



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería Eléctrica**

# **Instalación eléctrica de un polideportivo**

**Autor:**

**Conde Fermoso, Diego**

**Tutor:**

**Rodríguez Sanz, José  
Dpto. de Ingeniería Eléctrica**

**Valladolid, Octubre 2017.**





## **RESUMEN/ABSTRACT**

Con este Trabajo de Fin de Grado se pretende hacer un diseño de la instalación eléctrica de un polideportivo situado en el municipio de Valderas (León) para poner en práctica lo aprendido durante el grado cursado. En él se integrarán sistemas eficientes para el mayor aprovechamiento y ahorro de energía tales como sistemas de iluminación LED, regulación de dicha iluminación o aprovechamiento de energía solar.

Así mismo se realizará un estudio sobre el consumo de Agua Caliente Sanitaria (ACS) del edificio para un posterior diseño de una instalación solar térmica que cumpla con la normativa vigente de eficiencia energética en este tipo de instalaciones.

Para realizar los cálculos y diseños pertinentes se han utilizado programas puesto en práctica durante el grado universitario como AutoCAD o el software "Cálculo de Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión" (CIEBT) de dmELECT.

With the end-of-degree Project is intended to make a design of the electrical installation of a sports center located in the municipality Valderas (León). It will integrate efficient systems for the greater use and saving of energy such as LED lighting systems, regulation of such lighting or solar energy use.

Likewise, a study will be carried out on the consumption Sanitary Hot Water (SHW) from the building for a subsequent design of a solar thermal installation that complies with current energy efficiency regulations on these facilities.

In order to carry out the calculations and the relevant designs, programs implemented during the university degree such as AutoCAD or the software "Calculation of Low Voltage Electrical Installations" (CIEBT) of dmELECT have been used.

## **PALABRAS CLAVE/KEY WORDS**

- Instalación Eléctrica
- Eficiencia Energética
- Agua Caliente Sanitaria (A.C.S.)
- Iluminación LED
- Normativa



- Electrical Installation
- Energy Efficiency
- Sanitary Hot Water (SHW)
- LED lighting systems
- Normative



## ÍNDICE

<b>1. MEMORIA</b> .....	
1.1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 OBJETIVOS .....	4
1.3 ANTECEDENTES.....	5
1.4 EMPLAZAMIENTO Y UBICACIÓN.....	5
1.5 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO .....	5
1.5.1 PLANTA BAJA .....	6
1.5.2 PRIMERA PLANTA.....	7
1.6 INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	8
1.6.1 PREVISIÓN DE CARGAS .....	8
1.6.2 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	12
1.6.2.1 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO PREFABRICADO .....	12
1.6.2.2 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO ELÉCTRICO .....	14
1.6.2.3 DESCRIPCIÓN DEL TRANSFORMADOR.....	15
1.6.2.4 MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA .....	16
1.6.2.5 INSTALACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	17
1.6.2.6 PREPARACION DEL TERRENO .....	17
1.6.2.7 PROCESO DE NIVELACIÓN .....	17
1.6.2.8 PUESTAS A TIERRA DEL CT .....	17
1.6.3 INSTALACIONES DE ENLACE .....	18
1.6.3.1 LÍNEA DE ENLACE .....	18
1.6.3.2 CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN.....	18
1.6.4 INSTALACIONES INTERIORES .....	19
1.6.4.1 CONDUCTORES .....	19
1.6.4.2 CANALIZACIONES .....	20
1.6.4.3 SUBDIVISIÓN DE LAS INSTALACIONES .....	21
1.6.4.4 EQUILIBRADO DE CARGAS .....	21
1.6.4.5 CONEXIONES.....	21
1.6.5 PROTECCIONES .....	22
1.6.5.1 PROTECCIÓN CONTRA SOBREENTENSIDADES .....	22
1.6.5.2 PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES.....	23
1.6.5.3 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS .....	25
1.6.5.4 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS.....	26
1.6.5.5 RÉGIMEN DEL NEUTRO .....	27



1.6.6 PUESTA A TIERRA DE LA INSTALACIÓN.....	28
1.6.7 PRESCRIPCIONES PARTICULARES EN EDIFICIOS DE PÚBLICA CONCURRENCIA .....	29
1.6.8 COMPENSACIÓN DE REACTIVA.....	34
1.6.9 GRUPO ELÉCTRÓGENO .....	36
1.7 INSTALACIONES DE ALUMBRADO .....	39
1.7.1 ALUMBRADO INTERIOR.....	39
1.7.2 SISTEMAS DE ENCENDIDO.....	41
1.7.3 ALUMBRADO DE EMERGENCIA .....	47
1.8 INSTALACIÓN DE ACS.....	47
<b>ANEJOS .....</b>	<b>52</b>
I. ANEJO DE CÁLCULOS ELÉCTRICOS.....	56
I.I ANEJO DE CÁLCULO DE APORTE SOLAR MÍNIMO PARA ACS .....	156
I.I.I ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	178
<b>2. PLIEGO DE CONDICIONES .....</b>	<b>188</b>
1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES .....	190
1.1 DISPOSICIONES GENERALES.....	190
1.1.1 NATURALEZA Y OBJETO DEL PLIEGO GENERAL .....	190
1.1.2 DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA.....	190
1.1.3 PRESCRIPCIONES GENERALES RELATIVAS A TRABAJOS .....	190
1.1.3.1 Caminos y accesos. ....	190
1.1.3.2 Inicio de la obra. Ritmo de ejecución de los trabajos. ....	190
1.1.3.3 Orden de los trabajos. ....	191
1.1.3.4 Facilidades para otros contratistas. ....	191
1.1.3.5 Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor. ....	191
1.1.3.7 Prórroga por causa de fuerza mayor. ....	191
1.1.3.8 Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra.....	191
1.2 DISPOSICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVO .....	192
1.2.1 DELIMITACIÓN DE FUNCIONES DE LOS AGENTES QUE INTERVIENEN .....	192
1.2.2 EL PROMOTOR.....	192
1.2.3 EL PROYECTISTA. ....	192
1.2.5 EL DIRECTOR DE OBRA.....	193
1.2.6 EL DIRECTOR DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA.....	194
1.2.7 EL COORDINADOR DE SEGURIDAD Y SALUD. ....	195
1.2.8 REPLANTEO. ....	196



