW)} = 1 \cdot 1 \cdot 204 = 204$$

2.3.1.15-. Áreas de Restauración y Concesionarios Comerciales

El cálculo del consumo eléctrico (P_{CC}^{ET}) de las áreas de restauración y de los concesionarios comerciales se realiza en función del parámetro superficie comercial $S_{CC} = 1000 \text{ m}^2$ y utilizando el parámetro 120 W/ m^2

$$1.000 (\text{m}^2) \cdot 120 (\text{W/ m}^2) = 120.00 \text{ W}$$

$$\text{Potencia Total Normal (kW)} = 0,75 \cdot 120 = 90$$

$$\text{Potencia Total Emergencia (kW)} = 0,75 \cdot 1 \cdot 120 = 90$$

$$\text{Potencia Total Continuidad(kW)} = 0,75 \cdot 0,5 \cdot 120 = 45$$

2.3.1.16-. Asistencia a Aeronaves

La carga imputable a la asistencia a aeronaves (P_{AA}^{ET}) que incluye el aire acondicionado, aire comprimido y los 400 HZ se calcula en función del número de posiciones de estacionamiento y utilizando el parámetro de 100 kW por pasarela.

Disponemos de 6 pasarelas de embarque, por lo tanto

$$P_{PE}^{ET} = 6 \cdot 100 = 600 \text{ kW}$$

$$\text{Potencia Total Normal (kW)} = 0,6 \cdot 600 = 360$$

$$\text{Potencia Total Emergencia (kW)} = 0,6 \cdot 1 \cdot 600 = 360$$

$$\text{Potencia Total Continuidad(kW)} = 0,6 \cdot 0,1 \cdot 600 = 36$$

2.3.2-. Torre de Control (TWR)

El cálculo del consumo eléctrico de la TWR se realiza como suma de los consumos eléctricos parciales de las diferentes instalaciones de que dispone.

2.3.2.1-. Iluminación

El cálculo del consumo eléctrico de iluminación de la TWR (P_{IL}^{TWR}) se realiza empleando la superficie útil de la Torre de Control $S_{TWR} = 300 \text{ m}^2$ y utilizando el parámetro de 15 w/ m^2

$$300 (\text{m}^2) \cdot 15 (\text{w/ m}^2) = 4500 \text{ w}$$

$$\text{Potencia Total Normal (kW)} = 0,8 \cdot 4,50 = 3,60$$

$$\text{Potencia Total Emergencia (kW)} = 0,8 \cdot 1 \cdot 4,50 = 3,60$$

$$\text{Potencia Total Continuidad(kW)} = 0,8 \cdot 1 \cdot 4,50 = 3,60$$

2.3.2.2-. Climatización

Al igual que se hizo en el edificio terminal, se propone a continuación un método aproximado para la estimación de la carga eléctrica para el servicio de climatización de la torre de control.

El cálculo del consumo eléctrico de climatización de la TWR (P_{CL}^{TWR}) se realiza empleando la superficie útil de la Torre de Control S_{TWR} y utilizando el parámetro de 120 w/ m²

$$300 \text{ (m}^2\text{)} \cdot 120 \text{ (w/ m}^2\text{)} = 36.000 \text{ w}$$

$$\text{Potencia Total Normal (kW)} = 0,8 \cdot 36 = 28,8$$

$$\text{Potencia Total Emergencia (kW)} = 0,8 \cdot 1 \cdot 36 = 28,8$$

$$\text{Potencia Total Continuidad(kW)} = 0,8 \cdot 1 \cdot 36 = 28,8$$

2.3.2.3-. Ascensores

El cálculo del consumo eléctrico de los ascensores de la TWR (P_{ASC}^{TWR}) se realiza en función del número de ascensores a instalar y utilizando el parámetro de 16 kW para cada ascensor. En nuestro caso en particular disponemos de un solo ascensor.

$$\text{Potencia Total Normal (kW)} = 0,8 \cdot 16 = 12,8$$

$$\text{Potencia Total Emergencia (kW)} = 0,8 \cdot 1 \cdot 16 = 12,8$$

$$\text{Potencia Total Continuidad(kW)} = 0,8 \cdot 0 \cdot 16 = 0$$

2.3.2.4-. Equipos de Ayudas a la Navegación

El cálculo preciso del consumo de los equipos de ayuda a la navegación depende de los equipos a instalar. Se propone a continuación una estimación de la potencia eléctrica necesaria para alimentar estos equipos. Se supone 70 kW, teniendo en cuenta que el aeropuerto de Zaragoza es un aeropuerto pequeño.

2.3.3-. Otros Edificios Aeroportuarios

Los consumos eléctricos de las otras edificaciones aeroportuarias se calcularán en los apartados siguientes.

2.3.3.1-. Central Eléctrica

El cálculo del consumo eléctrico de la central eléctrica (P^{CE}) se realiza empleando la superficie de la central S_{CE} y como parámetro 225 w/ m²

$$720 \text{ (m}^2\text{)} \cdot 225 \text{ (w/ m}^2\text{)} = 162.000 \text{ w}$$

$$\text{Potencia Total Normal (kW)} = 0,7 \cdot 162 = 113,4$$

$$\text{Potencia Total Emergencia (kW)} = 0,7 \cdot 0,5 \cdot 162 = 56,7$$

$$\text{Potencia Total Continuidad(kW)} = 0,7 \cdot 0,3 \cdot 162 = 34,02$$

2.3.3.2-. Servicio de Extinción de Incendios

El cálculo del consumo eléctrico del Servicio de Extinción de Incendios (P^{SEI}) se realiza empleando la superficie de la central S_{SEI} y como parámetro 225 w/ m²

$$1.250 \text{ (m}^2\text{)} \cdot 225 \text{ (w/ m}^2\text{)} = 281.250 \text{ w}$$

$$\text{Potencia Total Normal (kW)} = 0,7 \cdot 281,25 = 196,875$$

$$\text{Potencia Total Emergencia (kW)} = 0,7 \cdot 0,65 \cdot 281,25 = 127,969$$

$$\text{Potencia Total Continuidad(kW)} = 0,7 \cdot 0,3 \cdot 281,25 = 59,06$$

2.3.3.3-. Terminal de Carga

El cálculo del consumo eléctrico del Terminal de Carga (P^{TC}) se realiza empleando la superficie de la central S_{TC} y como parámetro 200 w/ m²

$$4170 \text{ (m}^2\text{)} \cdot 200 \text{ (w/ m}^2\text{)} = 834.000 \text{ w}$$

$$\text{Potencia Total Normal (kW)} = 0,7 \cdot 834 = 583,8$$

$$\text{Potencia Total Emergencia (kW)} = 0,7 \cdot 0,5 \cdot 834 = 291,9$$

$$\text{Potencia Total Continuidad(kW)} = 0,7 \cdot 0,2 \cdot 834 = 116,76$$

2.3.3.4-. Hangares

No se dispone de Hangares

2.3.3.5-. Depuradora y Potabilizadora

El consumo eléctrico de una planta depuradora de fecales (P^{DEP}) se calcula en función de la capacidad total (D) que tenga (m^3/h) y aplicando $P^{DEP}(w) = a \cdot D$, siendo $a = 300$

$$P^{DEP}(W) = 300 \cdot 0,11 (m^3/h) = 33$$

$$\text{Potencia Total Normal (kW)} = 0,7 \cdot 0,033 = 0,023$$

$$\text{Potencia Total Emergencia (kW)} = 0,7 \cdot 0,3 \cdot 0,033 = 0,00693$$

$$\text{Potencia Total Continuidad(kW)} = 0,7 \cdot 0,2 \cdot 0,033 = 0,0462$$

El consumo eléctrico de la potabilizadora (P^{POT}) se calcula en función de la capacidad total (D) que tenga (m^3/h) y aplicando $P^{POT}(w) = a \cdot D$, siendo $a = 1670$

$$P^{DEP}(W) = 1.670 \cdot 50 (m^3/h) = 83.500$$

2.3.3.6-. Combustibles

El cálculo del consumo eléctrico del sistema de distribución de combustibles (P^{COMB}) se realiza en función del alcance de las aeronaves que vayan a operar en el aeropuerto y utilizando la ecuación siguiente:

$$P^{COMB}(W) = c$$

El valor de c se obtiene de la tabla 25

	<i>c</i>
Corto alcance	26 Kw
Corto – medio y largo alcance	55 Kw
Corto – largo alcance	55 Kw
Corto – medio – largo alcance	80 Kw

Tabla 25

Nos quedamos con vuelos de Corto-Medio y Largo Alcance que se corresponde con 55 kW.

$$\text{Potencia Total Normal (kW)} = 0,7 \cdot 55 = 38,5$$

$$\text{Potencia Total Emergencia (kW)} = 0,7 \cdot 0,3 \cdot 55 = 11,5$$

$$\text{Potencia Total Continuidad(kW)} = 0,7 \cdot 0,2 \cdot 55 = 7,7$$

2.3.3.7-. Bloque Técnico

El cálculo del consumo eléctrico del Terminal de Carga (P^{TC}) se realiza empleando la superficie de la central S_{TC} y como parámetro 225 w/ m²

$$1057 \text{ (m}^2\text{)} \cdot 225 \text{ (w/ m}^2\text{)} = 237.825 \text{ w}$$

$$\text{Potencia Total Normal (kW)} = 0,7 \cdot 237,835 = 166,48$$

$$\text{Potencia Total Emergencia (kW)} = 0,7 \cdot 0,3 \cdot 237,825 = 49,94$$

$$\text{Potencia Total Continuidad(kW)} = 0,7 \cdot 0,2 \cdot 237,825 = 33,29$$

2.3.4-. Aparcamiento de Vehículos

El aparcamiento se encuentra a la intemperie con una superficie S_A , la potencia eléctrica necesaria (P_s^A) se calcula con la ecuación siguiente:

$$P_s^A(W) = a \cdot S_A$$

$a = 0,70$ en el caso de aparcamientos a la intemperie.

$$63.000 \text{ (m}^2\text{)} \cdot 0,7 \text{ (w/ m}^2\text{)} = 44.100 \text{ w}$$

$$\text{Potencia Total Normal (kW)} = 1 \cdot 44,1 = 44,1$$

$$\text{Potencia Total Emergencia (kW)} = 1 \cdot 0,5 \cdot 44,1 = 22,05$$

$$\text{Potencia Total Continuidad(kW)} = 1 \cdot 0 \cdot 44,1 = 0$$

2.3.5-. Área de Movimientos

2.3.5.1-. Iluminación de Plataforma

La carga de iluminación de plataforma (P_{ILUM}^{PLA}) se calcula en función del número total de luces con la ecuación siguiente:

$$P_{ILUM}^{PLA}(W) = a \cdot S_{PLA}$$

$$a = 0,75$$

$$155.000 \text{ (m}^2\text{)} \cdot 0,75 \text{ (w/ m}^2\text{)} = 116.250 \text{ w}$$

$$\text{Potencia Total Normal (kW)} = 1 \cdot 116,25 = 116,25$$

$$\text{Potencia Total Emergencia (kW)} = 1 \cdot 1 \cdot 116,25 = 116,25$$

$$\text{Potencia Total Continuidad(kW)} = 1 \cdot 0 \cdot 116,25 = 0$$

2.3.5.2-. Balizamiento Pistas de Vuelo

2.3.5.2.1-. Luces de Aproximación

La carga de las luces de aproximación (P_{LA}^{RWY}) se calcula en función del número total de luces con la ecuación siguiente:

$$P_{LA}^{RWY}(W) = 225 \cdot N_{total}$$

El número total de luces se obtiene de la tabla 26.

	N_{total}
Sistema sencillo A	38
Categoría I	130
Categoría II y III	216

Tabla 26: número total de luces de aproximación

Tenemos dos pistas de aterrizaje, con dos sistemas de aproximación de categoría I y una de categoría sencilla.

$$P_{LA}^{RWY}(W) = 225 \cdot (38 + 2 \cdot 130) = 67.050$$

$$\text{Potencia Total Normal (kW)} = 1 \cdot 67,05 = 67,05$$

$$\text{Potencia Total Emergencia (kW)} = 1 \cdot 1 \cdot 67,05 = 67,05$$

$$\text{Potencia Total Continuidad(kW)} = 1 \cdot 0 \cdot 67,05 = 0$$

2.3.5.2.2-. Luces de Eje de Pista

No existe sistema de luces de eje de pista.

2.3.5.2.3-. Luces de Borde de Pista

La carga de las luces de borde de pista (P_{LBP}^{RWY}) se calcula en función de la longitud del borde de pista (B_{RWY}) con la ecuación siguiente:

$$P_{LBP}^{RWY}(W) = a \cdot B_{RWY}$$

Siendo $a = 4$

$$P_{LBP}^{RWY}(W) = 4 \cdot 2 \cdot (3.718 + 3.000) = 53.744$$

$$\text{Potencia Total Normal (kW)} = 1 \cdot 53,744 = 53,744$$

$$\text{Potencia Total Emergencia (kW)} = 1 \cdot 1 \cdot 53,744 = 53,744$$

$$\text{Potencia Total Continuidad(kW)} = 1 \cdot 0 \cdot 53,744 = 0$$

2.3.5.2.4-. Luces de Umbral y Extremo de Pista

La carga de las luces de umbral de pista (P_{UMB}^{RWY}) se calcula en función del número de cabeceras ($N_{cabeceras}$) con la ecuación que sigue a continuación, suponiendo que tienen el mismo sistema de aproximación:

$$P_{UMB}^{RWY}(W) = a \cdot N_{CABECERAS}$$

Tomamos a el valor apropiado de la tabla 27 según el ancho de pista:

*REFORMA Y ADECUACIÓN A LA NORMATIVA AENA DE LA CENTRAL ELÉCTRICA DEL AEROPUERTO DE
ZARAGOZA*

Pistas de 45 m de ancho			Pistas que no son de vuelo por instrumentos y pistas para aproximaciones que no son de precisión	Pistas para aproximaciones de precisión de la categoría I	Pistas para aproximaciones de precisión de la categoría II	Pistas para aproximaciones de precisión de la categoría III
Umbral en extremo de pista	Sin portal		4320	4560	4560	5160
	Con portal		4320	3120	-	-
Umbral desplazado	Sin portal		5760	5280	5280	6000
	Con portal		5760	3840	-	-
	Con barras de ala	Sin portal	7680	7680	7680	8400
		Con portal		6240	-	-

Tabla 27: valor de a para pistas de 45m. de ancho.

$$P_{LBP}^{RWY} (W) = 4.320 + 2 \cdot 3.120 = 10.560$$

$$\text{Potencia Total Normal (kW)} = 1 \cdot 10,56 = 10,56$$

$$\text{Potencia Total Emergencia (kW)} = 1 \cdot 1 \cdot 10,56 = 10,56$$

$$\text{Potencia Total Continuidad(kW)} = 1 \cdot 0 \cdot 53,744 = 0$$

2.3.5.2.5-. Luces de Toma de Contacto

No se dispone de sistema de luces de contacto.

2.3.5.2.6-. PAPI

La carga de los sistemas PAPI (P_{PAPI}^{RWY}) se calcula en función del número de sistemas PAPI (N_{PAPI}) instalados con la ecuación siguiente:

$$P_{PAPI}^{RWY} (W) = \alpha \cdot N_{PAPI}$$

Siendo $a=800$

$$P_{LBP}^{RWY} (W) = 4 \cdot 800 = 3.200$$

$$\text{Potencia Total Normal (kW)} = 1 \cdot 3,2 = 3,2$$

$$\text{Potencia Total Emergencia (kW)} = 1 \cdot 1 \cdot 3,2 = 3,2$$

$$\text{Potencia Total Continuidad(kW)} = 1 \cdot 0 \cdot 3,2 = 0$$

2.3.5.3-. Balizamiento Calles de Rodaje

2.3.5.3.1-. Luces de Borde

La carga de las luces de borde (P_{LB}^{CR}) se calcula en función del número total de luces con la ecuación siguiente:

$$P_{LB}^{CR}(W) = a_{RECTO} \cdot B_{RECTO} + a_{CURVO} \cdot B_{CURVO}$$

$$a_{recto} = 1,75$$

$$a_{curvo} = 3$$

Despreciamos los tramos curvos

$$P_{LB}^{CR} (W) = 1,75 \cdot 2 \cdot 8878 = 31.075$$

$$\text{Potencia Total Normal (kW)} = 1 \cdot 31,075 = 31,075$$

$$\text{Potencia Total Emergencia (kW)} = 1 \cdot 1 \cdot 31,075 = 31,075$$

$$\text{Potencia Total Continuidad(kW)} = 1 \cdot 0 \cdot 31,075 = 0$$

2.3.5.3.2-. Luces de Eje

No existe sistema de luces de eje de calle de rodaje.