1.2.9 LIBRO DE ÓRDENES.....	196
1.2.10 CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS. ...	196
1.2.11 TRABAJOS DEFECTUOSOS.....	196
1.3 DISPOSICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICO. ....	197
1.3.1 PRINCIPIO GENERAL. ....	197
1.3.2 RECEPCIONES DE EDIFICIOS Y OBRAS ANEJAS. ....	197
1.3.2.1 Acta de recepción. ....	197
1.3.2.2 Recepción provisional. ....	198
1.3.2.3 Documentación final. ....	198
1.3.2.4 Medición definitiva de los trabajos y liquidación provisional de la obra.....	200
1.3.2.5 Plazo de garantía. ....	200
1.3.2.6 Conservación de las obras recibidas provisionalmente.....	200
1.3.2.7 Recepción definitiva. ....	200
1.3.2.8- Prórroga del plazo de garantía.....	200
1.3.2.9 Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida. ....	200
1.3.3 FIANZAS. ....	201
1.3.3.1 Fianza en subasta pública. ....	201
1.3.4 PRECIOS.....	202
1.3.4.1 Composición de los precios unitarios.....	202
1.3.4.2 Precios de contrata. Importe de contrata. ....	203
1.3.4.3 Precios contradictorios.....	203
1.3.4.4- Reclamación de aumento de precios.....	204
1.3.4.5- Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios. ....	204
1.3.4.6. Revisión de los precios contratados.....	204
1.3.4.7- Acopio de materiales. ....	204
1.3.5 ABONO DE LA OBRA.....	205
1.3.5.1 Formas de abono de las obras ..... ..	205
1.3.5.2 Relaciones valoradas y certificaciones. ....	205
1.3.5.3 Mejoras de obras libremente ejecutadas. ....	206
1.3.5.4 Abono de trabajos presupuestados con partida alzada. ....	207
1.3.5.5 Abono de agotamientos y otros trabajos especiales no contratados. ....	207
1.4 DISPOSICIONES DE ÍNDOLE LEGAL.....	207
1.4.1 RESPONSABILIDAD CIVIL DE LOS AGENTES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE LA EDIFICACIÓN.....	208
1.4.1.1 Daños materiales.....	208
1.4.1.2 Responsabilidad civil.....	208



1.4.2 OBLIGACIONES Y DERECHOS GENERALES DEL CONSTRUCTOR O CONTRATISTA. ....	210
1.4.2.1 Verificación de los documentos del proyecto. ....	210
1.4.2.2 Plan de seguridad y salud. ....	210
1.4.2.3 Proyecto de control de calidad. ....	210
1.4.2.4 Oficina en la obra. ....	210
1.4.2.5 Representación del contratista. Jefe de obra. ....	210
1.4.2.6 Presencia del constructor en la obra. ....	211
1.4.2.7 Trabajos no estipulados expresamente. ....	211
1.4.2.8 Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto. ....	212
1.4.2.9 Reclamaciones contra las órdenes de la dirección facultativa. ....	212
1.4.2.10 Recusación por el contratista del personal nombrado por el ingeniero. ....	212
1.4.2.11 Faltas del personal. ....	213
1.4.2.12 Subcontratas. ....	213
1.4.3 ACCIDENTES DE TRABAJO Y DAÑOS A TERCEROS. ....	213
2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS. ....	214
2.1 INSTALACIÓN ELÉCTRICA. ....	214
2.1.1 CONDUCTORES. ....	214
2.1.2 CAJAS DE EMPALME, DERIVACIÓN Y TUBOS PROTECTORES. ....	214
2.1.3 ROZAS PARA LA INSTALACIÓN DE TUBOS, CAJAS DE DERIVACIÓN Y MECANISMOS. ....	215
2.1.4 CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN Y MEDIDA. ....	215
2.1.5 CUADROS ELÉCTRICOS. ....	215
2.1.6 APARATOS DE MANDO. ....	216
2.1.7 APARATOS DE PROTECCIÓN. ....	216
2.1.8 INTERRUPTORES. ....	216
2.1.9 TOMAS DE CORRIENTE. ....	216
2.1.10 RECEPTORES. ....	217
2.1.11 ALUMBRADO. ....	217
2.1.12 TOMAS DE TIERRA. ....	217
2.1.12.1 Elementos a conectar a tierra. ....	217
2.1.12.2 Puntos de puesta a tierra. ....	217
2.2 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN. ....	218
2.2.1 OBRA CIVIL. ....	218
2.2.2 PRESCRIPCIONES SOBRE EDIFICIOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN. ....	218



2.2.3 VENTILACIÓN .....	219
2.2.4 APARAMENTA DE A.T. ....	220
2.2.5 TRANSFORMADORES.....	221
2.2.6 EQUIPOS DE MEDIDA.....	221
2.2.7 ACOMETIDAS SUBTERRÁNEAS.....	222
2.2.8. PUESTAS A TIERRA.....	223
2.3 INSTALACIÓN A.C.S.....	224
2.3.1 PRESCRIPCIONES GENERALES .....	224
2.3.2 REQUISITOS SOBRE PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN .....	225
2.3.2.1 Fluido de trabajo.....	225
2.3.2.2 Protección contra heladas .....	225
2.3.2.3 Protección contra sobrecalentamientos .....	226
2.3.2.4 Protección contra quemaduras .....	227
2.3.2.5 Resistencia a presión .....	227
2.3.2.6 Prevención de flujo inverso.....	227
2.3.2.7 Prevención de la legionelosis.....	227
2.3.1 COMPONENTES.....	227
2.3.1.1 Prescripciones generales .....	227
2.3.1.2 Captadores solares.....	228
2.3.1.3 Acumuladores .....	228
2.3.1.4 Intercambiadores de calor .....	229
2.3.1.5 Bombas de circulación .....	230
2.3.1.6 Tuberías.....	231
2.3.1.7 Aislamientos.....	232
2.3.1.8 Sistema eléctrico y de control.....	232
<b>3. PLANOS .....</b>	<b>234</b>
<b>4. PRESUPUESTO .....</b>	<b>238</b>
<b>5. CONCLUSIONES FINALES .....</b>	<b>250</b>
<b>6. NORMAS Y REFERENCIAS .....</b>	<b>254</b>
1.3.1 NORMATIVA .....	256
1.3.2 PROGRAMAS DE CÁLCULO UTILIZADOS .....	258
1.3.3 BIBLIOGRAFÍA.....	258
<b>ANEXOS.....</b>	<b>260</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Superficie estancias planta baja .....	6
Tabla 2. Superficie estancias primera planta .....	7
Tabla 3. Circuitos Sub.PB.Z1 .....	8
Tabla 4. Circuitos Sub.PB.Z2 .....	8
Tabla 5. Circuitos CGMP .....	9
Tabla 6. Circuitos Sub.PB.Z3 .....	9
Tabla 7. Circuitos Sub.Cancha .....	9
Tabla 8. Circuitos Sub.P1.Z1 .....	10
Tabla 9. Circuitos Sub.P1.Z2 .....	10
Tabla 10. Circuitos Sub.BAR .....	11
Tabla 11. Circuitos Sub.P1.Z3 .....	11
Tabla 12. Necesidades de iluminación .....	40
Tabla 13. Luminarias instaladas .....	40
Tabla 14. Resumen de sistemas de encendido por estancias.....	42
Tabla 15. Luminarias de emergencia instaladas .....	47
Tabla 16. Previsión de cargas por subcuadros.....	58
Tabla 17. Calibre de fusibles APR limitadores para CdT particulares Iberdrola.....	63
Tabla 18. Curvas de disparo interruptores magnetotérmicos .....	73
Tabla 19. Resumen cálculos por circuitos .....	94
Tabla 20. Resumen de cálculos por subcuadros. ....	95
Tabla 21. Resumen cálculos por derivaciones.....	96
Tabla 22. Resumen cálculos Cortocircuito CGMP .....	97
Tabla 23. Resumen cálculos de cortocircuito del Sub PB.1 .....	97
Tabla 24. Resumen cálculos de cortocircuito del Sub PB.2 .....	98
Tabla 25. Resumen cálculos de cortocircuito del Sub PB.3 .....	99
Tabla 26. Resumen cálculos de cortocircuito del SUB CANCHA .....	99
Tabla 27. Resumen cálculos de cortocircuito del Sub P1.1 .....	100
Tabla 28. Resumen cálculos de cortocircuito del Sub P1.2 .....	101
Tabla 29. Resumen cálculos de cortocircuito del SUB_BAR.....	102
Tabla 30. Resumen cálculos de cortocircuito del Sub P1.3 .....	102
Tabla 31. Luminarias de emergencia Planta Baja.....	150
Tabla 32. Luminarias de emergencia Primera Planta .....	154

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1. Colector solar.....	3
Figura 2. Centro de Transformación CTR-2 .....	12
Figura 3. Características Centro de Transformación CTR-2 .....	13
Figura 4. Dimensiones Centro de Transformación CTR-2 .....	14
Figura 5. Detalle Cuadro de Baja Tensión del CT .....	15
Figura 6. Toma de corriente tipo C2a .....	22
Figura 7. Tabla coeficiente C <sub>1</sub> .....	25