2.3.5.3.3-. Luces de Parada

La carga de las luces de parada (P_{LP}^{CR}) se calcula en función de las unidades instaladas ($N_{Barras} = 15$) con la ecuación siguiente:

$$P_{LP}^{CR}(W) = 1600 \cdot N_{BARRAS PARADA}$$

$$P_{LP}^{CR}(W) = 15 \cdot 1600 = 24.000$$

$$\text{Potencia Total Normal (kW)} = 1 \cdot 24 = 24$$

$$\text{Potencia Total Emergencia (kW)} = 1 \cdot 1 \cdot 24 = 24$$

$$\text{Potencia Total Continuidad(kW)} = 1 \cdot 0 \cdot 24 = 0$$

2.3.5.4-. Centros de Ayuda a la Navegación Aérea

La carga de los centros de ayuda a la Navegación Aérea (P^{CANA}) se calculan según los valores siguientes:

Obtenemos c_i de la tabla 28.

$$P^{CANA}(W) = \sum c_i$$

	c_i
ILS	20.000
VOR-DME	15.000
Otras ayudas	10.000
Categoría II y III	64.800

Tabla 28

$$\text{ILS} + \text{VOR} + \text{DME} + \text{OTRAS} = 45.000$$

2.4-. CÁLCULO DE LA POTENCIA ELÉCTRICA TOTAL CONSUMIDA

$$\text{Potencia Total Normal (kW)} = 2.107,182 \text{ kW}$$

$$\text{Potencia Total de Emergencia (kW)} = 1.975,608 \text{ kW}$$

$$\text{Potencia Total de Continuidad (kW)} = 876,483 \text{ kW}$$

2.5-. COMENTARIOS SOBRE LOS FACTORES DE POTENCIA

El mínimo factor de potencia permitido por AENA es de 0,95. Los factores de potencia de todas las cargas e instalaciones se suponen compensados como mínimo hasta dicho valor, según se indica en NSE-2-10, Ed. 1, no siendo objeto de este documento el dimensionamiento de los sistemas de compensación de energía reactiva. Se consideran por tanto como valores de diseño en lo sucesivo, factores de potencia igual a la unidad.

2.6-. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos se encuentran sobredimensionados debido en gran medida a las hipótesis de cálculo de la norma. La climatización se lleva ella sola casi el 70% de la potencia, lo cual es desmesurado.

Para afinar el cálculo de la potencia consumida se ha acudido a los *Documentos asociados a la serie NSE*, concretamente el documento NSE – E – 3 Ed.1, *Estudio sobre los consumos energéticos en los aeropuertos españoles*.

En dicho documento se describe la estimación de carga eléctrica de climatización para edificios aeroportuarios, como suma de tres contribuciones fundamentales:

- . Potencia de producción de frío, calor
- . Potencia de distribución de aire o ventilación
- . Potencia de bombeo de agua caliente y fría a UTAs y fancoils.

Las potencias anteriores se estiman, básicamente, teniendo en cuenta la zona climática de ubicación del aeropuerto, así como la tipología y tamaño de la edificación.

En las tablas 29 y 30 se muestran los cálculos de climatización por zonas, tipología y tamaño de edificación realizados en NSE – E – 3 Ed.1, además de cálculos de climatización de otros aeropuertos.

REFORMA Y ADECUACIÓN A LA NORMATIVA AENA DE LA CENTRAL ELÉCTRICA DEL AEROPUERTO DE
ZARAGOZA

Zona Climática	Tipo Edificación	Sup. Climatizada m ²	REFRIGERACIÓN					CALEFACCIÓN			
			Carga W	Pot frigorif W/m ²	Pot elec W/m ²	Pot Bombas KW	Pot Ventilad ores KW	Carga W	Pot calorif W/m ²	Pot Bombas KW	Pot Ventilad ores KW
V	1	3000	349.059	116	43	11.3	34.8	101.448	33.8	1.1	34.7
	2	30000	2.584.967	86.16	31.9	84	237	578.200	19.27	6.26	237
	3	60000	5.962.681	99.37	36.80	193	571	1.503.416	25.05	16	571
	4	110000	10.119.879	92	34.07	328	947	2.136.254	19.42	23	947
	5	10500	1.783.559	169.86	62.91	58	176.6	502.124	47.8	5.44	176.6
W	1	3000	376.956	125.65	46.54	12.25	36.86	192.751	64.25	2.08	36.86
	2	30000	2.756.436	91.88	34.03	89.59	244.70	1.098.581	36.61	11.09	244.70
	3	60000	6.389.326	106.48	39.43	207	596	2.856.490	47.60	30.90	596
	4	110000	10.732.942	97.57	36.14	348	973	4.058.833	36.89	43.97	973
	5	10500	1.915.157	182.39	67.55	62	185	954.035	90.86	10.33	185
X	1	3000	435.641	145.21	53.78	14.15	44.13	223.186	74.39	2.41	44.13
	2	30000	2.967.024	98.90	36.63	96.43	271	1.272.041	42.40	13.78	271
	3	60000	7.103.483	118.39 1	43.85	230.09	685	3.307.514	55.12	35.83	685
	4	110000	11.450.314	104.09	38.55	372	1065	4.699.760	42.72	50.91	1065
	5	10500	2.171.235	206.78	76.59	70.5	217.5	1.101.672	105	11.96	217
Y	1	3000	388.756	129.58	47.99	12.63	41.02	263.765	87.92	2.85	41.02
	2	30000	2.659.430	88.64	32.83	86.43	260	1.503.321	50.11	16.28	260
	3	60000	6.362.732	106.04	39.27	206.8	647.67	3.908.880	65.14	42.34	647.67
	4	110000	10.345.950	94.05	34.83	336	1026	5.554.261	50.49	60.18	1026
	5	10500	1.947.383	185.46	68.69	63.3	203.91	1.305.522	124.33	14.14	203.91
Z	1	3000	353.361	117.78	43.62	11.48	37.9	294.200	98.06	3.18	37.9
	2	30000	2.466.732	82.22	30.45	80.17	248.5	1.676.781	55.89	18.16	248.5
	3	60000	5.851.772	97.52	36.12	190.12	609.37	4.359.905	72.66	47.23	609.37
	4	110000	9.662.868	87.84	32.53	314.06	986.87	6.195.138	56.31	67.11	986.87
	5	10500	1.783.851	169.89	62.92	57.97	190.26	1.456.159	138.68	15.77	190.26

Tabla 29

MEMORIA DE CÁLCULO

Aeropuerto	Zona Climática	Sup Climatizada m ²	REFRIGERACIÓN					CALEFACCIÓN			
			Carga W	Pot frigorif W/m ²	Pot elec W/m ²	Pot Bombas KW	Pot Ventilado res KW	Carga W	Pot calorif W/m ²	Pot Bombas KW	Pot Ventilado res KW
Agoncillo-Logroño	Y	3126	448.873	142.14	52.64	14.46	47.60	307.494	98.37	3.33	47.60
Ampl. Term. A Barcelona	W	11960	1.322.085	110.54	40.94	42.97	124.85	723.163	60.46	7.83	124.85
Fuerteventura Actual	V	30000	2.584.697	86.16	31.91	84.01	237.06	578.200	19.27	6.26	237.06
Fuerteventura NAT	V	60000	5.962.681	99.37	36.80	193.80	571.08	1.503.416	25.05	16.29	571.08
La Gomera	V	3000	349.059	116.35	43.09	11.34	34.78	101.448	33.81	1.10	34.78
Dique Norte Madrid	Y	10500	1.947.383	185.47	68.69	63.30	203.91	1.305.522	124.33	14.14	203.91
Madrid NAT	Y	200000	20.495.589	102.48	37.96	666.16	2180.43	10.011.025	50.055	108.46	2180.43
Málaga NAT	W	110000	10.732.942	97.57	36.13	348.84	973.81	4.058.883	36.90	43.97	973.81
Málaga Picasso	W	69000	6.756.958	97.93	36.27	219.61	613.84	2.433.974	35.27	26.37	613.84
Menorca Actual	W	21841	2.473.427	113.25	41.94	80.39	235.23	977.073	44.74	10.59	235.23
Menorca NAT	W	60000	5.762.396	96.04	35.57	187.29	519.93	1.107.325	35.20	22.88	519.93
Valladolid	Z	3250	389.381	119.81	44.37	12.66	41.86	296.567	91.25	3.21	41.86

Tabla 30

El aeropuerto de Zaragoza está en zona Y, y entre los modelos de aeropuerto 1 y 2. (NSE – E – 3 Ed.1 pag. 93) que ofrecen cargas de climatización de entre 600 y 1000 kW. Así mismo se puede comparar con otros aeropuertos de su mismo tamaño y zona climática como el de Valladolid.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores tomamos como carga de climatización los siguientes valores:

Potencia Total Normal de climatización (kW) = 700 kW

Potencia Total Emergencia de climatización (kW) = 230 kW

Potencia Total Continuidad de climatización(kW) = 0 kW

Considerando la nueva estimación de carga de climatización, finalmente tomamos como valores de diseño los siguientes:

Potencia Total Normal (kW) = 1600 kW

Potencia Total de Emergencia (kW) = 1000 kW

Potencia Total de Continuidad (kW) = 400 kW

3-. DIMENSIONAMIENTO DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

3.1-. CONDICIONES DE SERVICIO

3.1.1-. Temperatura Ambiente

Se debe encontrar entre una temperatura ambiente mínima de 25°C y temperatura ambiente superior de 40°C. La temperatura normalizada del agua para refrigeración es de 25°C. La temperatura de referencia del aeropuerto de Zaragoza es de 31°C.

3.1.2-. Altitud

El aeropuerto de Zaragoza tiene una elevación de 263 m sobre el nivel del mar cumpliendo la restricción de altura de los transformadores.

3.1.3-. Armónicos

La onda de tensión va a ser prácticamente sinusoidal.

3.1.4-. Sobrecargas

Los transformadores se pueden cargar por encima de los valores asignados, dentro de ciertos límites.

3.2-. POTENCIA ASIGNADA

La potencia aparente demanda es la máxima en régimen permanente de potencias activa y reactiva con las baterías desconectadas añadiéndose las pérdidas del transformador en potencia activa y reactiva. Tomamos como referencia la potencia contratada 1200 kW, manteniendo un margen de reserva mínima de un 10%, tenemos una potencia asignada del transformador de 1600 kVA.

3.3-. TENSIONES ASIGNADAS DE LOS ARROLLAMIENTOS (U_i)

3.3.1-. Arrollamiento de Alta Tensión

El valor de la tensión asignada del arrollamiento de alta tensión es igual al valor de la tensión nominal de la red a que está conectada.

Para los arrollamientos la tensión más elevada soportada por el material (U_m) es de 17,5 kV y la tensión asignada de los mismos (U_i) es de 15 kV.

3.3.2-. Arrollamiento de Baja Tensión

Para el arrollamiento de baja tensión la tensión asignada es de 420 V. La tensión más elevada para el arrollamiento de baja tensión es 1,1 kV.

3.4-. TOMAS DE VACIO

El arrollamiento de alta tensión esta provisto de las tomas correspondientes de $\pm 2 \times 2,5 \%$.

3.5-. GRUPO DE CONEXIÓN

El grupo de conexión será Dyn11.

3.6-. IMPEDANCIA DE CORTOCIRCUITO

Las impedancias de cortocircuito de los transformadores para distribución sumergidos en líquido, se han dimensionado atendiendo a la norma UNE 21428-1. La impedancia normalizada será 6%.

3.7-. NIVELES DE AISLAMIENTO

3.7.1-. Arrollamiento de Alta Tensión

Los valores asignados de la tensión soportada de corta duración a frecuencia industrial y de la tensión soportada a impulsos de tipo rayo son los indicados en la tabla 31 de la norma UNE-EN 60076-3

Niveles de aislamiento para arrollamientos de alta tensión						
Tensión más elevada para el material (kV)	3,6	7,2	12	17,5	24	36
Tensión soportada de corta duración a frecuencia industrial (kV)	10	20	28	38	50	70
Tensión soportada con impulsos tipo rayo (kV)	40	60	75	95	125	170

Tabla 31: Niveles de aislamiento para arrollamientos de alta tensión (UNE-EN 60076-3)

-Tensión más elevada para el material (kV): 17,5

-Tensión soportada de corta duración a frecuencia industrial (kV): 38

-Tensión soportada con impulsos tipo rayo (kV): 95

3.7.2-. Arrollamiento de Bajo Tensión

La tensión soportada de corta duración a frecuencia industrial es de 10 kV y la tensión soportada por impulsos de tipo rayo entre los arrollamientos y la tierra es de 20 kV cresta.

3.8-. CÁLCULO DE LA CAÍDA DE TENSIÓN

ΔU : caída de tensión (%)

U_{BT} : tensión asignada secundaria

U_{BC} : tensión secundaria

R : resistencia del transformador (%)

X : reactancia del transformador (%)

φ : ángulo de desfase entre tensión e intensidad de la carga

I_{BC} : intensidad secundaria

I_{BT} : intensidad secundaria asignada del transformador

$$\Delta U(\%) = (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sen \varphi) \frac{I_{BC}}{I_{BT}}$$

Consideramos que el ángulo de desfase entre tensión e intensidad de carga es cero grados, ya que tenemos corregido el factor de potencia a la unidad, por lo tanto atendiendo a la expresión anterior $\Delta U(\%)=1,8$ (valor teórico)

3.9-. AJUSTE DE TOMAS EN VACIO

Los transformadores disponen de tomas en vacío con escalones de regulación de 2,5 %

Para consumidores de baja tensión diseñados para funcionar correctamente dentro del ± 10 % de la tensión nominal, y en la mayor parte de los casos dentro del ± 5 % de la misma.

*REFORMA Y ADECUACIÓN A LA NORMATIVA AENA DE LA CENTRAL ELÉCTRICA DEL AEROPUERTO DE
ZARAGOZA*

4.- DIMENSIONAMIENTO DE LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS

4.1-. GENERALIDADES

Las fuentes de autogeneración a emplear son los grupos electrógenos. En situación de emergencia se alimentan mediante gasoil.

El sistema de arranque de los grupos electrógenos tiene la capacidad de permitir al menos cinco arranques consecutivos.

Las cargas alimentadas desde los grupos electrógenos son aquellas que admitan un tiempo de interrupción igual o superior a 15 segundos y que sean requeridas durante la emergencia de la instalación con una autonomía de 24 horas. Además de las cargas anteriores, las cargas de continuidad y esenciales se conectan al sistema de emergencia antes de que se termine su autonomía.

4.2-. GENERACIÓN EN ALTA TENSIÓN

Se instala un transformador por grupo electrógeno que constituye con junto con él mismo un bloque de autogeneración. Los transformadores de los bloques presentan devanados en triángulo en el lado primario y en estrella con neutro accesible en el secundario.

La tensión de salida del grupo electrógeno es de 400 V.

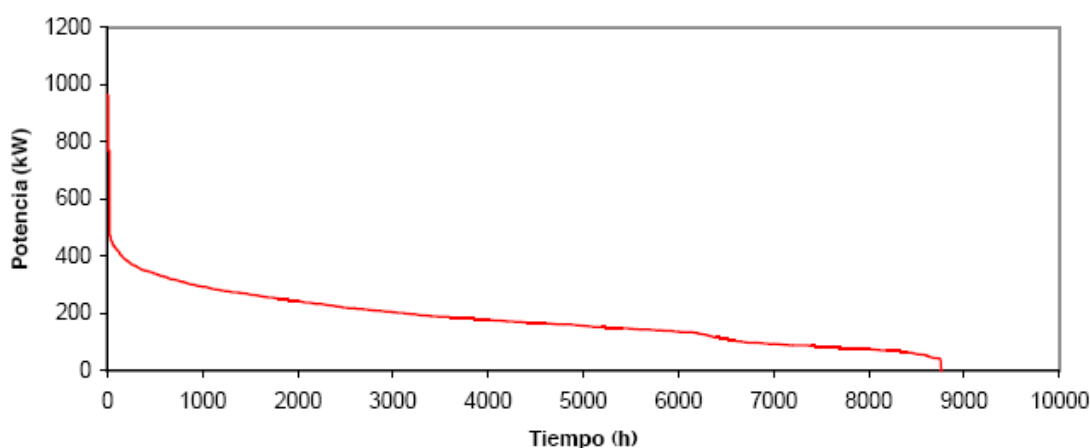


Figura 33: Curva de carga de los grupos electrógenos

4.3-. POTENCIA DE EMERGENCIA

La potencia de emergencia utilizada como referencia para el cálculo de la potencia de los grupos de emergencia se ha estimado en 1.000 kW, 1.250 kVA. Se ha tenido en cuenta un margen mínimo de sobredimensionamiento para posibles crecimientos de la instalación de al menos 10%.

4.3.1-. Número de Unidades de Autogeneración

La autogeneración de emergencia se fracciona en varias unidades para garantizar una mayor fiabilidad y disponibilidad del sistema dentro de parámetros económicos aceptables.

En nuestro caso tenemos 2 unidades de autogeneración.

4.4-. MÁRGENES DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE EMERGENCIA

En funcionamiento en modo isla o de emergencia, el sistema debe cumplir una serie de condiciones mínimas en cuanto a frecuencia y variación de tensión tanto en régimen permanente como durante los transitorios tras los escalones de conexión de cargas.

Las magnitudes relacionadas con la tensión se aplican principalmente al alternador, a la excitatriz y al regulador de tensión, mientras que las magnitudes relacionadas con la velocidad de la máquina y la frecuencia del sistema están relacionadas principalmente con el motor de combustión y el regulador de velocidad de la máquina.

Se indican a continuación las condiciones requeridas a los grupos electrógenos funcionando aislados de la red exterior:

- Estatismo de los grupos electrógenos 0,5%. En el caso de estar funcionando aislado de la red exterior, uno de los grupos funciona en régimen isócrono para mantener la frecuencia de la instalación.

- Banda de variación de la frecuencia en régimen permanente $\leq 0,5\%$ [ISO 8528-5].

- Límite de frecuencia en régimen transitorio:

- Máxima frecuencia en caso de desconexión del 100% de carga:
55 Hz.