Figura 8. Tablas coeficientes $C_2$ , $C_3$ , $C_4$ y $C_5$ .....	25
Figura 9. Régimen de neutro TT.....	28
Figura 10. Batería de condensadores Siemens .....	36
Figura 11. Grupo electrógeno Inmesol.....	38
Figura 12. Multisensor Occuswitch Philips .....	43
Figura 13. Dimmer Philips.....	43
Figura 14. Esquema de conductor para sistema DALI.....	45
Figura 15. Ejemplo de instalación de Sistema DALI.....	46
Figura 16. Características colector solar Termicol T20US .....	49
Figura 17. Sistema de conexionado en retorno invertido .....	49
Figura 18. Esquema de instalación de ACS .....	50
Figura 19. Ventada de datos de línea de alumbrado dmELECT .....	72
Figura 20. Tabla 2.1 CTE DB SUA 8.....	105
Figura 21. Tabla de CTE DB HE3 con valores límite para VEEL.....	107
Figura 22. Luminaria PHILIPS BY471P.....	108
Figura 23. Luminaria PHILIPS DN131B D217 .....	109
Figura 24. Luminaria PHILIPS BBG390.....	110
Figura 25. Luminaria PHILIPS BN130C.....	111
Figura 26. Luminaria PHILIPS BPK561.....	112
Figura 27. Resultados de iluminación sala Almacén Bar.....	113
Figura 28. Resultados de iluminación sala Almacén Polideportivo .....	114
Figura 29. Resultados de iluminación sala Aseos hombres .....	115
Figura 30. Resultados de iluminación sala Aseos mujeres .....	116
Figura 31. Resultados de iluminación sala Aseos personal .....	117
Figura 32. Resultados de iluminación sala Bar.....	118
Figura 33. Resultados de iluminación sala Cancha .....	119
Figura 34. Resultados de iluminación sala Cocina Bar.....	120
Figura 35. Resultados de iluminación sala Control megafonía y marcadores .....	121
Figura 36. Resultados de iluminación sala Enfermería .....	122
Figura 37. Resultados de iluminación Entrada a cancha y pasillos vestuarios .....	123
Figura 38. Resultados de iluminación Escaleras.....	124
Figura 39. Representación en colores falsos de Escaleras .....	125
Figura 40. Resultados de iluminación de sala Gimnasio.....	126
Figura 41. Resultados de iluminación Gradas este y oeste.....	127
Figura 42. Resultados de iluminación de la sala del Grupo Eléctrogeno .....	128
Figura 43. Resultados de iluminación de sala Oficina tipo 1 .....	129
Figura 44. Resultados de iluminación de sala Oficina tipo 2 .....	130
Figura 45. Resultados de iluminación del pasillo de la planta baja.....	131
Figura 46. Resultados de iluminación del pasillo de la primera planta .....	132
Figura 47. Resultados de iluminación de recepción y entrada .....	133
Figura 48. Resultados de iluminación de Salas de caldera y mantenimiento .....	134
Figura 49. Resultados de iluminación de sala de ping-pong.....	135
Figura 50. Resultados de iluminación de salas de cuadros eléctricos.....	136
Figura 51. Resultados de iluminación de salas de limpieza.....	137
Figura 52. Resultados de iluminación del Salón de actos.....	138
Figura 53. Resultados de iluminación de vestuarios 1 y 2.....	139
Figura 54. Resultados de iluminación de vestuarios de árbitros .....	140



Figura 55. Luminaria ARGOS-M LD N2.....	142
Figura 56. Luminaria HYDRA LD N3 .....	143
Figura 57. Luminaria NOVA LD P6.....	144
Figura 58. Luminaria Zenit Z LD-2311P A.....	145
Figura 59. Luminaria Zenit Z LD-4321G A .....	146
Figura 60. Situación de luminarias de emergencia de planta baja.....	147
Figura 61. Gráfico de tramas de planta baja a 0.00 m.....	150
Figura 62. Plano de situación de Puntos de Seguridad y Cuadros Eléctricos .....	151
Figura 63. Situación de luminarias de emergencia de la primera planta.....	152
Figura 64. Gráfico de tramas de primera planta a 0.00 m.....	155
Figura 65. Tabla 3.1 del CTE HE4.....	160
Figura 66. Características de consumo ACS con programa Konstruir .....	161
Figura 67. Cálculo de la demanda de energía con programa Konstruir .....	161
Figura 68. Datos del sistema de captación y acumulación de ACS con programa Konstruir .....	162
Figura 69. Cálculo energético mediante método F-Chart con programa Kontruir ....	163
Figura 70. Resultados de cálculo con programa Konstruir .....	164
Figura 71. Ubicación de la instalación de ACS en programa CHEQ4 .....	165
Figura 72. Asignación de sistema elegido de ACS con programa CHEQ4 .....	166
Figura 73. Determinación de la demanda de ACS en programa CHEQ4 .....	167
Figura 74. Determinación de características del sistema de captación distribución y apoyo en programa CHEQ4 .....	168
Figura 75. Determinación de características de acumulación y distribución de ACS en programa CHEQ4 .....	169
Figura 76. Resultados obtenidos con programa CHEQ4.....	170
Figura 77. Reajuste del sistema de captación con programa CHEQ4 .....	171
Figura 78. Resultados finales con programa CHEQ4 .....	171
Figura 79. Croquis de situación de colectores solares .....	172
Figura 80. Representación de distancia mínima para evitar sombras entre captadores.....	173
Figura 81. Tabla con espesores mínimos de aislamiento según RITE.....	174



# 1. MEMORIA





## **1.1. INTRODUCCIÓN**

El avance de las tecnologías y las nuevas utilidades que se les dan a las ya conocidas hacen que aparezcan cambios en todos los ámbitos de la ingeniería para mejorar la eficiencia y el rendimiento de los sistemas. En este documento aplicaremos esta idea en varios campos para reducir el consumo de la energía eléctrica. En el caso descrito, el edificio de estudio será un polideportivo con lo que además de aplicar tecnologías que aumenten el rendimiento de las instalaciones eléctricas, también habrá que tener en cuenta toda la normativa específica para un lugar de pública concurrencia, como es el caso del emplazamiento, y el resto de legislación vigente.

Por una parte se estudiará la mejor solución con respecto a la iluminación según el tipo de estancia que estemos diseñando. En este campo, la iluminación mediante LED está creciendo a pasos agigantados debido a las características que se enumeran a continuación:

- Bajo consumo eléctrico en relación con su eficacia luminosa (alrededor de 100 Lm/W).
- Alta eficiencia luminosa.
- Larga vida útil (en torno a 50.000 horas)
- Alto índice de reproducción cromática.
- Bajo consumo de reactiva.
- Facilidad de regulación.

Encendido instantáneo: no necesita de calentamiento ni de excitación previa.

- Ciclos de encendido rápido: a diferencia de otras lámparas, la vida útil del LED no se ve afectada por encendidos y apagados cíclicos constantes.

Por todas estas ventajas cada vez está siendo más utilizada en todos los campos; desde aplicaciones industriales hasta usos más domésticos por lo que serán luminarias con este tipo de tecnología las que utilicemos.

Para un mayor aprovechamiento de la energía, este tipo de luminarias se pueden combinar con los diferentes sistemas de regulación y control existentes para un mayor rendimiento de las instalaciones de iluminación. Dependiendo de las necesidades lumínicas de la habitación, las horas habituales de uso, los intervalos de tiempo de encendido, etc., se podrá hacer uso del sistema más acorde a la estancia.

Por otra parte, otro de los principales temas de estudio en este documento estará relacionado con el Documento Básico Sección 4 (DB HE. Sección 4) del Código Técnico de la Edificación (CTE) también relacionado con mejorar el rendimiento, en este caso mediante el aprovechamiento de la energía solar para emplearla como fuente para calentar agua para el edificio.

La energía solar para el uso de agua caliente se aprovecha mediante captadores solares que incorporan unos tubos por los que circula un fluido que absorbe la radiación solar y distribuye esta energía.

Cuando se empezó a utilizar este tipo de tecnología se diseñaban instalaciones directas de circuito abierto, es decir; el fluido que circulaba por los captadores era directamente el agua que después iba a ser utilizada para el consumo. Más adelante, debido a los inconvenientes que presentaba este tipo de sistema, se comenzaron a utilizar intercambiadores y realizar al menos dos circuitos; un circuito primario que contiene el fluido caloportador que normalmente suele ser agua a la que se añaden aditivos tales como anticongelante y otros para mayor durabilidad, y un circuito secundario por que circula el agua de consumo.

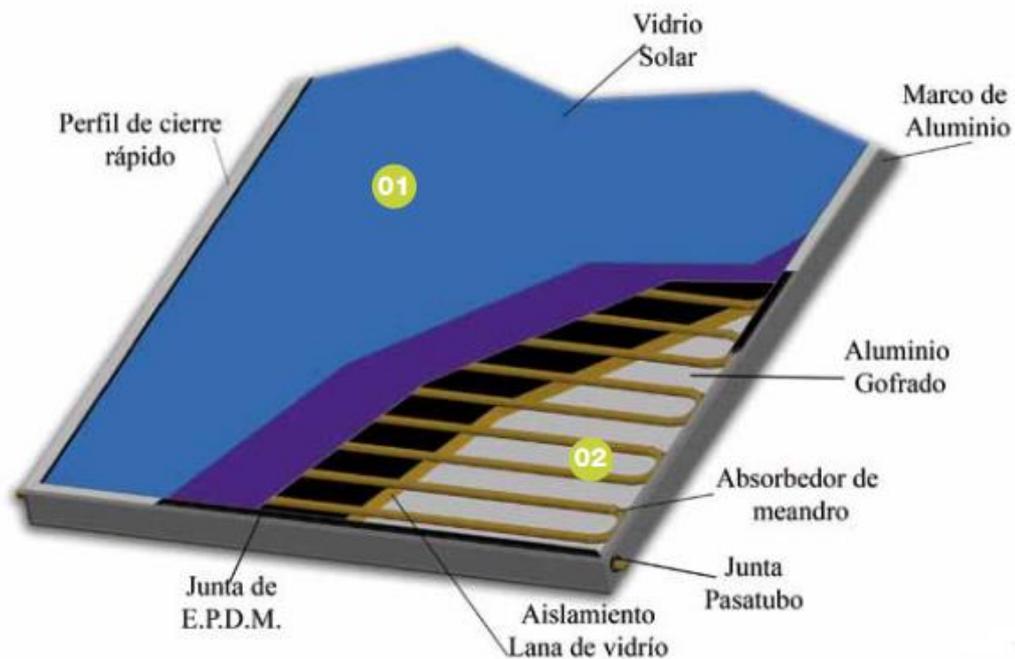


Figura 1. Colector solar

Fuente: Catálogo Termicol



La instalación propuesta en este proyecto tendrá un sistema de apoyo convencional que será utilizado solo cuando no seamos capaces de cubrir la demanda con el sistema solar según indica la normativa citada.

No se ha incluido una instalación fotovoltaica como apoyo a la alimentación eléctrica convencional debido a que en la Sección HE 5 CTE obliga a incluirla en edificios con una superficie construida igual o mayor 5000 m<sup>2</sup> y este polideportivo no alcanza esta cantidad. Por otra parte, no se considera rentable una instalación de este tipo según se encuentra la normativa en relación con este tipo de instalaciones.