- Mínima frecuencia en caso de conexión de un escalón de carga al grupo: 46,5 Hz.
- Tiempo máximo de restablecimiento de la frecuencia al 98% tras el transitorio de conexión de escalones: 3s (ISO 8528-5).
- Durante los periodos de recuperación de los transitorios provocados por los escalones de conexión de cargas, la velocidad de los grupos no supera el 115% de su velocidad de sincronismo.
- Banda de variación de la tensión en régimen permanente 0,5%.
- Límite de tensión en régimen transitorio:
 - Máxima tensión en caso de desconexión del 100% de carga: 120 % ($\leq + 20\%$ [UNE EN 60034-22];[ISO 8528-5])
 - Mínima tensión en caso de conexión de un escalón de carga al grupo: 85 % ($\leq - 15\%$ [UNE EN 60034-22];[ISO 8528-5])
- Tiempo máximo de restablecimiento de la tensión al 90% tras el transitorio de conexión de escalones: 1,5 s [UNE EN 60034-22];
- La tensión de consigna en vacío puede ser regulada en un $\pm 5\%$ respecto a la tensión asignada [UNE EN 60034-22].

4.5-. TRANSFORMADORES DE LOS BLOQUES DE AUTOGENERACIÓN

4.5.1-. Potencia Asignada

La potencia aparente demandada es la máxima en régimen permanente de potencias activa y reactiva con las baterías desconectadas añadiéndose las pérdidas del transformador en potencia activa y reactiva. Tomaremos como referencia la potencia de los grupos electrógenos. Necesitamos transformadores de potencia 1.250 kVA.

4.5.2-. Tensiones Asignadas de los Arrollamientos (U_r)

4.5.2.1-. Arrollamiento de Alta Tensión

El valor de la tensión asignada del arrollamiento de alta tensión es igual al valor de la tensión nominal de la red a que está conectada.

Para los arrollamientos la tensión más elevada soportada por el material (U_m) es de 17,5 kV y la tensión asignada de los mismos (U_r) es de 15 kV.

4.5.2.2-. Arrollamiento de Baja Tensión

Para el arrollamiento de baja tensión la tensión asignada es de 420 V. La tensión más elevada para el arrollamiento de baja tensión es 1,1 kV.

4.5.3-. Tomas de Vacío

El arrollamiento de alta tensión esta provisto de las tomas correspondientes de tomas de $\pm 2 \times 2,5 \%$.

4.5.4-. Grupo de Conexión

El grupo de conexión será Dyn11.

4.5.5-.Impedancia de Cortocircuito

Las impedancias de cortocircuito de los transformadores para distribución sumergidos en líquido se han dimensionado atendiendo a la norma UNE 21428-1. La impedancia normalizada será 6%.

4.5.6-. Niveles de Aislamiento

4.5.6.1-. Arrollamiento de Alta Tensión

Los valores asignados de la tensión soportada de corta duración a frecuencia industrial y de la tensión soportada a impulsos de tipo rayo son los indicados en la tabla 31.

- Tensión más elevada para el material (kV): 17,5
- Tensión soportada corta duración a frecuencia industrial (kV): 38
- Tensión soportada con impulsos tipo rayo (kV): 95

4.5.6.2-. Arrollamiento de Baja Tensión

La tensión soportada de corta duración a frecuencia industrial es de 10 kV y la tensión soportada por impulsos de tipo rayo entre los arrollamientos y la tierra es de 20 kV cresta.

4.5.7-. Cálculo de la Caída de Tensión

ΔU : caída de tensión (%)

U_{BT} : tensión asignada secundaria

U_{BC} : tensión secundaria

R : resistencia del transformador (%)

X : reactancia del transformador (%)

φ : ángulo de desfase entre tensión e intensidad de la carga

I_{BC} : intensidad secundaria

I_{BT} : intensidad secundaria asignada del transformador

$$\Delta U(\%) = (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sen \varphi) \frac{I_{BC}}{I_{BT}}$$

Consideramos que el ángulo de desfase entre tensión e intensidad de carga es cero grados, ya que tenemos corregido el factor de potencia a la unidad, por lo tanto atendiendo a la expresión anterior $\Delta U(\%)=1,5$ (valor teórico).

4.5.8-. Ajuste de las Tomas de Vacío

Los transformadores disponen de tomas en vacío con escalones de regulación de 2,5 %

Para consumidores de baja tensión diseñados para funcionar correctamente dentro del ± 10 % de la tensión nominal, y en la mayor parte de los casos dentro del ± 5 % de la misma.

5-. DIMENSIONAMIENTO DE CABLES DE ALTA TENSIÓN

5.1-.CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO

Para la determinación de la sección de los conductores, se precisa realizar un cálculo en base a tres criterios.

- Intensidad máxima admisible por el cable en servicio permanente.
- Intensidad máxima admisible en cortocircuito durante un tiempo determinado.
- Caída de tensión.

Debido a que el cable seleccionado en este proyecto es de Prysmian (Pirelli) se ha hecho uso de las recomendaciones y tablas de dicho fabricante.

5.1.1-. Elección del Nivel de Aislamiento de los Cables

Se emplean cables de tensión asignada U_0/U de 12/20 kV aislados de etileno propileno (EPR).

Tenemos entonces que la categoría de nuestra red es la C

5.1.2-. Elección de la Sección Mínima de Conductor por Cortocircuito

Las intensidades máximas de cortocircuito admisibles en los conductores se han calculado según la norma UNE 21192.

Para el cálculo de las densidades de corriente se han considerado las temperaturas especificadas en la tabla 2 de la norma UNE 20435-2. En el cálculo se considera que todo el calor desprendido durante el proceso es absorbido por los conductores ya que su masa es muy grande en comparación con la superficie de disipación de calor y la duración del proceso es relativamente corta (proceso adiabático). Las densidades de corriente se calculan según la ecuación siguiente:

$$\frac{I_{cc}}{S} = \sqrt{\left(\frac{k}{t_{cc}} \cdot \ln \frac{\beta + \theta_f}{\beta + \theta_i}\right)}$$

I_{cc} : corriente de cortocircuito (A)

S : sección del conductor (mm^2)

k : es una constante dependiente del material conductor

β : es la inversa del coeficiente de variación de la resistencia con la temperatura del material conductor ($^{\circ}\text{C}$)

θ_f : temperatura final del cortocircuito ($^{\circ}\text{C}$)

θ_i : temperatura inicial del cortocircuito ($^{\circ}\text{C}$)

t : duración del cortocircuito (s)

Utilizamos conductores de aluminio para los k toma un valor de 148 y β un valor de 228. Para este caso la ecuación queda del siguiente modo:

$$\frac{I_{cc}}{S} = \frac{K}{\sqrt{t_{cc}}}$$

cuyos resultados podemos observar en la tabla 32.

I_{cc} : corriente de cortocircuito (A);

S : sección del conductor (mm^2);

K : coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de las temperaturas (θ_i) y (θ_f);

t : duración del cortocircuito (s).

La tabla 32 muestra las densidades máximas admisibles en cortocircuito en función de falta y del material del conductor.

XLPE, EPR y HEPR	$\theta_i - \theta_f$ (K)	Duración del cortocircuito (s)									
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Conductores de cobre	160	449	318	259	201	183	142	116	100	90	82
Conductores de aluminio	160	294	203	170	132	121	93	76	66	59	54

Tabla 32: Densidad de corriente máxima admisible de cortocircuito (A/mm^2)

Para las acometidas a barras principales de la central eléctrica se recomienda un tiempo de 1 s para facilitar la coordinación de los relés de protección.

Nos queda una densidad máxima admisible de cortocircuito de $93 \text{ A}/\text{mm}^2$,

por lo tanto una superficie del cable de 215 mm². La sección necesaria atendiendo a los valores establecidos por la norma es 240 mm².

A continuación se comprobará si para esta sección se cumplen los demás criterios.

5.1.3-. Elección de la Sección Mínima de la Pantalla

Atendiendo a la norma se utiliza una pantalla formada por una corona de alambres de cobre de diámetro inferior a 1 mm y sección total conjunta de 16 mm², la intensidad de cortocircuito admisible en amperios para la duración de un cortocircuito de 0,2 s es de 6080 A.

5.1.4-. Elección de la Sección Mínima del Conductor por Calentamiento según Método de instalación

5.1.4.1-. Recomendaciones de Carácter General

Atendiendo a los cálculos anteriormente realizados tomamos un cable de una sección de 240 mm² de EPR.

Se agrupan por ternas unipolares a tresbolillo. Cada terna contiene un unipolar de cada fase.

Se dispone el orden de las ternas según se indica a continuación para el caso de ternas al mismo nivel: RST, TSR, RST.....

Se separan las ternas entre sí una distancia mayor de 15 cm.

5.1.4.2-. Recomendaciones sobre Coeficientes de Corrección por Agrupación de Cables Directamente Enterrados a la misma Profundidad

Para cables trifásicos o ternas al tresbolillo a la misma profundidad, se han utilizado los factores de corrección de las tablas que se muestran a continuación.

1-. Cables enterrados en terrenos con temperatura del mismo distinta de 25°C

10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C
1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78

Tabla 33: factores de corrección para cables enterrados en terrenos con temperatura del mismo distinta de 25°C

2-. Cables enterrados directamente o en conducciones en terrenos de resistencia térmica diferente de $100^{\circ}\text{C}\cdot\text{cm}/\text{W}$

Tipo de cable	Resistividad térmica del terreno ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{cm}/\text{W}$)					
	70	100	120	150	200	250
Unipolares	1,09	1,00	0,93	0,85	0,75	0,68
Tripolares	1,07	1,00	0,94	0,87	0,78	0,71

Tabla 34: factores de corrección para cables enterrados directamente o en conducciones en terrenos de resistencia térmica diferente de $100^{\circ}\text{C}\cdot\text{cm}/\text{W}$

3-. Cables trifásicos o ternas de cables agrupados bajo tierra

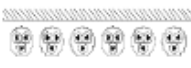
	Clase de tendido	Nº de cables en la zanja							
		2	3	4	5	6	8	10	12
	Cables situados con una separación aproximada de 7 cm (espesor de un ladrillo)	0,85	0,75	0,68	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50
	En contacto	0,80	0,70	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50	0,47

Tabla 35: factores de corrección para cables trifásicos o ternas de cables agrupados bajo tierra

4-. Cables enterrados en zanja a diferentes profundidades

Tipo de instalación	Profundidad de instalación (cm)				
	70	100	120	150	200
100	1,03	1,00	0,98	0,96	0,94
120	1,05	1,02	1,00	0,98	0,96

Tabla 36: factores de corrección para cables enterrados en zanja a diferentes profundidades

Aplicando los criterios anteriores en una situación tipo como la que nos encontramos, comprobamos que cumplimos el criterio de intensidad máxima. Los resultados se muestran en la tabla 37.

- Considerando una temperatura de terreno de 25°C (1)
- Considerando una resistividad térmica del terreno de $100^{\circ}\text{C}\cdot\text{cm}/\text{W}$ (2)
- Considerando una zanja donde van agrupadas dos ternas (3)
- Considerando una profundidad de zanja de 100 cm (4)

I _N (A)	I _{max} soportada por el cable sin f.c (A)	Factores Correctores				Factor Cables Paralelo	I _{max} soportada por el cable con f.c (A)	Cumple Criterio
		1	2	3	4			
61,58	400	1	1	0,85	1	0,9	340	Cumple

Tabla 37: resultados por el criterio de intensidad máxima

5.2-. CÁLCULO DE LA CAÍDA DE TENSIÓN

La ecuación general de la caída de tensión en una línea trifásica es:

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

ΔU : caída de tensión (V)

U: tensión en línea (V)

I: intensidad de línea (I)

L: longitud de línea (km)

r: resistencia por unidad de longitud (Ω/km)

x: reactancia a por unidad de longitud (Ω/km)

φ : ángulo de desfase entre tensión e intensidad de la carga

La fórmula puede tomar la siguiente forma:

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot U \cdot L}{U^2} \cdot \frac{\cos \varphi (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)}{\cos \varphi} = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot L}{U^2} \cdot (R + X \cdot \tan \varphi)$$

Se recomienda un $\cos \varphi$ en lado de alta tensión de 0,93 ($\tan \varphi = 0,4$).

Consideramos la caída de tensión del centro de transformación más alejado, que en nuestro caso es de 800 m. Obtenemos resistencia y reactancia por unidad de longitud de las tablas 38 y 39.

MEMORIA DE CÁLCULO

Resistencia a la frecuencia de 50Hz.

Sección nominal mm ²	Resistencia máxima en c.a y a 90°C en Ω/Km.			
	Cables Unipolares		Cables Tripolares	
	Cu	Al	Cu	Al
10	2310	-	2346	-
16	1455	2392	1479	2431
25	0.918	1513	0.936	1542
35	0.663	1093	0.675	1112
50	0.490	0.800	0.499	0.0822
70	0.339	0.558	0.345	0.568
95	0.245	0.403	0.249	0.410
120	0.195	0.321	0.197	0.324
150	0.159	0.262	0.161	0.265
185	0.127	0.209	0.129	0.212
240	0.098	0.161	0.099	0.163
300	0.078	0.128	-	-
400	0.062	0.102	-	-
500	0.051	0.084	-	-

Tabla 38: Resistencia a 50 Hz según sección y material.

Tenemos una resistencia de 0,161 Ω/km

Reactancia a la frecuencia de 50Hz.

Sección nominal mm ²	Reactancia X en Ω/km. por fase							
	Tensión nominal del cable							
	1,8/3 kV	3,6/6 kV	6/10 kV	8,7/15 kV	12/20 kV	15/25 kV	18/30 kV	26/45 kV
Tres cables unipolares en contacto mutuo								
10	0.135	-	-	-	-	-	-	-
16	0.126	-	-	-	-	-	-	-
25	0.118	0.125	0.134	0.141	-	-	-	-
35	0.113	0.118	0.128	0.135	0.140	-	-	-
50	0.108	0.113	0.122	0.128	0.130	0.140	0.148	-
70	0.101	0.106	0.115	0.120	0.122	0.130	0.137	-
95	0.099	0.102	0.110	0.115	0.116	0.121	0.129	-
120	0.095	0.098	0.106	0.111	0.112	0.118	0.123	-
150	0.093	0.096	0.102	0.108	0.109	0.115	0.118	0.132
185	0.089	0.093	0.100	0.104	0.106	0.110	0.113	0.127
240	0.088	0.090	0.097	0.101	0.103	0.106	0.109	0.120
300	0.086	0.088	0.093	0.097	0.099	0.103	0.105	0.115
400	0.085	0.086	0.091	0.095	0.095	0.100	0.103	0.111
500	0.084	0.084	0.089	0.092	0.093	0.096	0.099	0.106

Tabla 39: Reactancia a 50 Hz según sección y material.

Tenemos una reactancia de 0,103 Ω /km.

Por lo tanto si entramos con estos datos en la expresión tenemos una caída de tensión menor del 3% ($\Delta U \% = 1,6$), como estipula la norma, dentro de lo admisible para la sección elegida.

6-. DIMENSIONAMIENTO DE LAS CANALIZACIONES

6.1-. GENERALIDADES

El objeto del presente apartado es dimensionar las canalizaciones eléctricas del proyecto.

6.2-. CRITERIOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

El dimensionamiento de las principales canalizaciones eléctricas: tubos corrugados, bandejas y zanjias para cables se realiza de acuerdo con el procedimiento de cálculo que se describe en los apartados siguientes.

6.3-. DIMENSIONAMIENTO DE LOS TUBOS CORRUGADOS

El diámetro del tubo corrugado se selecciona según los siguientes criterios:

- Se calcula el área que ocupa el alimentador mediante la fórmula

$$S_T = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot N$$

S_T : Área total del alimentador en mm².

D : Diámetro exterior nominal de cada cable, de acuerdo con los datos del fabricante.

N : Número de cables que forman el alimentador.

- Se calcula el área del tubo, S_{tub} a partir de la fórmula

$$S_{tub} = \frac{S_T \cdot 100}{X}$$

S_{tub} : Sección interior útil del tubo en mm².

X : Porcentaje de llenado del tubo en función del número de cables o conductores.

En general, y a efectos de cálculo, se toma un porcentaje de llenado de un 50%, quedando por lo tanto una reserva del 50%.

- Se determina el diámetro del tubo corrugado mediante:

$$d_{tub} = \sqrt{\frac{4 \times S_{tub}}{\pi}}$$

Los tubos que se van a emplear en la instalación eléctrica, que sólo se usan cuando los conductores discurran por calzada o en cruces de calles, son básicamente de PVC de pared gruesa embebidos en hormigón, para todos los pasos y cruces de calles.

Siguiendo la metodología de cálculo anterior, se dimensiona el diámetro de los tubos corrugados necesarios.

Para las ternas de los anillos con conductores HEPRZ1 12/20 kV 1x240 k Al+H16, el dato de partida es el diámetro exterior del cable igual a 39,3 mm. Adoptamos 40 mm.