## **1.2 OBJETIVOS**

En este trabajo se proyectará la instalación eléctrica de un polideportivo siguiendo la normativa vigente. También se incluyen los cálculos relativos a la contribución solar mínima para el consumo de agua caliente sanitaria tal y como dice la norma CTE-HE4.

La motivación de la realización de este trabajo ha sido pretender utilizar los conocimientos adquiridos durante el grado universitario en un caso real, y la elección de una instalación eléctrica fue debido a que sería a lo que me querría dedicar en el futuro laboral.

El trabajo estará acompañado de los correspondientes cálculos para total comprensión del mismo.

Con el desarrollo de este trabajo espero afianzar los conocimientos adquiridos a lo largo del grado en relación con instalaciones eléctricas y a su vez ampliarlos con las dudas que vayan surgiendo a lo largo de su desarrollo. También espero conseguir soltura para la realización de un documento técnico mediante la consulta de normativa.

Otro de los objetivos propuestos es conocer mejor la normativa vigente con respecto a la eficiencia energética ya que es un ámbito que está en pleno auge y que es totalmente necesario para la conservación del medio ambiente y el desarrollo sostenible.



### **1.3 ANTECEDENTES**

El polideportivo proyectado se situará en la localidad de Valderas (León) y será destinado tanto a uso municipal como uso escolar. Por este motivo se situará en una parcela situada en frente del actual Colegio Público Nuestra Señora del Socorro.

En este colegio contaban con un pequeño gimnasio anexo al edificio del propio centro educativo. Este gimnasio requería de una gran reforma y adecuación debido a su mal estado y es por esta razón por la cual se decidió la construcción de este nuevo recinto en consenso con el ayuntamiento.

Esta construcción proporcionará muchas ventajas para el municipio:

- Mayor seguridad en las actividades escolares deportivas.
- Gracias a su cercanía con el centro no habrá problemática en cuanto al desplazamiento al mismo.
- Ampliación de las actividades que se podrán realizar con respecto al anterior gimnasio.
- Mejora de las instalaciones del anterior polideportivo municipal para futuras competiciones provinciales que hasta entonces se habían llevado a cabo en otro edificio con peores condiciones.

### **1.4 EMPLAZAMIENTO Y UBICACIÓN**

Como se ha indicado anteriormente el polideportivo se ubicará en el municipio de Valderas, en una parcela en frente del colegio público del pueblo. El edificio estará orientado al sur para un mayor aprovechamiento de la energía solar en la instalación de ACS. En el apartado de planos se puede ver con mayor detalle la parcela elegida.

### **1.5 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO**

El polideportivo tiene unas dimensiones de 52 metros de largo y 38,2 metros de ancho; por lo que la superficie que ocupará será de 1.986,4 m<sup>2</sup>. La altura del punto más alto del edificio será de 13 metros. El acceso al polideportivo se encuentra en la fachada norte, existiendo también otros dos accesos de mayores dimensiones para introducir algún tipo de equipamiento o maquinaria necesario en las instalaciones. A su vez, en las fachadas este y sur se sitúan dos salidas de emergencias. El edificio consta planta baja y primera planta.

Estará construido con paneles de hormigón prefabricados con su correspondiente aislamiento térmico acorde al tipo de edificio que estamos proyectando. La cubierta será a dos aguas y estará constituida por paneles de



chapa metálica tipo sándwich para mantener un correcto aislamiento del recinto.

### 1.5.1 PLANTA BAJA

Entrando por la puerta principal, en la planta baja se situará la recepción, a la izquierda tendremos los aseos y si seguimos recto cruzando el pasillo principal nos encontraremos con la pista deportiva. Habrá un pasillo paralelo al principal antes de llegar a la pista en el que se encontrarán; al lado izquierdo el vestuario 1, la oficina 1 y el vestuario de los árbitros; al lado derecho tendremos el vestuario 2, una sala de limpieza y la enfermería.

Situándonos en la recepción y continuando por el pasillo principal hacia la derecha nos encontraremos con la sala de cuadros eléctricos de la planta baja, las escaleras, el ascensor, aseos para personal del polideportivo, sala para el grupo electrógeno, sala para la caldera y gimnasio. Desde el gimnasio se tiene acceso al almacén al cual también se puede acceder desde la cancha principal. A continuación se muestra una tabla con las zonas de la planta y la superficie que ocupan:

ZONA	m <sup>2</sup>
Recepción	57,05
Aseos hombres	19,32
Aseos mujeres	38,97
Sala cuadros eléctricos planta baja	17,11
Vestuario 1	50,94
Oficina 1	16,10
Vestuario árbitros	19,42
Vestuario 2	50,94
Sala limpieza	10,50
Enfermería	24,27
Aseos personal	17,12
Sala del grupo electrógeno	34,42
Sala de la caldera	35,61
Gimnasio	116,38
Almacén	102,81

**Tabla 1. Superficie estancias planta baja**

Elaboración propia

### 1.5.2 PRIMERA PLANTA

Al subir por las escaleras a la segunda planta nos encontramos con un amplio pasillo y si continuamos a la izquierda encontramos las siguientes salas: sala de cuadros eléctricos de la primera planta, sala de ping-pong, aseos hombres, aseos mujeres y sala de limpieza. A continuación tenemos el salón de actos, el acceso a las gradas y la sala de control de marcadores y megafonía. A la derecha de las escaleras tenemos el bar que consta también de una cocina. Si continuamos por el pasillo encontramos el almacén del bar, unos segundos aseos, otro acceso a las gradas, la oficina 2 y la sala de mantenimiento y ACS. A continuación se adjunta una tabla resumen con las superficies ocupadas por estas estancias:

ZONA	m <sup>2</sup>
Sala cuadros eléctricos 1ª planta	17,11
Sala de ping-pong	55,10
Aseos hombres 1	19,32
Aseos mujeres 2	38,97
Sala de limpieza	10,50
Salón de actos	101,73
Control marcadores y megafonía	36,14
Bar	107,48
Cocina	20,88
Almacén bar	43,90
Aseos mujeres 2	38,97
Aseos hombres 2	19,32
Oficina 2	31,75
Sala de mantenimiento y ACS	45,16
Gradas este	100,72
Gradas oeste	100,72

**Tabla 2. Superficie estancias primera planta**

Elaboración propia



## 1.6 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

### 1.6.1 PREVISIÓN DE CARGAS

Para el cálculo de la previsión de cargas del edificio se han dividido en diferentes subcuadros situados por el edificio y a su vez en los correspondientes circuitos. En la siguientes tablas se enumeran todos los circuitos con sus respectivas cargas y la fase a la que van conectados de tal forma que las tres fases estén equilibradas.

#### Sub.PB.Z1

CIRCUITO	POTENCIA (W)	FASE (U,V,W)
F1	5000	V
F2	3680	W
F3	3680	U
ALUM.1	374	U
ALUM.2	308	U
ALUM.3	286	W
EMERG.PB.Z1	55	U

Tabla 3. Circuitos Sub.PB.Z1

Elaboración propia

#### Sub.PB.Z2

CIRCUITO	POTENCIA (W)	FASE (U,V,W)
F4	3680	U
F5	4000	V
F6	3680	U
F7	5000	W
ALUM.4	457	U
ALUM.5	487	V
ALUM.6	514	U
EMERG.PB.Z2	95	V

Tabla 4. Circuitos Sub.PB.Z2

Elaboración propia



## CARGAS CONECTADAS DIRECTAMENTE AL CGMP

CIRCUITO	POTENCIA (W)	FASE (U,V,W)
ASCENSOR	4000	U,V,W

Tabla 5. Circuitos CGMP

Elaboración propia

## Sub.PB.Z3

CIRCUITO	POTENCIA (W)	FASE (U,V,W)
ALUM.7	242	U
ALUM.8	220	V
ALUM.9	242	W
F8	3680	V
F9	3680	U
MOTOR PUERTA 1	400	U
MOTOR PUERTA 2	400	U
F10	3680	W
EMERG.PB.Z3	92	W

Tabla 6. Circuitos Sub.PB.Z3

Elaboración propia

## Sub.Cancha

CIRCUITO	POTENCIA (W)	FASE (U,V,W)
ALUM.C1	630	U
ALUM.C2	504	U
ALUM.C3	630	W
EMERG.CANCHA	25	U

Tabla 7. Circuitos Sub.Cancha

Elaboración propia



## Sub.P1.Z1

CIRCUITO	POTENCIA (W)	FASE (U,V,W)
ALUM.10	510	U
ALUM.11	400	V
ALUM.12	400	W
F11	3680	U
F12	2500	V
F13	4000	W
EMERG.P1.Z1	45	U

Tabla 8. Circuitos Sub.P1.Z1

Elaboración propia

## Sub.P1.Z2

CIRCUITO	POTENCIA (W)	FASE (U,V,W)
ALUM.13	370	U
ALUM.14	370	V
ALUM.15	260	W
F14	4000	V
F15	3680	W
EMERG.P1.Z2	50	U

Tabla 9. Circuitos Sub.P1.Z2

Elaboración propia

## Sub.BAR

CIRCUITO	POTENCIA (W)	FASE (U,V,W)
EMERG_BAR	25	U
ALUM_BAR1	308	U
ALUM_BAR2	330	V
ALUM_BAR3	290	W
F19	3680	W



F20	4000	V
F21	5400	U
F22	5000	W
F23	3680	V

Tabla 10. Circuitos Sub.BAR

Elaboración propia

## Sub.P1.Z3

CIRCUITO	POTENCIA (W)	FASE (U,V,W)
ALUM_16	265	U
ALUM_17	280	V
ALUM_18	280	W
F16	4000	W
F17	3680	U
F18	5000	V
EMERG.P1.3	35	W
GRUPO PRESION	130	V
BOMBA IMPULSION	300	V
BOMBA CIRCULACION	735	U
BOMBA RECIRCULACION	735	V
BOMBA CALDERA	735	U

Tabla 11. Circuitos Sub.P1.Z3

Elaboración propia

Con la distribución por fases realizada, la carga de cada fase quedaría de la siguiente manera:

U	35765
V	36541
W	36568

Por lo que la potencia total instalada serán **108874 W**.

### 1.6.2 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

El suministro del polideportivo se realizará a través de la red eléctrica de media tensión de la empresa distribuidora Iberdrola. La conexión será a una línea cercana de 20 kV mediante un centro de transformación de abonado compuesto por un transformador de 160 kVA.