Los cálculos son los siguientes:

$$\begin{aligned} S_T &= \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot N = \frac{\pi \cdot 40^2}{4} \cdot 3 = 3770 \text{ mm}^2 \\ S_{tub} &= \frac{S_T \cdot 100}{x} = \frac{3770 \times 100}{50} \cdot 1 = 7540 \text{ mm}^2 \\ d_{tub} &= \sqrt{\frac{4 \cdot S_{tub}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 7540}{\pi}} \approx 97,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

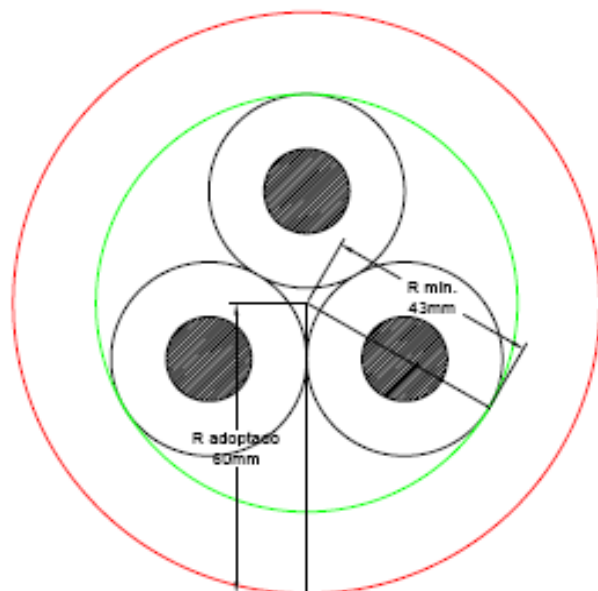


Figura 34: Sección canalización con terna de conductores

Puede darse el caso, en que la reserva sea suficiente pero el diámetro de la tubular no sea el adecuado, por esta razón se ha comprobado también el diámetro mínimo de la tubular a partir del cual es posible introducir una terna cables. El diámetro mínimo interior de la tubular para poder introducir una terna de cables es de 86 mm.

Cabe destacar que las normas particulares y condiciones técnicas de ENDESA en su capítulo 5, establecen que los conductores deben ir siempre bajo tubo de polietileno de 160 mm o 200 mm de diámetro nominal que cumplirán con las normas UNE-EN 50086.

Se ha hecho uso del catálogo de la empresa TUBOS PERFILADOS S.A. y del modelo ULTRATP-I. Está remarcado el tubo seleccionado en la figura 35.

En su defecto es válido cualquier otro tubo de características equivalentes.



CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: ≥ 450 Nw. (5% deformación máx). UNE-EN50.086-2-4
- RESISTENCIA AL IMPACTO:

Uso normal (Caída libre -5°C). (UNE-EN50.086-2-4)
Ø nominal ≤ 60 : 15 Julios.
Ø nominal 61 a 90: 20 Julios.
Ø nominal 91 a 140: 28 Julios.
Ø nominal > 140 : 40 Julios.
- RESISTENCIA AL CURVADO: Curvable.
(Radio de curvatura mínimo 15 veces el diámetro del tubo)
- TEMPERATURAS DE TRABAJO: Desde -20°C, hasta +100°C.
- TEMPERATURA DE REBLANDECIMIENTO VICAT: $\geq 100^\circ\text{C}$.
- OTRAS CARACTERÍSTICAS: MATERIAL EXENTO DE HALÓGENOS.

DIMENSIONALES

TIPO	40	50	63	75	90	110	125	140	160	200
Diámetro EXTERIOR mm.	40	50	63	75	90	110	125	140	160	200
Tolerancia	+0.8	+1	+1.2	+1.4	+1.7	+2	+2.3	+2.6	+2.9	+3.6
Diámetro INTERIOR mín.	30	37	47	56	67	82	94	106	120	150

Figura 35: Catálogo tubos perfilados S.A.

6.4-. DIMENSIONAMIENTO DE BANDEJAS

Las bandejas que serán instaladas cuando los conductores discurren por galería son de acero galvanizado para las distintas áreas de planta.

El porcentaje de llenado máximo de la bandeja se establece en el 70%, con lo cual el porcentaje de reserva previsto es de un 30%.

El cálculo de la sección de bandeja necesaria se obtiene a partir de la fórmula:

$$S = k \cdot \frac{100 + R}{100} \cdot n$$

Donde:

S: Sección total necesaria de la bandeja en mm².

k: coeficiente corrector de la colocación de cables, debido a su geometría.

k= 1,2 para cables de control.

k= 1,4 para cables de fuerza y alumbrado.

R: Porcentaje de reserva previsto.

n: Suma de secciones de los cables a instalar en la bandeja.

Como criterio general, para el llenado de bandejas, se parte de la consideración de dos capas de cable por bandeja, lo que con toda seguridad garantiza los porcentajes de reserva previstos.

Una vez determinadas las dimensiones de bandeja necesarias, se procede a su validación teniendo en cuenta la carga lineal por metro y la distancia prevista entre apoyos.

Los datos de carga para el tipo y sección escogidos, se han consultado en los catálogos del fabricante de bandejas.

Las bandejas que se van a instalar cuando los conductores discurren por galería llevan como máximo 4 circuitos, es decir 4 ternas de conductores HEPRZ1 12/20 kV 3x240k Al+HM16.

Tipo de Cable	Diámetro Exterior (mm)	Sección ocupada por terna (mm ²)	Nº Ternas	Sección Total (mm ²)	Peso de un Conductor (kg/m)	Peso Total (kg/m)
3x240 mm ²	40	3.770	4	15.080	2,153	25,84

Tabla 40: datos de partida para el dimensionamiento de bandejas

De acuerdo a lo expuesto en la tabla 40 consideramos los siguientes datos:

- Sección total ocupada: 15.080 mm².
- Peso total: 25,84 kg/m
- Factor de sobrecarga: 70%

Y, por lo tanto, la sección necesaria de la bandeja:

$$S = 1,4 \times \frac{100 + 30}{100} \times 15080 = 27.445,6 \text{ mm}^2$$

Escogemos una bandeja con una superficie igual o mayor a S y que sea capaz de soportar 25,84 kg/m como mínimo.

*REFORMA Y ADECUACIÓN A LA NORMATIVA AENA DE LA CENTRAL ELÉCTRICA DEL AEROPUERTO DE
ZARAGOZA*

Bandejas tipo Perfil de Seguridad -PS-®

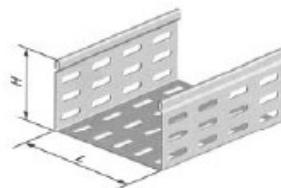
Altura de ala: **75 mm.**

Longitud: S 3 m, bajo demanda 6 m. GC 3 m.

Perforaciones colisas 7x25 mm; distancia 24 mm; paso 40 mm.



Material: -S- Chapa de acero galvanizado por el procedimiento Sendzimir (Z 275) según norma UNE EN 10142.



Designación	Código	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Masa (kg/m)	DS (m)	CM (kg/m)
PS 7575100S	001100	72	1.00	1.51	3.00	20.0
PS 10075100S	001101	96	1.00	1.66	2.80	24.0
PS 15075100S	001103	144	1.00	1.97	2.45	36.0
PS 22575100S	001106	216	1.00	2.44	2.00	53.0
PS 32575125S	001110	312	1.25	3.82	2.15	75.0
PS 40075150S	001114	408	1.50	5.52	2.20	100.0
PS 50075150S	001118	504	1.50	6.45	2.00	120.0
PS 60075150S	001122	600	1.50	7.43	1.90	142.0

DS: Distancia entre soportes para CM.

CM: Carga teórica máxima en cables U 1000 RO 2V.

Figura 36: Catálogo bandejas CES

En este caso se ha hecho uso del catálogo de la empresa CES. Hemos remarcado la bandeja seleccionada en la figura 36, que tiene una superficie útil de 408x75 mm² y es capaz de soportar 100 kg/m, con una distancia entre soportes de 2,20 m. En su defecto es válida cualquier otra bandeja equivalente.

7-. DIMENSIONAMIENTO DE CABINAS DE ALTA TENSIÓN

7.1-. CONDICIONES DE SERVICIO

7.1.1-. Condiciones Ambientales

Los equipos considerados son de instalación interior. Las condiciones de servicio son las de la tabla 41:

Condiciones ambientales de servicio	
Altitud sobre el nivel del mar	Inferior a 1.000
Temperatura media ambiente máxima medida en un periodo de 24 h (°C)	35
Temperatura media ambiente mínima en un periodo de 24 h (°C)	-5 / -15 / -25
Humedad relativa media medida en un periodo de 24 h (%)	95
Presión de vapor de agua medio medido en un periodo de 24 h (kPa)	2,2
Humedad relativa media medida en un periodo de un mes (%)	≤ 90
Presión de vapor de agua media medida en un periodo de un mes (kPa)	≤ 1,8

Tabla 41: Condiciones ambientales de servicio para las cabinas de alta

7.1.2-. Condiciones Eléctricas

Se muestra en la tabla 42 la gama mínima de condiciones de servicio eléctricas a especificar.

Condiciones eléctricas de servicio	
Variaciones de tensión a frecuencia nominal de la red (%)	± 7
Variaciones de frecuencia a tensión nominal de la red (%)	± 5
Variación combinada tensión-frecuencia (%)	± 5%

Tabla 42: Condiciones eléctricas de servicio para las cabinas de alta

7.2-. CARACTERÍSTICAS ASIGNADAS DE LAS CABINAS

7.2.1-. Tensión Asignada más Elevada para El Material

La tensión asignada de las cabinas se selecciona en función de la tensión nominal de la red.

7.2.2-. Nivel de Aislamiento

Los valores del nivel de aislamiento asignado para la apareamiento metálica son las indicadas en la tabla 43, de la norma UNE-EN 60694.

Tensión nominal de red (kV)	3/3,3	6/6,6	10/11	13,2/15	20	25/30	45
Tensión más elevada para el material (valor eficaz kV)	3,6	7,2	12	17,5	24	36	52
Tensión soportada asignada de corta duración a frecuencia industrial (valor eficaz kV)	10	20	28	38	50	70	95
Tensión soportada asignada con impulsos tipo rayo (valor de cresta kV)	40	60	75	95	125	170	250

Tabla 43: Nivel de aislamiento para apareamiento metálica.

Tomamos como referencia la columna de tensión nominal de red de 13,2/15 kV.

El valor de la tensión soportada corresponde a las condiciones atmosféricas normalizadas de referencia (temperatura, presión, humedad) especificada en CEI 71-1.

7.2.3-. Frecuencia Asignada

El valor normal de la frecuencia asignada es 50 Hz.

7.2.4-. Corriente Asignada en Servicio Continuo y Calentamiento

7.2.4.1-. Corriente Asignada en Servicio Continuo

Hemos seguido las especificaciones de la norma UNE-EN 60694 para la selección de la corriente asignada en servicio continuo de la apareamiento bajo envolvente metálica.

CORRIENTE ASIGNADA EN LA LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN

Potencia de diseño = 1600 kVA

(Multiplicamos por un factor de corrección de 1,25)

Nos queda una corriente asignada = 154 A

Según la norma tenemos finalmente que la corriente asignada para la cabina de alta tensión es de 400 A.

CORRIENTE ASIGNADA EN EL LADO DE ALTA TENSIÓN DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

Potencia de diseño de los transformadores = 1600 kVA

(Multiplicamos por un factor de corrección de 1,25)

Nos queda una corriente asignada = 77 A

Según la norma tenemos finalmente que la corriente asignada para la cabina de alta tensión es de 400 A.

CORRIENTE ASIGNADA EN EL LADO DE BAJA TENSIÓN DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

Potencia de diseño de los transformadores = 1600 kVA

(Multiplicamos por un factor de corrección de 1,25)

Nos queda una corriente asignada = 2880 A

Según la norma tenemos finalmente que la corriente asignada para la cabina de alta tensión es de 3150 A.

CORRIENTE ASIGNADA EN LADO DE ALTA EN LOS TRANSFORMADORES ASOCIADOS A LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS

Corriente asignada al generador = 48,1 A

(Multiplicamos por un factor de corrección de 1,15)

Nos queda una corriente asignada al generador = 55,3 A

Según la norma tenemos finalmente que la corriente asignada para la cabina de alta tensión es de 400 A.

CORRIENTE ASIGNADA ASOCIADA A LA IMPEDANCIA DE PUESTA A TIERRA

Teniendo en cuenta la intensidad térmica de puesta a tierra nos queda una corriente asignada de 400 A.

UNIÓN DE BARRAS

La corriente asignada de diseño es de 400 A.

7.2.4.2-. Corrientes de Cortocircuito

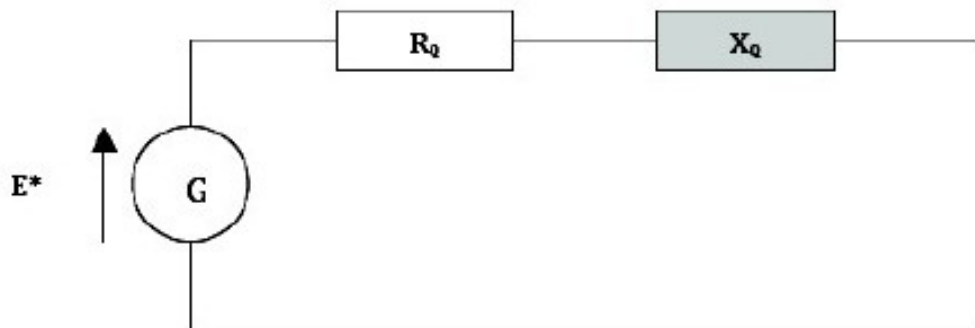
Las corrientes de cortocircuito se han calculado de acuerdo con la UNE-EN 60909-0 y UNE-EN 61865-1.

La potencia de cortocircuito según la compañía es $S' = 500$ MVA

CÁLCULO DE IMPEDANCIAS EQUIVALENTES

La impedancia equivalente de cada elemento está referida alta.

-.Circuito Equivalente de la RED



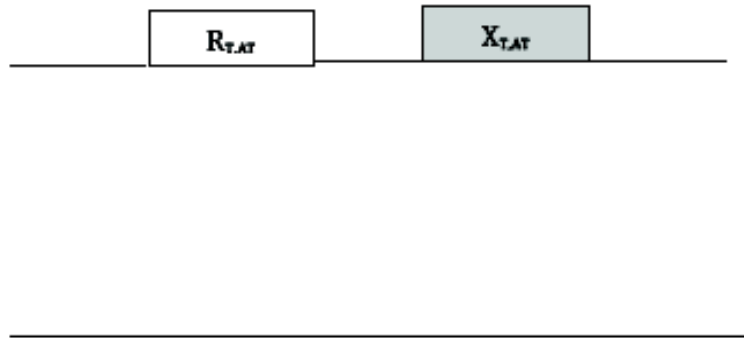
$$Z_Q = c(U_{nAT}^2 / S'_{QK}) = 1,1(15000^2 / 500 \cdot 10^6) = 0,495 \Omega$$

$$R_Q = 0,1 \cdot X_Q \rightarrow Z_Q^2 = 1,01 \cdot X_Q^2$$

$$X_Q = 0,495^2 / \sqrt{(1,01)} = 0,492 \Omega \rightarrow R_Q = 0,0492 \Omega$$

$$E^* = 1,1(U_{nAT} / \sqrt{(3)}) = 1,1(15000 / \sqrt{(3)}) = 9526,1 V$$

-.Circuito Equivalente de los Transformadores Conectados a Alta (Distribución)



Como

$$U_{nAT} = 15 \text{ kV}$$

$$I_{nAT} = 61,58 \text{ A}$$

quedando entonces:

$$Z_{T,AT} = u_{KT} \cdot (U_{nAT} / \sqrt{3}) / I_{nAT} \rightarrow$$

$$\rightarrow = 0,06 (15000 / \sqrt{3}) / 61,58 = 8,44 \Omega$$

$$R_{T,AT} / X_{T,AT} = 0,20 \rightarrow X_{T,AT} = 8,27 \Omega$$

$$R_{T,AT} = 1,65 \Omega$$

-.Circuito Equivalente de los Transformadores Conectados a los Grupos Electrógenos

Como

$$U_{nAT} = 15 \text{ kV}$$

$$I_{nAT} = 48,11 \text{ A}$$

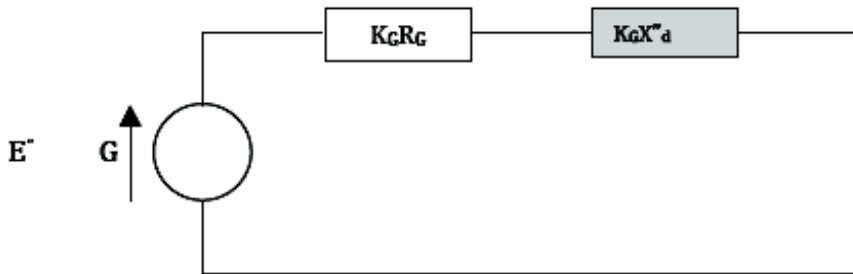
quedando entonces:

$$Z_{T,AT} = u_{KT} \cdot (U_{nAT} / \sqrt{3}) / I_{nAT} = 10,8 \Omega$$

$$R_{T,AT} / X_{T,AT} = 0,20 \rightarrow X_{T,AT} = 10,59 \Omega$$

$$R_{T,AT} = 2,12 \Omega$$

-. Circuito Equivalente de los Generadores



Datos: $U_G = 400 \text{ V} ; I_G = 1804 \text{ A} ; \mu_d = 0,126$

$$X'_d = (\mu_d / I_d) (U_G / \sqrt{3}) = 0,01612 \Omega$$

$$R_G = 2,4192 \cdot 10^{-3}$$

Impedancias referidas a Alta Tensión

$$(X'_d)_{AT} = (X'_d)_{BT} \cdot (U_2/U_1)^2 = 22,68 \, \Omega; R_G = 2,4 \, \Omega$$

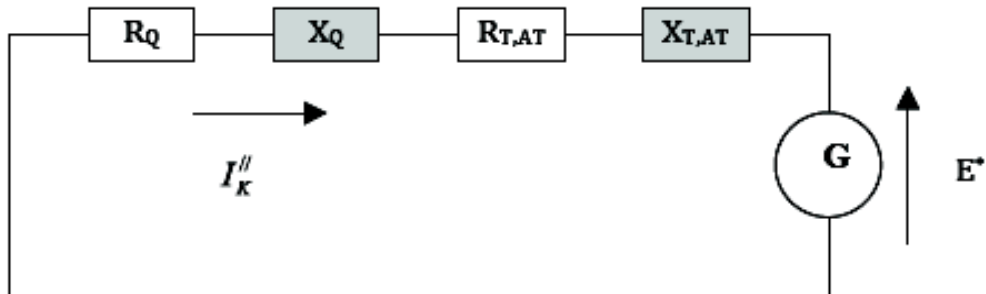
CÁLCULO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

Las impedancias e intensidades están referidas al lado de alta de los transformadores.

-. Corriente de Cortocircuito en las Barras de Alta tensión

Según la norma $I''_K = 20 \text{ kA}$

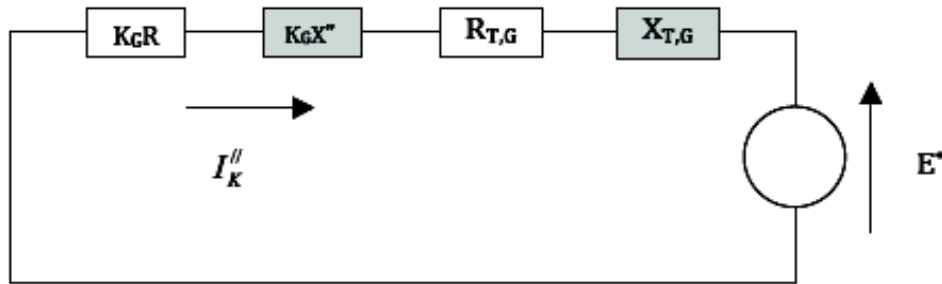
-. Corriente de Cortocircuito en Barras de Baja Tensión



$$Z_{TOT} = \sqrt{((R_Q + R_{T,AT})^2 + (X_Q + X_{T,AT})^2)} = 8,92 \, \Omega$$

$$I''_K = E^* / Z_{TOT} = 1680 \text{ A}$$

- Corriente de Cortocircuito en Barras de Alta Tensión con la Red Desconectada y los Grupos Electrógenos Conectados

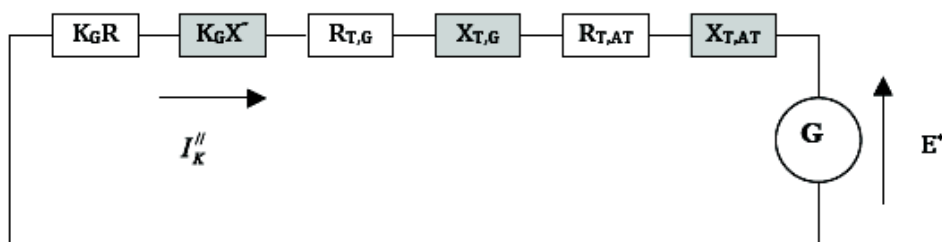


$$Z_{TOT} = \sqrt{((R_G + R_{T,AT})^2 + (X_G + X_{T,AT})^2)} = 41,88 \Omega$$

$$I_K'' = E^* / Z_{TOT} = 0,227 \text{ kA}$$

Si tenemos en cuenta la intensidad por el primario del transformador la Intensidad de cortocircuito $I_K'' = 8,5 \text{ kA}$.

- Corriente de Cortocircuito en Barras de Baja Tensión con la Red Desconectada y los Grupos Electrógenos Conectados



$$Z_{TOT} = \sqrt{((R_G + R_{T,AT} + R_{T,G})^2 + (X_G + X_{T,AT})^2 + X_{T,G}^2)} = 50,3 \Omega$$

$$I_K'' = E^* / Z_{TOT} = 0,189 \text{ kA}$$

CORRIENTE ADMISIBLE ASIGNADA DE CORTA DURACIÓN

Los valores de las corrientes admisibles asignadas de corta duración de la aparamenta bajo envolvente metálica (tabla 44) están de acuerdo con la norma UNE-EN 60694.

NIVEL DE AISLAMIENTO DE LA RED kV	INTENSIDAD ASIGNADA ADMISIBLE DE CORTA DURACIÓN kA (1 s)	VALOR DE CRESTA DE LA INTENSIDAD NOMINAL ADMISIBLE kA
≤ 24 kV	20	50
$24 < U_n \leq 36$	16	40
$36 < U_n \leq 52$	*	*

Tabla 44: Corrientes admisibles asignadas de corta duración

Nuestros valores son los correspondientes a la primera fila.

La capacidad térmica de la cabina y todos sus componentes, permiten el paso de la corriente admisible de corta duración durante la duración de cortocircuito asignada, sin que se produzcan daños ni deformaciones permanentes en los distintos elementos que lo componen.

La cabina y todos sus componentes son capaces de soportar los esfuerzos térmicos y dinámicos resultantes del valor eficaz de la corriente admisible asignada de corta duración sin tener en cuenta la acción limitada del conjunto relé-interruptor sobre la corriente de cortocircuito.

DURACIÓN DE CORTOCIRCUITO ASIGNADA

La duración de cortocircuito asignada de las cabinas se especifica de acuerdo con la norma UNE-EN 60694. Este tiempo no será mayor de 1 segundo.

7.2.4.3-. Circuitos Auxiliares y de Mando**TENSIÓN ASIGNADA DE ALIMENTACIÓN A LOS DISPOSITIVOS DE APERTURA Y CIERRE Y DE LOS CIRCUITOS AUXILIARES Y DE MANDO**

-. Corriente Alterna: 230 V ($\pm 10\%$) para alumbrado y resistencias anticondensación y 400 V ($\pm 10\%$) para motores de los seccionadores.

-. Corriente Continua: 24 V ($\pm 10\%$) para los elementos de control, medida y protección.

PROTECCIÓN Y MEDIDA DE LOS CIRCUITOS AUXILIARES

Todos los circuitos auxiliares de control van equipados con dispositivos de desconexión y protección magnetotérmico mediante interruptor automático, siguiendo la norma UNE-EN 60947.

Los voltímetros se conectan a los circuitos de media a través de fusibles de alta capacidad de ruptura.

FRECUENCIA ASIGNADA DE ALIMENTACIÓN DE LOS CIRCUITOS AUXILIARES

La frecuencia asignada de alimentación de los dispositivos de apertura y cierre y de los circuitos auxiliares y de mando de las cabinas, para el caso de tensión en corriente alterna, es 50 Hz.

7.3-. APARAMENTA

7.3.1-. Interruptor Automático

Las intensidades asignadas de las acometidas de los diferentes aparatos de interrupción son iguales a los de aparamenta de corte.

Si tenemos en cuenta las corrientes asignadas en servicio continuo calculadas anteriormente, las intensidades de los interruptores automáticas son las mismas.

La intensidad asignada de los interruptores de las cabinas es según la norma UNE-EN 60265-1 de 400 A para todos los seccionadores de la parte de alta. Para los seccionadores situados en la parte de baja de los transformadores de distribución la intensidad asignada es de 3.150 A.

Los esfuerzos dinámicos de los embarrados y aisladores de apoyo son los correspondientes a los valores de cresta, 50 kA.

7.3.2-. Seccionador de Puesta a Tierra.

Tenemos en cuenta las mismas intensidades que para los interruptores automáticos.

7.3.3-. Transformadores de Medida

7.3.3.1-. Transformadores de Intensidad

Son capaces de soportar al menos durante un segundo el esfuerzo térmico correspondiente a la corriente admisible asignada de corta duración.

La intensidad asignada secundaria será 5 A.

La clase de precisión de los transformadores de precisión situados en los acoplamientos de las cabinas así como los conectados a los relés diferenciales es 5P20. La clase de precisión para los devanados de medida es clase 0,5 y los de tarificación 0,2.

7.3.4-. Protecciones frente a Sobretensiones en el Sistema de Generación

En las cabinas de medida y protección conectadas al sistema de generación, se dispone de condensadores para limitar las sobretensiones de origen atmosférico procedentes del lado de alta tensión y transmitida al sistema de generación a través del transformador principal. El dimensionamiento de la capacidad se ha realizado de acuerdo en lo indicado en la norma UNE-EN 60.071-2. Se dispone de condensadores de 0,5 μF /fase.

El pararrayos, situado en la cabina de medida para proteger principalmente el generador, protege el sistema frente a sobretensiones de origen atmosférico y sobretensiones de maniobra.

7.3.5-. Conductor de Puesta a Tierra de las Cabinas

Se ha cumplido lo establecido en la norma UNE-EN 60298 así como lo siguiente.

Las barras de puesta a tierra de las cabinas están conectadas por un lado a los extremos de la barra y por otro a la malla o anillo de puesta a tierra por dos conductores en puntos separados.

El conductor de tierra está constituido por una pletina de cobre de 200 mm², prevista para la corriente admisible asignada de corta duración.

*REFORMA Y ADECUACIÓN A LA NORMATIVA AENA DE LA CENTRAL ELÉCTRICA DEL AEROPUERTO DE
ZARAGOZA*

8-. CRITERIOS DE AJUSTE PARA PROTECCIONES EN EL SISTEMA DE ALTA TENSIÓN

8.1-. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

La topología de la red de alta tensión sobre la cual se realiza el estudio de protecciones consta de dos embarrados principales de distribución interconectados entre sí, donde cada uno recibe la alimentación exterior y también recibe la generación de emergencia. Desde estos embarrados principales se da alimentación a los transformadores de servicios auxiliares y a los diferentes anillos. En base a esta topología se considera:

- los embarrados principales de distribución están en la misma central eléctrica.
- la generación de emergencia se produce en una única central de emergencia.
- los grupos de emergencia generan a una tensión inferior a la distribución del aeropuerto, y se evacúa a través de transformadores formando conjuntos transformador-alternador de emergencia, en donde el transformador solo evacúa la generación de un único grupo de emergencia.
- los transformadores anteriores van directamente conectados a las dos barras principales de distribución.
- la topología de los anillos es, anillos simples con solo interruptores automáticos en las cabeceras del anillo y seccionadores en todas las acometidas a los centros de transformación del anillo.
- cuando el nivel de falta a tierra en el sistema de alta tensión se instala neutro artificial que se conecta sólo en el caso de trabajo en isla.

8.2-. AJUSTE DE PROTECCIONES EN EL SISTEMA DE ALTA TENSIÓN

8.2.1-. Criterios Generales

8.2.1.1-. Dispositivos de Protección contra Sobreintensidad

Con carácter general, en alta tensión solo se utilizan relés electrónicos indirectos.

Se utilizan relés con tolerancia muy pequeña y transformadores de intensidad con poco error.

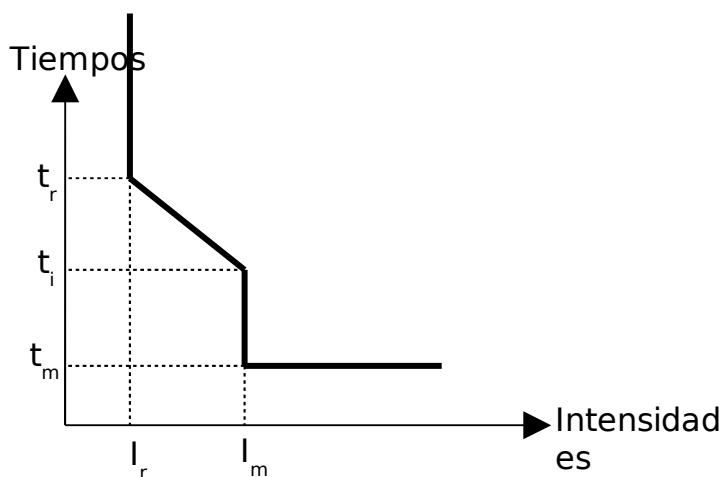


Figura 37: Curva tiempo/intensidad para relés.

I_r = Intensidad de disparo por sobrecarga.

I_m = Intensidad de disparo por cortocircuito.

t_r , t_i , t_m definen las banda de tolerancia.

8.2.1.2-. Precisión de los Equipos

PRECISIÓN RELATIVA A LA MAGNITUD CARACTERÍSTICA DE LOS RELÉS DE TIEMPO INDEPENDIENTE Y DEPENDIENTE

Tomamos un margen de error de un 5%.

CORRIENTE DE FUNCIONAMIENTO DE LOS DISPARADORES DE SOBREINTENSIDAD

El disparador de sobreintensidad actúa con corrientes que exceden al 110% de la corriente de regulación, y no actúa con corrientes iguales o inferiores al 90% de esta corriente de regulación.

ERRORES DE LOS TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

Para los ajustes de sobreintensidad de fase se ha tenido en cuenta el error de un transformador de intensidad.

Clase de precisión	Error de intensidad para la intensidad primaria asignada (%)	Desfase para la intensidad primaria asignada		Error compuesto para la intensidad primaria límite de precisión (%)
		Minutos	Centirradiantes	
5 P	1	60	1,8	5
10 P	3	-	-	10

Tabla 45: Errores de los transformadores de intensidad.

Como la cadena de coordinación es larga, se utilizan transformadores con clase de precisión 5P debido a su menor error. Los transformadores de intensidad correspondientes a las protecciones de los transformadores de distribución no se saturan para un valor inferior al de ajuste del elemento a tiempo independiente con actuación instantánea, mientras que para el resto de los casos, los transformadores de intensidad no se saturan para el valor de cortocircuito máximo que pueda permitirse.

Para los ajustes de sobreintensidad de falta a tierra se ha tenido en cuenta el error en la medida (el error a considerar es el del propio transformador toroidal, precisión de 3/10.000 de la corriente de fase)

8.2.1.3-. Detección de la Falta a Tierra.

En la protección de la falta a tierra en los transformadores de distribución, la detección de dicha falta se hace por medio de transformadores toroidales.

Para el resto de situaciones se utiliza la conexión residual, ya que el tiempo independiente de estas protecciones esta temporizado.

8.3-. AJUSTE PARA PROTECCIÓN DE CABLES

8.3.1-. Ajuste de los Relés Indirectos de Disparo de Sobreintensidad de Fase.

Cables de Alta Tensión que van de la Línea de Distribución hasta los Centros de Transformación de Distribución

La intensidad nominal que lo atraviesa es $I_N = 61,58$ A.

Tomamos un margen para la intensidad de cortocircuito de un 20%.

Usamos un factor de corrección de un 5% para tener en cuenta el error asociado a los transformadores de intensidad y a los relés de los disyuntores de potencia.

Las características de los transformadores de intensidad asociados son:

- Intensidad por el Primario: 75 A
- Intensidad por el Secundario: 5 A
- Límite de Error para Sobreintensidades: 5%

Ahora ya podemos calcular la corriente que pasa por el secundario

$$I_n^{secundario} = (5/75) \cdot I_n^{primario} = 4,1 \text{ A}$$

Parámetros	Márgenes
I_r	$1,3 \cdot 1,05 \cdot I_N$
I_m	$0,8 \cdot 1,05 \cdot I_{cc}$
t_r	0,3 s
t_m	0,03 s
t_i	0,05 s

Tabla 46: parámetros de curva de disparo en cables de alta.

Parámetros	Márgenes	I por el primario (T.I.)
I_r	5,59	83,95
I_m	1.120	16.800

Tabla 47: parámetros de curva de disparo en cables de alta.

La curva de disparo correspondiente a los resultados de las tablas 47 y 48 se muestra en la figura 36.

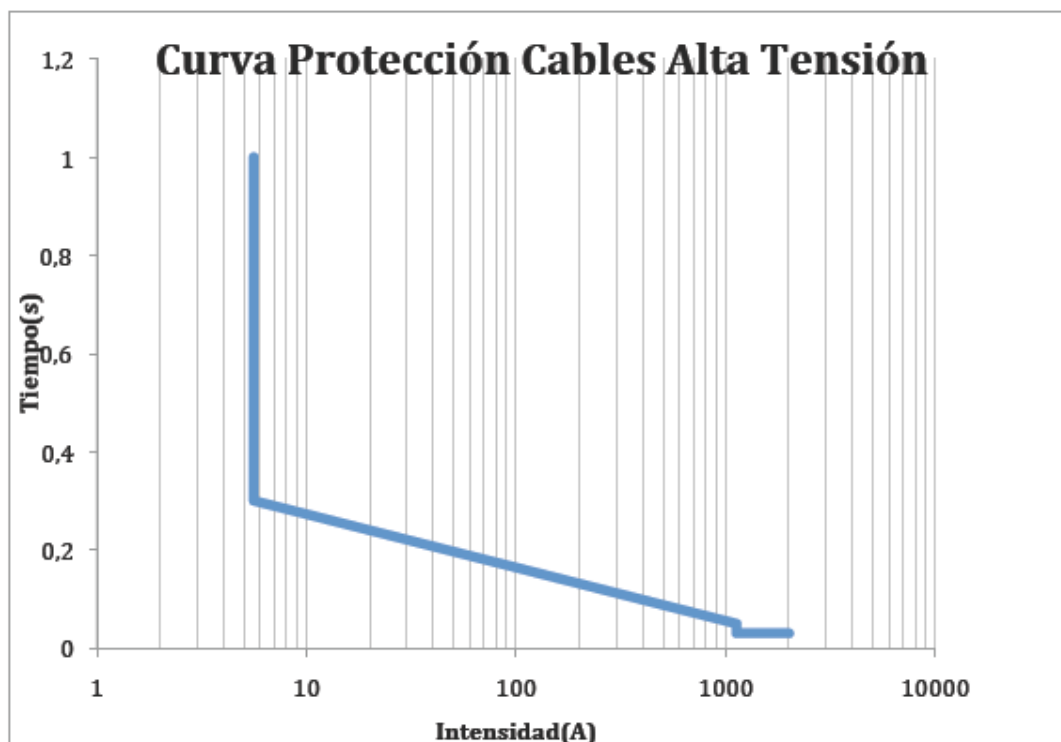


Figura 36: Curva de disparo en protecciones de cables de alta tensión

(Nota: La escala de las intensidades es Logarítmica)

8.3.2-. Ajuste de los Relés Indirectos de Disparo de Sobreintensidad de Falta a Tierra

La pantalla de los cables soporta el nivel máximo de defecto monofásico durante el tiempo máximo que tardan las protecciones en despejarlo.

8.4-. AJUSTE PARA PROTECCIÓN DE LOS CABLES DE LOS ANILLOS CONTRA DEFECTOS EN EL PROPIO CABLE

Para la protección de los cables de los anillos se ha descartado la protección de sobreintensidad de fase direccional debido a que para poder conocer la dirección es necesario hacer medidas del desfase entre la corriente y la tensión, y es indispensable que ésta última tenga amplitud suficiente (0,5% al 2% del valor nominal, ya que de lo contrario la protección no funciona, salvo que dispongan memoria de tensión).

La protección habitual para proteger los cables de los anillos es la de SOBREENSIDAD DIFERENCIAL, con actuación instantánea para despejar cortocircuitos monofásicos y trifásicos. Con esta protección se pueden detectar

defectos y despejarlos de forma instantánea tanto si el anillo se explota en abierto como si se explota en cerrado. Esta protección no necesita ser coordinada por ninguna otra ya que solo detecta defectos internos. Los criterios de ajuste son los siguientes:

- tipo de ajuste. Se utiliza el ajuste a porcentaje;
- valor de ajuste del porcentaje

$$A(\%) = 150 \times \frac{\overline{I_1} - \overline{I_2}}{\frac{|I_1| + |I_2|}{2}}$$

- I_1 : Intensidad máxima de cortocircuito que atraviesa el circuito, considerando el error máximo del transformador de intensidad de forma positiva;
- I_2 : Intensidad máxima de cortocircuito que atraviesa el circuito, considerando el error máximo del transformador de intensidad de forma negativa.

Por lo tanto, tenemos $A(\%) = 2$

Con este ajuste, y considerando que durante un cortocircuito monofásico producido en el propio cable, el error de los transformadores de intensidad es del 1% (error bastante inferior al indicado para el cortocircuito trifásico ya que la falta a tierra será de mucho menor valor por estar limitada), con esta protección se pueden despejar defectos monofásicos siempre que estos no superen el 18% de la intensidad que circula por los cables para alimentar las cargas del anillo.

8.5-. AJUSTE PARA PROTECCIÓN DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

8.5.1-. Ajuste de los Relés Indirectos de Disparo para Protección de Sobreintensidad de Fase con Interruptor Automático

Se coordina con el relé de acometida al cuadro de baja tensión.

Protección del Lado de Alta

La intensidad nominal que lo atraviesa es $I_N = 61,58$ A.

La corriente de cortocircuito más baja que aparece en la central eléctrica corresponde al funcionamiento en isla de los grupos electrógenos, que es igual a $I_{cc}'' = 189 \text{ A}$. A este valor le aplicamos un factor corrector de 1,3 para tener en cuenta las tolerancias del relé y el error del transformador de alta tensión. Tratamos de imponer que la corriente I_m quede como mínimo un 20% por debajo de la intensidad de cortocircuito correspondiente. Por lo tanto $I_{cc} = 197 \text{ A}$. Tenemos en cuenta un factor corrector de 1,16 en el caso de transformadores con conexión triángulo-estrella para mantener la coordinación ante un defecto bifásico en el lado de baja.

Estamos dentro del margen 2-20 que nos pide la norma.

Las características de los transformadores de intensidad asociados son:

- Intensidad por el Primario 75 A
- Intensidad por el Secundario 5 A
- Límite de Error para Sobreintensidades 5

Ahora ya podemos calcular la corriente que pasa por el secundario.

$$I_n^{secundario} = (5/75) \cdot I_n^{primario} = 4,1 \text{ A}$$

Parámetros	Márgenes
I_r	$1,3 \cdot 1,16 \cdot I_N$
I_m	$1,16 \cdot I_{cc}$
t_r	0,6 s
t_m	0,33 s
t_i	0,35 s

Tabla 48: parámetros de curva de disparo en protecciones de los trafos de distribución (Lado Alta)

Parámetros	Márgenes	I por el primario (T.I.)
I_r	6,18	92,7
I_m	15,2	228

Tabla 49: parámetros de curva de disparo en protecciones de los trafos de distribución (Lado Alta)

Protección del Lado de Baja

La intensidad nominal que lo atraviesa es $I_N = 2.309 \text{ A}$.

Para que la protección aguas arriba coordine con él, el ajuste de la protección aguas arriba es igual al de aguas abajo, solo que las magnitudes estan calculadas respecto el lado de baja.

Estamos dentro del margen 2-20 que nos pide la norma.

A partir de esto calculamos las características de los transformadores de intensidad asociados.

- Intensidad por el Primario 2500 A
- Intensidad por el Secundario 5 A
- Límite de Error para Sobreintensidades 5

Ahora ya podemos calcular la corriente que pasa por el secundario.

$$I_n^{secundario} = (5/2500) \cdot I_n^{primario} = 4,618 \text{ A}$$

Parámetros	Márgenes
I_r	$1,3 \cdot 1,16 \cdot I_N$
I_m	$1,16 \cdot I_{cc}$
t_r	0,3 s
t_m	0,03 s
t_i	0,05 s

Tabla 50: parámetros de curva de disparo en protecciones de los trafos de distribución (Lado Baja)

Parámetros	Márgenes	I por el primario (T.I.)
I_r	6,96	2.309
I_m	17,2	8.569,5

Tabla 51: parámetros de curva de disparo en protecciones de los trafos de distribución (Lado Baja)

8.5.2-. Ajuste de los Relés Indirectos de Disparo de Sobreintensidad de Falta a Tierra

Como hemos utilizado interruptor automático se instalan transformadores toroidales, y el ajuste del relé será el indicado anteriormente.

8.6-. PROTECCIÓN DE LOS TRANSFORMADORES DE GENERACIÓN DE EMERGENCIA

Para cada grupo se utilizan conjuntos transformador-alternador, y desde el primario del transformador se da alimentación a los dos devanados principales con un interruptor automático en cada embarrado (estando ambos enclavados).

8.6.1-. Ajuste del Relé Indirecto de Disparo de sobreintensidad de fase

La intensidad nominal que lo atraviesa es $I_N = 48,11$ A.

La corriente de cortocircuito más baja que aparece en la central eléctrica corresponde al funcionamiento en isla de los grupos electrógenos, que es igual a $I_{cc} = 227$ A. . A este valor le aplicamos un factor corrector de 1,5 para tener en cuenta las tolerancias del relé y el error del transformador de alta tensión. Trataremos de imponer que la corriente I_m quede como mínimo un 20% por debajo de la intensidad de cortocircuito correspondiente. Por lo tanto $I_{cc} = 272,4$ A

Las características de los transformadores de intensidad asociados son:

- Intensidad por el Primario 50 A
- Intensidad por el Secundario 5 A
- Límite de Error para Sobreintensidades 5

Ahora ya podemos calcular la corriente que pasa por el secundario.

$$I_n^{secundario} = (5/50) \cdot I_n^{primario} = 4,8 \text{ A}$$

Parámetros	Márgenes
I_r	$1,25 \cdot I_N$
I_m	I_{cc}
t_r	0,6 s
t_m	0,33 s
t_i	0,35 s

Tabla 52: parámetros de curva de disparo en protecciones de los grupos de emergencia

Parámetros	Márgenes	I por el primario (T.I.)
I_r	6	90
I_m	27,24	272,4

Tabla 53: parámetros de curva de disparo en protecciones de los grupos de emergencia

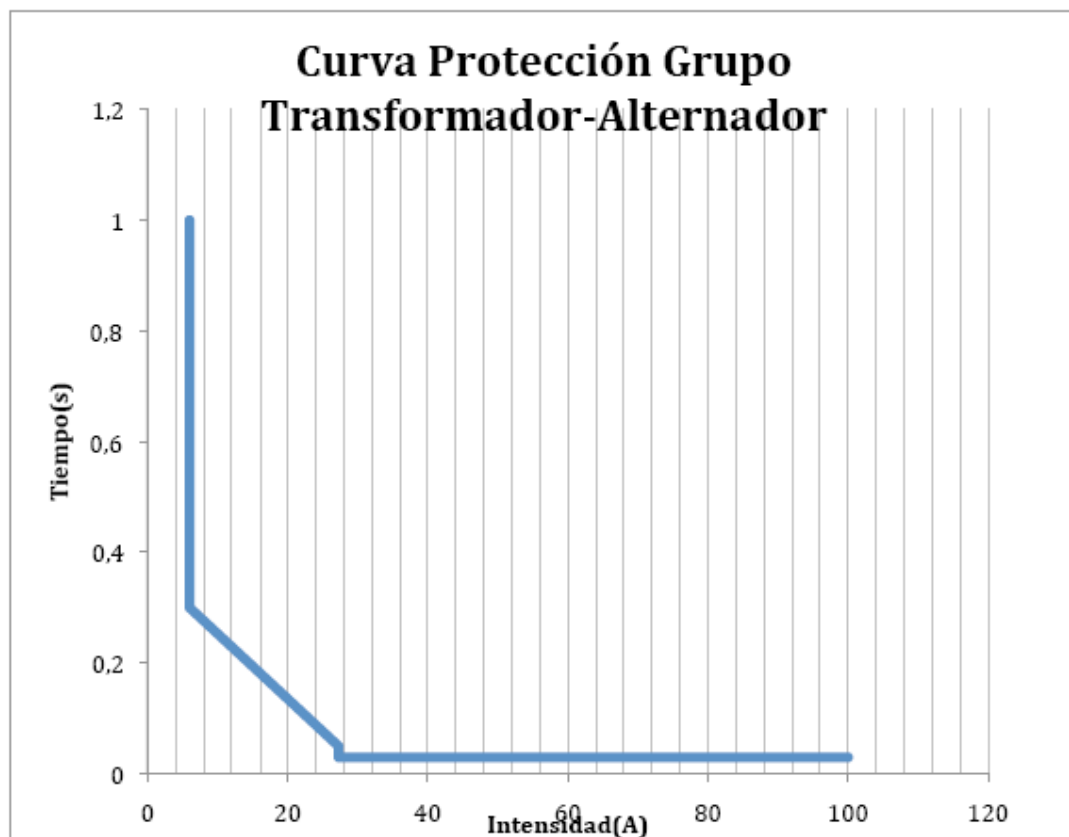


Figura 37: Curva disparo grupo transformador - alternador

8.6.2-. Ajuste del Relé Indirecto de Disparo de Sobreintensidad de Falta a Tierra

El relé es a tiempo independiente con actuación instantánea y se ajusta al valor mínimo teniendo en cuenta la tolerancia del relé y que no debe actuar como consecuencia del error que introduce el toroidal cuando es atravesado por la intensidad de cortocircuito simétrica máxima (aportación de la red exterior más los grupos) correspondiente a un defecto trifásico franco en las barras de distribución, multiplicado por 1,5 para tener en cuenta la asimetría del defecto.

8.6.3-. Protección Diferencial del Bloque Transformador-Alternador

La protección diferencial del bloque transformador-alternador con actuación instantánea abarca el alternador, el cable de conexión del alternador con el transformador, el transformador, y los cables de conexión de cada uno de los embarrados principales de distribución con el transformador.

8.7-. PROTECCIÓN DE LOS EMBARRADOS PRINCIPALES DE DISTRIBUCIÓN

A las barras principales se les dota de protección diferencial, de forma que tanto un defecto monofásico como trifásico en ellas sea despejado de forma instantánea.

8.7.1-. Ajuste del Relé Indirecto de Disparo de Sobreintensidad de fase del Interruptor de Acometida.

La intensidad nominal es igual a $I_N=123,16$ A

Los transformadores de intensidad asociados son:

- Intensidad por el Primario 125 A
- Intensidad por el Secundario 5 A
- Límite de Error para Sobreintensidades 5

Ahora ya podemos calcular la corriente que pasará por el secundario.

$$I_n^{secundario} = (5/125) \cdot I_n^{primario} = 4,92 \text{ A}$$

Tomamos como factor de corrección del error de los transformadores de intensidad y tolerancia de los transformadores un 5%.

La intensidad de cortocircuito es la establecida por la norma, si dejamos un margen de un 20%.

Parámetros	Márgenes
I_r	$1,25 \cdot 1,05 \cdot I_N$
I_m	$0,8 \cdot 1,05 \cdot I_{cc}$
t_r	0,9 s
t_m	0,63 s
t_i	0,65 s

Tabla 54: parámetros de curva de disparo en protecciones de embarrados de distribución

Parámetros	Márgenes	I por el primario (T.I.)
I_r	6,47	161,6
I_m	800	20.000

Tabla 55: parámetros de curva de disparo en protecciones de embarrados de distribución

8.8-. PROTECCIÓN DE LA REACTANCIA DE PUESTA A TIERRA

El caso más crítico es el cortocircuito de fase a tierra en las barras de baja tensión. Calculamos la intensidad de puesta a tierra correspondiente.

Se considera la impedancia de derivación a tierra $Z_F = 0$ y se hacen las siguientes aproximaciones:

Para la línea:

$$R_d = R_i = R_L = 0,0492 \, \Omega ; X_d = X_i = X_L = 0,492 \, \Omega$$

$$R_h \simeq (3 \sim 4) R_L ; X_h \simeq (2 \sim 4) X_L$$

Para los trafos:

$$R_d = R_i = R_T = 1,65 \, \Omega ; X_d = X_i = X_T = 8,27 \, \Omega$$

$$R_h \simeq R_T ; X_h \simeq (0,9 \sim 1) X_T$$

La componente homopolar no pasa de un devanado a otro cuando uno de los dos devanados del transformador está en triángulo, tenemos en este caso en cuenta la impedancia homopolar.

La tensión de la fuente equivalente en este caso será, por media tensión:

$$E_k'' = c \cdot (U_n / \sqrt{3}) = 9.526 \, V$$

Y aplicando la ley de Ohm al circuito equivalente anterior:

$$I_k'' = 3 \cdot E_k'' / (Z_L + Z_i + Z_h + 3Z_F) = 1,601 \, A$$

8.8.1-. Ajuste del Relé indirecto de Disparo de Sobreintensidad de fase

En cuanto al elemento de tiempo inverso, ajustándose a la norma, la intensidad asignada del relé electrónico es la tercera parte del 6% de la intensidad de falta a tierra corregida al tener en cuenta los errores del transformador de intensidad y el relé.

Al ajuste del elemento independiente del relé electrónico es igual a la intensidad de falta a tierra multiplicado por el error de los transformadores de intensidad y las tolerancias de los relés a coordinar, y dividido por tres. Consideramos un margen para la intensidad de puesta a tierra de un 20%.

Consideramos un error del 5%.

- Intensidad por el Primario 40 A
- Intensidad por el Secundario 5 A
- Límite de Error para Sobreintensidades 5

Ahora ya podemos calcular la corriente que pasa por el secundario.

$$I_n^{secundario} = (5/40) \cdot I_n^{primario} = 4,2 \text{ A}$$

Parámetros	Márgenes
I_r	$1,05 \cdot I_N$
I_m	$1,05 \cdot I_{ft}$
t_r	60 s
t_m	1 s
t_i	2 s

Tabla 56: parámetros de curva de disparo en protecciones de reactancia de puesta a tierra

Parámetros	Márgenes	I por el primario (T.I.)
I_r	4,41	2.309
I_m	56,1	448,28

Tabla 57: parámetros de curva de disparo en protecciones de reactancia de puesta a tierra

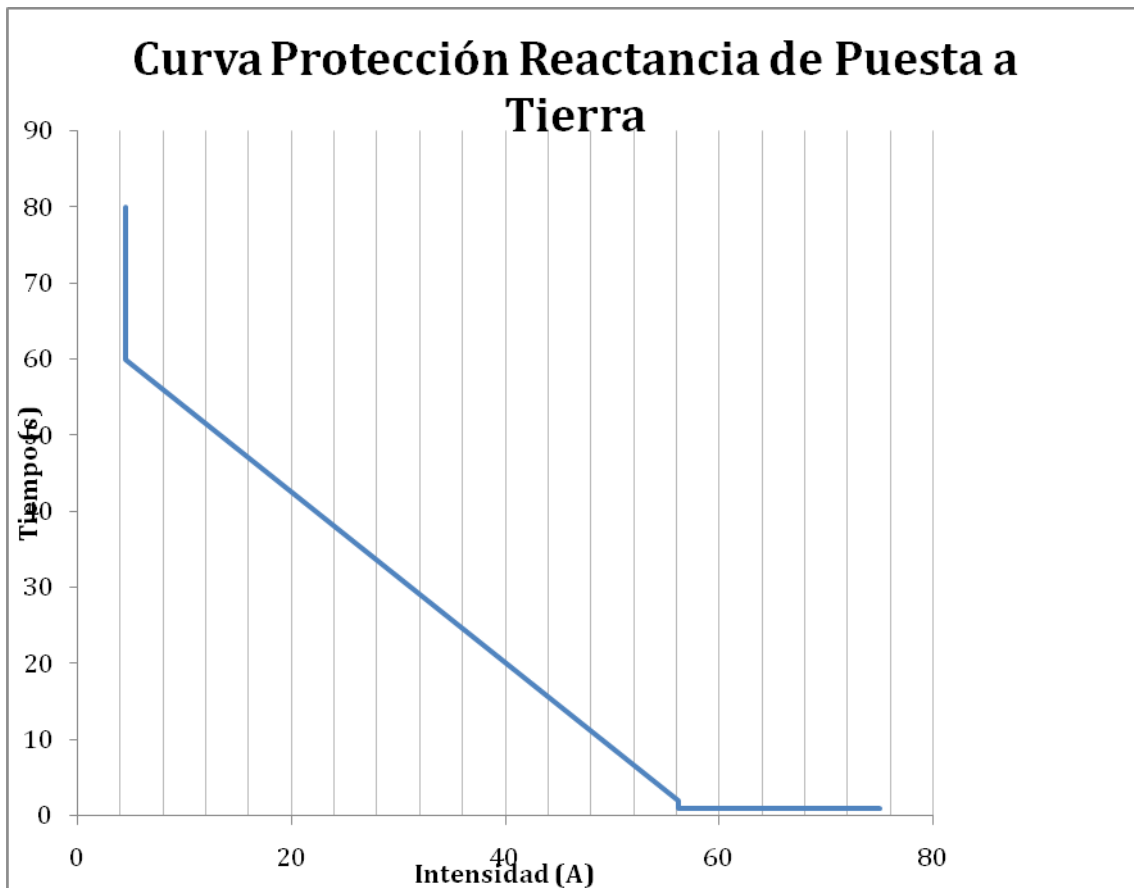


Figura 38: Curva disparo para protecciones de reactancia de puesta a tierra

8.9-. SELECTIVIDAD DE PROTECCIONES ELECTRICAS FUNCIONANDO CON LA LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL

Para que exista selectividad el ajuste del relé situado aguas arriba es al menos igual al situado aguas abajo. Las curvas de los relés tienen al menos una separación de 300 ms.

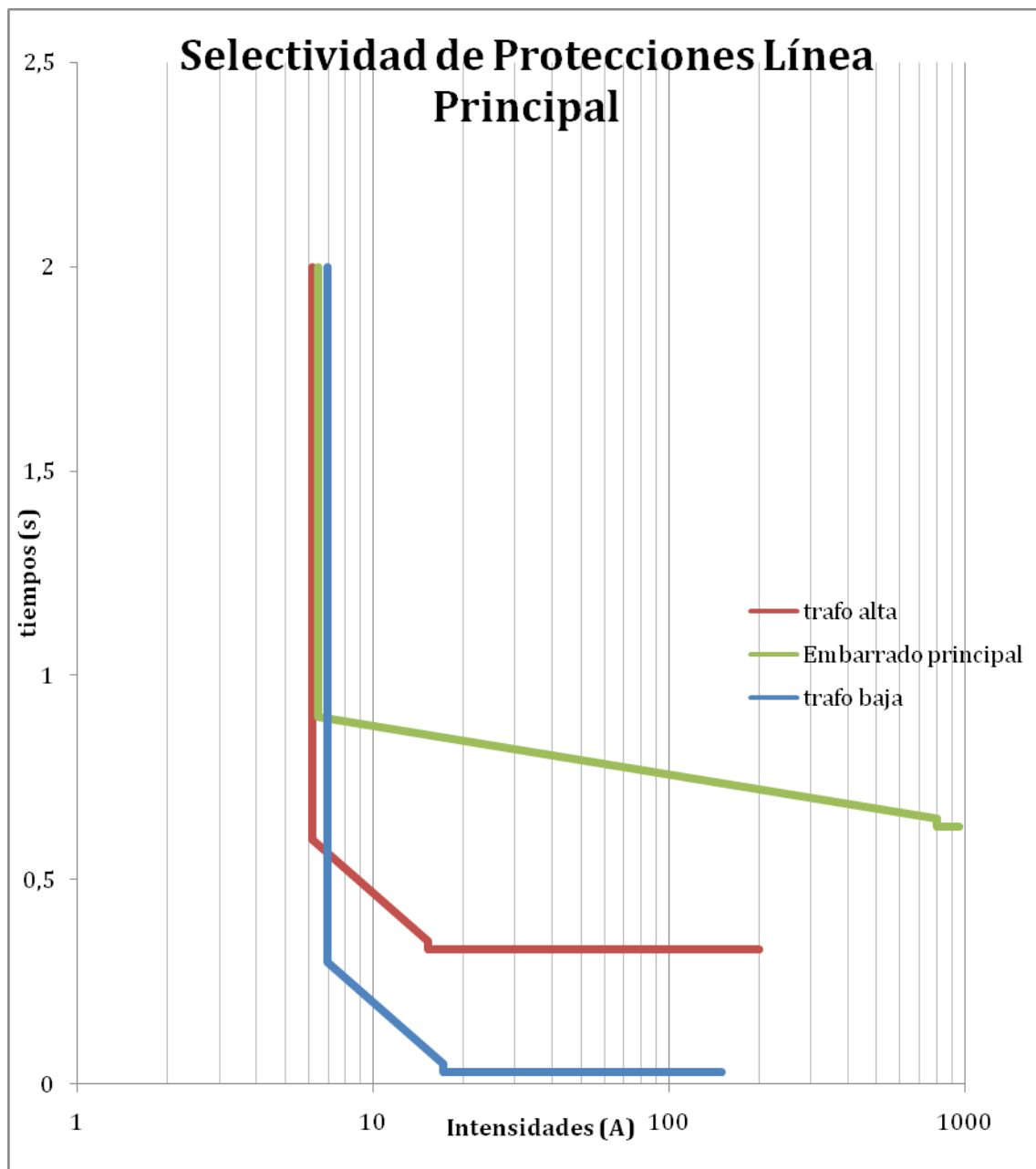


Figura 39: Selectividad de protecciones línea principal

-Nota: Las intensidades están en escala logarítmica

La intensidad de ajuste del elemento inverso de los diferentes relés es prácticamente la misma ya al haber usado transformadores de intensidad con la misma intensidad nominal del secundario.

9-. DIMENSIONAMIENTO DE INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

9.1-. DIMENSIONAMIENTO DE INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA

La característica particular de los equipos de puesta a tierra es la magnitud de la falta a tierra que limitan y el tiempo de duración, caracterizados por la intensidad térmica asignada y el tiempo de duración asignado.

9.1.1-. Elección de la Intensidad Térmica Asignada

$$I_c = 3 \cdot \omega \cdot C_m \cdot V$$

- I_c , corriente de falta a tierra debida a las capacidades del sistema (A).
- ω , pulsación = $2\pi f$, f = frecuencia (Hz).
- C_m , capacidad total de una fase del sistema (faradios)
- V , tensión simple del sistema (V).

Intensidad térmica Asignada

$$I_c = 3 \cdot \omega \cdot C_m \cdot V = 3 \cdot 2\pi 50 \cdot 0,421 \cdot 10^{-6} \cdot 0,75 \cdot 15000 = 5,75 \text{ A}$$

La reducción del umbral de ajuste puede realizarse por los siguientes medios, además del indicado anteriormente (transformadores de intensidad de precisión 5P):

- Mediante la instalación de transformadores de intensidad toroidal específicos para la medida de la intensidad homopolar, se reduce notablemente el umbral de detección y además no es necesario retardar la actuación instantánea de ésta protección, al no estar afectada la medida por las intensidades de cortocircuito polifásicas.
- Por la instalación de relés direccionales de sobreintensidad de neutro, que permite a su vez reducir el umbral de detección correspondiente

9.1.2-. Tiempo de Duración de la Intensidad Térmica

Los tiempos normalizados de duración de la intensidad térmica, según IEEE Std-32, son los siguientes:

- 10 segundos
- 1 minuto
- 10 minutos
- tiempo extendido

Para valores altos de intensidad térmica, o con disparo por actuación de protecciones de falta a tierra, se especifican valores de 10 segundos a 1 minuto.

Para valores bajos de intensidad térmica (no superior a 20 A), se especifica “tiempo extendido” o régimen permanente.

9.1.3-. Elección de Tensiones Asignadas para el Nivel de Aislamiento y Ensayos Dieléctricos de los Equipos de Puesta a Tierra

Todos estos niveles de tensión se definen en función de la tensión nominal de la red (tabla 58) 15 kV. El nivel de tensión de aislamiento y de ensayos dieléctricos es el mismo para los terminales de línea, neutro y tierra, aplicables al equipo de puesta a tierra.

Tensión nominal, kV	BT	3 a 3,3	6 a 6,6	10 a 11	13,2 a 15	20 a 21	25 a 30
Tensión más elevada para el material (kV)	1,1	3,6	7,2	12	17,5	24	36
Tensión soportada asignada de corta duración a frecuencia industrial (valor eficaz, kV)	10	10	20	28	38	50	70
Tensión soportada asignada con impulsos tipo rayo (kV, cresta)	20	40	60	75	95	125	170

Tabla 58: Nivel de aislamiento para equipos de puesta a tierra.

9.2-. ELECCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE PUESTA A TIERRA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Las impedancias de puesta a tierra (IPT) representadas en los esquemas están constituidas por una reactancia en zig-zag con una resistencia o reactancia conectada a tierra. Aunque se representen parejas de impedancias redundantes, sólo se conecta una de ellas y en caso de su fallo, se conmuta automáticamente a la otra. Si fallan ambas impedancias, se

desconecta automáticamente la emergencia de la central asociada. Las resistencias de puesta a tierra siempre se conectan entre neutro del sistema y toma de tierra de la instalación.

El valor de la resistencia y la potencia térmica inicial, son función de la tensión aplicada y de la intensidad térmica aplicada.

9.2.1-. Conjunto de Puesta a Tierra Reactancia en Zig-Zag y Resistencia

9.2.1.1-. Generalidades

Los valores de la intensidad térmica en el neutro de la reactancia en zig-zag y en la resistencia son iguales, así como el tiempo de duración asignado a las mismas.

La tensión asignada de la reactancia es igual a 1,05 veces la tensión nominal del sistema de distribución.

La impedancia homopolar del conjunto es igual al valor de la tensión simple anterior dividido entre la intensidad asignada.

$$Z_0 = \text{conjunto} = (1,05 \cdot U_n) / \sqrt{3} \cdot I_t = R_t + j(X_0/3)$$

- U_n = Tensión nominal del sistema, en V.
- I_t = intensidad térmica asignada, en A.
- R_t = Valor de la resistencia Inicial, en Ω .
- X_0 = valor de la reactancia homopolar por fase, en Ω .

$$|Z_0| = \sqrt{(R_t^2 + (X_0/3)^2)} = |Z_0| \cdot \sqrt{(0,95^2 + (0,95/3)^2)} = 1,0013 \cdot |Z_0|$$

$$|R_t| = |X_0| = (0,95 \cdot 1,05 \cdot U_n) / \sqrt{3} \cdot I_t$$

Impedancia Homopolar Asignada:

$$Z_0 = \text{conjunto} = (1,05 \cdot U_n) / \sqrt{3} \cdot I_t = R_t + j(X_0/3) = 1,05 \cdot 15000 / \sqrt{3} \cdot 5,57 = 1632 \Omega$$

$$|R_t| = |X_0| = (0,95 \cdot 1,05 \cdot U_n) / \sqrt{3} \cdot I_t \simeq U_n / \sqrt{3} \cdot I_t = 1555 \Omega$$

9.2.1.2-. Características del Conjunto Resistencia-Reactancia en Zig-Zag de Puesta a Tierra

La potencia térmica inicial de la resistencia de puesta a tierra, es igual a: $I_t^2 \cdot R_t$. Por lo tanto

$$I_t^2 \cdot R_t = 5,57^2 \cdot 1.555 = 48,2 \text{ kW}$$

La potencia térmica de la reactancia en zig-zag es igual a: $I_t \cdot 1,05 / \sqrt{3}$.

$$I_t \cdot 1,05 / \sqrt{3} = 5,57 \cdot 15.750 / \sqrt{3} = 50,6 \text{ kVA}$$

El calentamiento máximo sobre una temperatura ambiente de 40°C con la intensidad térmica asignada durante el tiempo asignado es de 500 K para una resistencia de acero inoxidable amagnético.

La potencia asignada en régimen permanente de la reactancia en zig-zag, es el 7% de la potencia térmica de la misma.

$$50,6 \cdot 7 / 100 = 3,54 \text{ kVA}$$

La intensidad asignada en el neutro de la reactancia en zig-zag en régimen permanente, es el 7% de la intensidad térmica correspondiente:

$$5,57 \cdot 7 / 100 = 0,4 \text{ A (0,4/3 por fase)}$$

La reactancia en zig-zag soporta esfuerzos mecánicos asociados a la intensidad de cresta de tres veces la intensidad térmica asignada.

9.3-. EQUIPOS DE PUESTA A TIERRA DE GENERADORES DE MEDIA TENSIÓN

En la norma NSE-1 se indica que cada generador debe conectarse exclusivamente a un transformador de generación de la misma potencia (bloque generador-transformador).

El transformador tiene un grupo de conexión YNd, y el neutro de la estrella del generador se pone a tierra a través de resistencia, sea directamente, o a través de un transformador monofásico de puesta a tierra.

Con esta disposición, la protección de faltas a tierra por relé de tensión homopolar, en la resistencia, alcanza un valor superior al 90% de los arrollamientos del estator.

Las características de dimensionamiento de la resistencia directa entre neutro de generador y tierra se indican a continuación:

- La tensión aplicada es el resultado de multiplicar la tensión asignada al generador por el factor $1,05/(\simeq 3)$

Para un generador de 24 kV, tenemos $25.2/(\simeq 3) = 14,55 \text{ KV}$

- El valor de la intensidad térmica asignada es igual a la corriente de falta a tierra aportada por las capacidades del sistema a la tensión de generación (arrollamientos BT transformador, arrollamientos estator, conexiones entre ambos, condensadores de protección contra sobretensiones tipo rayo, etc.)

Al no disponer de suficientes datos, se toma el valor recomendado en tal caso, de 10 A. El valor de la resistencia a 25°C es el cociente entre la tensión aplicada y la intensidad térmica asignada anteriormente, expresado en ohmios.

En nuestro caso: $14550 / 10 = 1455 \Omega$

- el tiempo de duración de la intensidad térmica es para régimen permanente;

- el calentamiento máximo de la resistencia sobre una temperatura ambiente de 40°C, con la tensión aplicada asignada en régimen permanente es 375 K para una resistencia de acero inoxidable amagnético;

- la potencia inicial a disipar en régimen permanente con ventilación natural es el producto de la tensión aplicada y la intensidad térmica asignadas.

En nuestro caso: 145,5 kW

9.4-. ESTUDIOS DE LA RED DE PUESTA A TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

El sistema de puesta a tierra pretende cumplir con los siguientes objetivos:

- . proporcionar seguridad al personal;
- . garantizar la protección de las instalaciones;
- . proporcionar una adecuada calidad de servicio;
- . establecer un potencial de referencia permanente.

La tensión máxima de contacto aplicada al cuerpo humano entre manos y pies viene definida por:

$$V_{ca} = \frac{k}{t^n}$$

donde t es la duración del tiempo en segundos y k y n factores que varían en función del tiempo según:

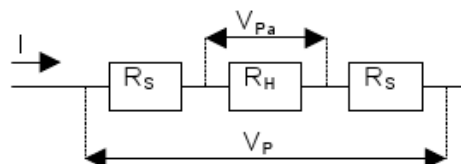
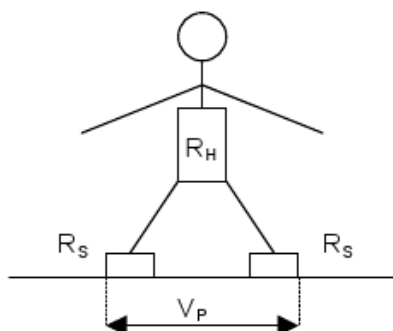
- . para $t < 0,9$ s ----- $k=72$ y $n=1$;
- . para $0,9$ s $< t < 3$ s ----- $k=78,5$ y $n=0,18$.

Para tiempos superiores a 3 s se dan valores máximos para la tensión de contacto según:

- . para 3 s $< t < 5$ a ----- $V_{ca} < 64$ V;
- . para $t > 5$ s ----- $V_{ca} < 50$ V.

Salvo casos excepcionales no se consideran tiempos inferiores a 0,1 s. $V_{pa} = 10V_{ca}$ es la tensión máxima aplicable al cuerpo entre pies separados 1m. A partir de lo anterior se definen las máximas tensiones de paso y contacto admisibles en la instalación.

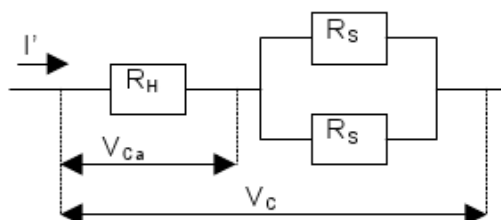
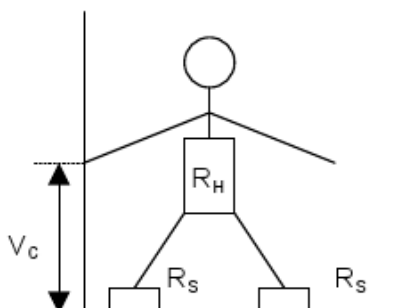
Tensión de paso:



$$I = \frac{V_{Pa}}{R_H} = \frac{V_P}{R_S + R_H + R_S} \text{ de donde: } V_P = V_{Pa} \cdot \frac{R_H + 2R_S}{R_H}$$

$$V_P = \frac{10k}{t^n} \left(1 + \frac{6\rho_s}{1000}\right) [V]$$

Tensión de contacto:



$$I = \frac{V_{Ca}}{R_H} = \frac{V_C}{R_H + \frac{R_S}{2}} \text{ de donde: } V_C = V_{Ca} \cdot \frac{R_H + \frac{R_S}{2}}{R_H}$$

$$V_P = \frac{k}{t^n} \left(1 + \frac{1,5\rho_s}{1000}\right) [V]$$

Siendo ρ_s la resistividad superficial del terreno.

Según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en su ITC-BT-18, el electrodo se dimensiona de forma que su resistencia de tierra, en cualquier circunstancia previsible, no sea superior al valor especificado para ella, en cada caso. Este valor de resistencia de tierra es tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a 24 V en local o emplazamiento conductor y 50 V en los demás casos.

Para los centros de transformación de tercera categoría se emplea el *“Método de Cálculo y Proyecto de Instalaciones de Puesta a Tierra para Centros de Transformación Conectados a Redes de Tercera Categoría”* de UNESA.

MÉTODO UNESA

Tensión de defecto: $V_d = R_t \cdot I_d$

Condición: $V_{bt} \geq V_d$

V_{bt} =tensión a frecuencia industrial soportada por la instalación de baja tensión (V)

R_t =resistencia del electrodo (Ω)

I_d =intensidad de defecto (A)

V_{bt} : 4.000, 6.000, 8.000 y 10.000 voltios. (UNESA recomienda 10.000 V.)

Determinar el valor máximo para la resistencia de puesta a tierra de protección R_{tp} , de manera que la intensidad de defecto que se establezca:

$I_d > \text{umbral mínimo de actuación de las protecciones}$

$V_d = R_t \cdot I_d$ no afecte a la instalación de baja tensión en el interior del C.T.

El procedimiento que se seguirá es el siguiente:

1-. investigación de las características del suelo;

2-. determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y el tiempo máximo correspondiente de eliminación del defecto;

MEMORIA DE CÁLCULO

- 3-. diseño preliminar de la instalación de tierra;
- 4-. cálculo de la resistencia del sistema de tierra;
- 5-. cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación;
- 6-. cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación;
- 7-. comprobar que las tensiones de paso y contacto calculadas en la instalación son inferiores a los valores máximos definidos por las ecuaciones de V_p y V_c ;
- 8-. investigación de las tensiones transferibles al exterior por tuberías, raíles, vallas, conductores de neutro, blindajes de cables, circuitos de señalización y de los puntos especialmente peligrosos y estudio de las formas de eliminación o reducción;
- 9-. corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo.

En nuestro caso tenemos los siguientes datos:

Datos iniciales

$U = 15.000 \text{ V}$

$R_n = 30 \Omega$

$t \text{ falta (relé a tiempo independiente)} = 0,6 \text{ s.}$

$I \text{ arranque protecciones} = I_a = 92,7 \text{ A}$

$V_{bt} = 10.000 \text{ V}$

$\rho_t = 300 \Omega$

$\rho_h = 3000 \Omega \text{ (pavimento del CT)}$

Cálculo

Debe cumplirse:

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} \quad (\text{neutro a tierra})$$

$I_d >$ Valor de arranque de las protecciones

$$V_d = R_t \cdot I_d$$

$$V_{bt} \geq V_d$$

Obtenemos los siguientes valores:

$$I_d = 100 \text{ A}$$

$$R_t = 56,60 \, \Omega$$

y debe cumplirse,

$$K_r \leq R_t / \rho = 0,188$$

Seleccionamos un electrodo 5/32: longitudinal con 3 picas de 2 m de longitud cada una, separadas 3 m entre si y enterradas a 0,5 m de profundidad.

MEMORIA DE CÁLCULO

Picas en hilera unidas por un conductor horizontal.
 Separación entre picas : 3 m
 Longitud pica = 2 m.

Sección conductor = 50 mm².
 Diámetro picas = 14 mm.

PROFUNDIDAD = 0'5 m.

NUMERO DE PICAS	RESISTENCIA K_r	TENSION DE PASO K_p	CODIGO DE LA CONFIGURACION
2	0,201	0,0392	5/22
3	0,135	0,0252	5/32
4	0,104	0,0184	5/42
6	0,073	0,0120	5/62
8	0,0572	0,00345	5/82

Tabla 59: parámetros de electrodos de puesta a tierra normalizados (Anexo 2 UNESA)

Nos vamos al Anexo 2 de UNESA (tabla 59) donde encontramos los parámetros característicos de los electrodos tipo. Para nuestro electrodo tenemos los siguientes parámetros característicos:

$$K_r = 0,135$$

$$K_p = 0,0252$$

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores se adoptan las siguientes medidas de seguridad:

-. Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del centro tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar sometidas a tensión debido a defectos y averías.

-. En el piso del CT se colocará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm conectado a la puesta a tierra de protección del CT (figura 40)

De este modo no aparecerán tensiones de contacto exteriores ni interiores.

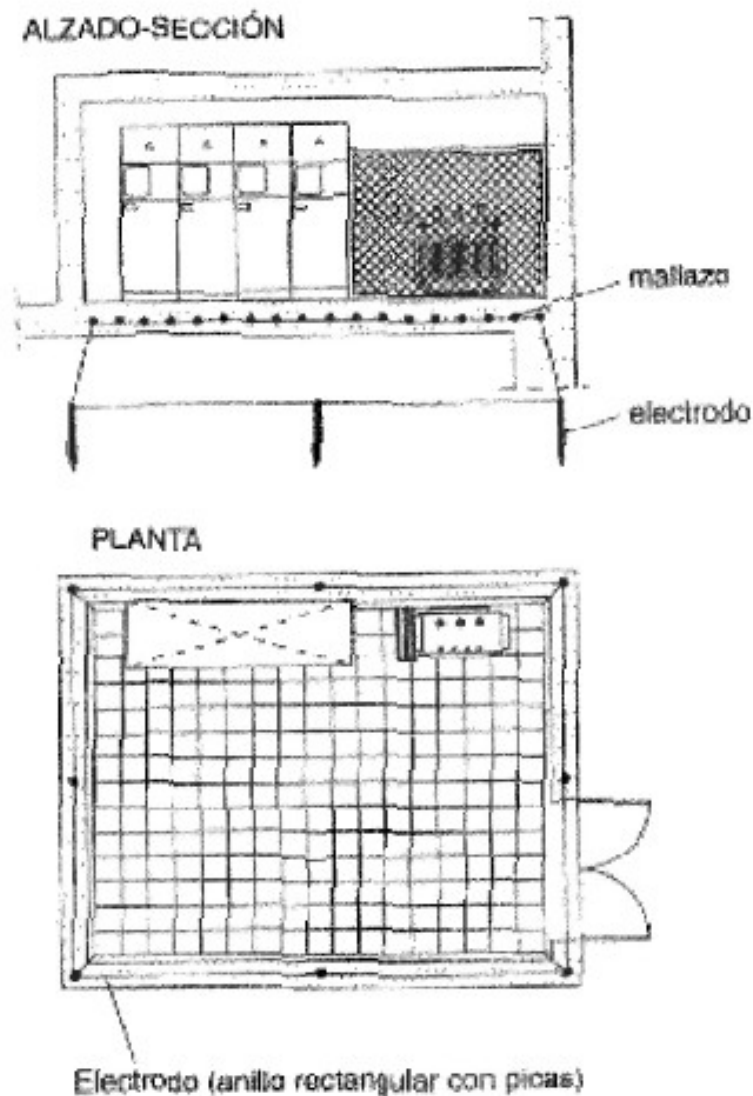


Figura 40: Mallado electrosoldado en centros de transformación en edificio.

Cálculo de los valores de resistencia de puesta a tierra (R_t'), intensidad de defecto (I_d'), y tensiones de paso (V_p' $V_{p'acceso}$) para el electrodo seleccionado.

$$R_t' = K_r \cdot \rho = 40,5 \, \Omega$$

$$I_d' = 122,85 \, A$$

$$V_p' = k \cdot \rho \cdot I_d' = 928,67 \, V \text{ (tensión de paso máxima)}$$

$$V_d' = R_t' \cdot I_d' = 4975 \, V. \text{ (tensión de defecto)}$$

MEMORIA DE CÁLCULO

$$V_p \text{ (de paso en el exterior)} = (10K/t^n)(1 + 6\rho/1000) = 3360 \text{ V}$$

$$V_{p_acc} \text{ (de paso en el acceso al CT)} =$$

$$(10K/t^n)(1 + (3\rho t + 3*\rho h/1000))$$

$$= 13.080 \text{ V}$$

Separación entre los sistemas de puesta a tierra de protección (masas) y de servicio (neutro de b.t.)

Los sistemas de puesta a tierras están separados y son independientes. La distancia mínima de separación es:

$$D = \rho Id' / 2000 \pi = 5,86 \text{ m.}$$

Comprobación de que los valores calculados satisfacen las condiciones exigidas

Por las medidas adicionales adoptadas anteriormente, la tensión de contacto exterior será prácticamente cero.

Tensión de paso exterior:

$$V_p' = 928,67 \text{ V} \leq V_p = 3360 \text{ V}$$

Tensión de paso en el acceso al CT:

$$V_{p' acc} = V_{c'} \simeq 0 \leq V_{p acc} = 13080 \text{ V}$$

Tensión de defecto:

$$V_{d'} = 4975 \text{ V} \leq V_{bt} = 10.000 \text{ V}$$

Intensidad de defecto:

$$I_{d'} = 122,84 \text{ A} = I_a = 92,7 \text{ A}$$

10-. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

10.1-. LOCALIZACIÓN

La sala de control que alberga el Sistema de Control se emplaza en la Central Eléctrica del Aeropuerto.

10.2-. ARQUITECTURA

El Sistema de Control esta centralizado en un puesto de control.

El Sistema de Control esta duplicado en otro lugar del aeropuerto, lo más alejado posible del primero para realizar las funciones de centro de control en caso de contingencia

Existe redundancia a nivel de servidores dentro de un centro de control.

10.2.1-. Configuración de la Arquitectura

Se instala un Sistema de Control distribuido para dotar de mayor fiabilidad, flexibilidad y rapidez al sistema. Fiabilidad porque un fallo en uno de los servidores no supone que el sistema falle en su totalidad. Flexibilidad a la hora de sustituir, reparar o realizar labores de mantenimiento en un servidor, no interrumpiendo esta acción el funcionamiento del resto. Rapidez al repartir en diferentes CPUs la carga de trabajo total del sistema.

Se dispone de los siguientes servidores:

- servidor del interfaz hombre máquina;
- servidor del sistema de tiempo real. Software Scada;
- servidor de comunicaciones;
- servidor de base de datos;
- servidor Web.

10.3-. REDUNDANCIA DE SERVIDORES Y UCR'S

Para dotar de mayor fiabilidad al sistema, se utilizan servidores redundantes a la hora de diseñar el sistema.

Se aplican los siguientes tipos de redundancia:

- redundancia 1+1: cada uno de los equipos dispone de un equipo redundante o de backup. Las labores de vigilancia del servidor backup sobre el servidor principal deben consistir en la actualización

periódica y/o por evento de las bases de datos, así como la vigilancia de su correcto funcionamiento;

- redundancia n+1: existe un equipo de reserva para un conjunto de equipos en funcionamiento dispuesto a entrar en servicio en el momento en el que uno de los equipos principales tenga algún problema y deje de prestar servicio.

Se utilizan UCR redundantes en aquellas instalaciones o edificios que sean críticos para el normal funcionamiento del aeropuerto.

10.4-. MEDIO FÍSICO

La interconexión de las diferentes instalaciones o edificios se realizan mediante anillos de fibra óptica.

Cada uno de los anillos de fibra óptica es redundante, de tal forma que ante la rotura o deterioro de un cable o nodo, entra en funcionamiento el cable de fibra óptica redundante utilizando el sistema de autoprotección denominado “autocicatrización”.

Se dejan fibras de reserva en cada uno de los anillos para prever futuras ampliaciones.

El anillo principal y su redundante discurren cada uno por una canalización independiente, es decir, respetando el principio de redundancia física.

10.5-. ESTRUCTURA FÍSICA DE UN RACK

10.5.1-. Rack UCR

El rack de la UCR se compone de:

- Rack
- SAI
- UCR con fuente de alimentación y tarjetas
- Panel de control
- Módem u otro dispositivo de comunicación
- Relés de salida
- Interruptores de protección

- Bornas de conexión
- Sistema de ventilación

10.5.2-. Rack Servidor

- Rack
- SAI
- Servidor
- Discos
- Monitor y teclado
- Panel de conexión
- Puente o switch
- Interruptores de protección
- Sistema de Ventilación

10.6-. SALA DE CONTROL

La Sala de Control donde van alejados los diversos equipos integrantes del Sistema de Control va a ser lo más diáfana posible y de dimensiones adecuadas para albergar los equipos que forman parte del Sistema de Control, así como una previsión de espacio de reserva para futuras ampliaciones.

Se dispone de falso suelo para permitir una fácil instalación del cableado entre los diferentes equipos, el cuál debe ir tendido por bandeja y/o canaleta.

La sala esta climatizada a una temperatura de tal forma que el funcionamiento de los equipos sea óptimo bajo dicha temperatura. Puesto que el funcionamiento del Sistema de Control es ininterrumpido, el diseño del sistema de climatización responde al criterio de fallo único, de tal forma que un incidencia o avería en uno de sus componentes no repercuta en un fallo total del sistema.

La iluminación es la apropiada para realizar las funciones de supervisión y control. En la zona donde se instalen pantallas se va a utilizar iluminación de tipo indirecta para evitar reflejos en las mismas.

Se opta por una alimentación de continuidad centralizada, las USI's se instalan en una sala independiente de la sala de control, pero anexa a la misma.

10.7-. ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA AL SCC Y A LAS UCR

La alimentación eléctrica a los dispositivos que componen el Sistema de Control es de tipo ininterrumpido mediante USI centralizada. Una USI central alimenta un cuadro de baja tensión cuyas salidas suministran energía a los distintos circuitos que alimentan a los equipos que conforma el Sistema de Control

En cualquier caso, las USI,s se alimentan directamente del cuadro general existente en la instalación o edificio en el que se encuentren.

Por lo que respecta a la UCR, se conecta a un circuito de fuerza con continuidad existente en la instalación.

La potencia de las USI,s es suficiente para atender las necesidades que los equipos a los que alimente demanden más una previsión de reserva.

El sistema de alimentación con continuidad responde al criterio de fallo único.

10.8-. COMUNICACIONES

Las comunicaciones se dividen en tres grandes grupos:

- anillos de fibra óptica de comunicación entre UCR´s
- red LAN de comunicación entre dispositivos del Sistema de Control
- comunicación entre centros de control de distintos aeropuertos

10.8.1-. Anillos de Fibra Óptica de Comunicación entre UCR´s

Estos anillos de fibra óptica tienen la misión de unir las UCR de las distintas instalaciones o edificios con el servidor de comunicaciones del Sistema de Control.

Como protocolos de bajo nivel se utilizan:

- CSMA/CD: detección de portadora con acceso multiple y detección de colisiones (IEEE 802,3)
- Token ring: anillo con paso de testigo (IEEE 802,5)

El protocolo de red a utilizar debe ser el IEC 60870-5 en sus diferentes perfiles:

- IEC 60870-5-101: protocolo de telecontrol línea serie
- IEC 60870-5-102: protocolo para medidas

- IEC 60870-5-103: protocolo para protecciones eléctricas
- IEC 60870-5-104: protocolo para red Ethernet

10.8.2-. Red LAN de Comunicación entre Dispositivos del Sistema de Control

Esta red comunica los distintos dispositivos del Sistema de Control.

Como protocolos de bajo nivel se utilizarán:

- CSMA/CD: detección de portadora con acceso multiple y detección de colisiones (IEEE 802,3)
- Token ring: anillo con paso de testigo (IEEE 802,5)

Los protocolos de red que se utilizan:

- TCP/IP
- ATM (modo de transferencia asíncrono)

10.8.3-. Comunicación entre Centros de Control de distintos Aeropuertos

La comunicación entre centros de control pertenecientes a diferentes aeropuertos se utiliza a través de WAN, la red telefónica o bien a través de una red propietaria de AENA, REDAN.

El protocolo utilizado es el ICCP.

BIBLIOGRAFÍA

- *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT); real decreto 842/2002.*
- *Reglamento de Líneas de Alta Tensión (RLAT); decreto 3151/1968.*
- *Reglamento de la Infraestructura para la Calidad y Seguridad Industrial; real decreto 411/1997.*
- *Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación; Orden 6 de julio 1984.*
- *Código Técnico de la Edificación (CTE); VIV 984/2009.*
- *Normalización de los Sistemas Eléctricos Aeroportuarios (NSE), Ed 1; Plan de Mejora de los Sistemas Eléctricos (PMSE), AENA., 2005.*
- *Ingeniería Aeroportuaria (Marcos García Cruzado); 3ª Ed, ETSI Aeronáuticos, Madrid 2006.*
- *Gestión Energética y Medioambiental en Instituciones Aeroportuarias (M. García, J. Guillamón); 2ª Ed, ETSI Aeronáuticos, Madrid 2009.*
- *Sistemas Eléctricos en Aeropuertos (Rafael Sanjurjo Navarro); ETSI Aeronáuticos, Madrid 2009.*
- *Anexo 14 OACI; 4ª Ed, Julio 2004.*