El centro de transformación elegido será un centro prefabricado compacto del fabricante Ormazabal modelo CTR-2 para redes rurales de hasta 24 kV. Está diseñado según norma UNE-EN 62271-202 y la reglamentación vigente y se situará en la fachada norte del edificio.

Este centro de transformación se ha elegido en función de que cumpla como mínimo los valores calculados en el anexo de cálculos correspondiente.

Se ha elegido este tipo de transformador debido a su bajo impacto visual y sus características técnicas ya que es idóneo para un emplazamiento en un entorno rural como es el caso.

Estará compuesto principalmente por:

- Edificio monobloque prefabricado de hormigón.
- Edificio eléctrico compacto.



Figura 2. Centro de Transformación CTR-2

Fuente: Catálogo Ormazabal

#### 1.6.2.1 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO PREFABRICADO

Las dimensiones del edificio prefabricado se indican en la siguiente imagen:

Ancho	[mm]	1700
Fondo	[mm]	1600
Altura total	[mm]	2010
Altura vista	[mm]	1500

Peso (sin equipo eléctrico):

Cuerpo	[kg]	2275
Cubierta	[kg]	575

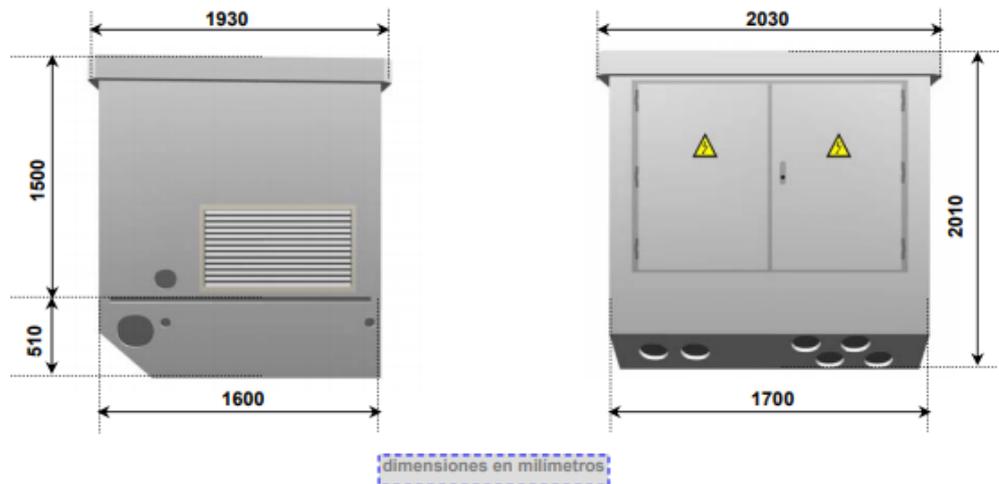


Figura 3. Características Centro de Transformación CTR-2

Fuente: Catálogo Ormazabal

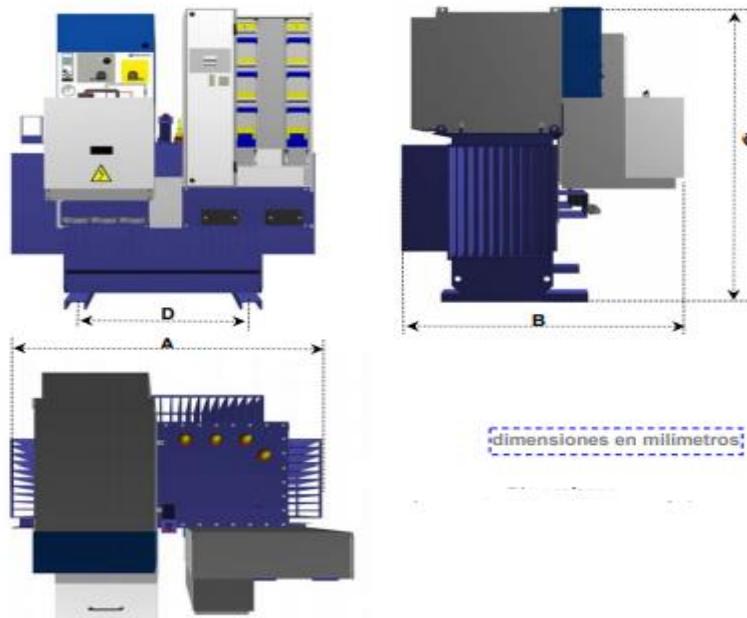
La envolvente está compuesta por:

- Construcción prefabricada monobloque de hormigón.
- Cubierta amovible prefabricada de hormigón.
- Puerta de dos hojas con un dispositivo que permite su fijación a 90° y 180°. Para maniobrar el cuadro de BT basta con abrir la puerta derecha.
- Rejilla lateral de entrada de aire y salida de aire perimetral superior para ventilación natural.
- Seis orificios de salida de cables de 160 mm de diámetro en la parte frontal inferior (cuatro agujeros de la derecha para los cables de BT y los dos de la izquierda para los cables de MT, para facilitar que no se crucen cables de diferentes tensiones); además de éstos, el edificio dispone en cada lateral de otro orificio de 160 mm de diámetro.
- Un orificio en la pared lateral derecha para la entrada de una acometida auxiliar de BT de 140 mm.. Dispone de una tapa que mantiene el grado de protección y sólo se desbloquea desde el interior de la envolvente.

- Foso colector de recogida aceite, con lecho de guijarros sobre una rejilla elevada, para un volumen de 300 l.
- Soporte de cables de derivación de MT para uso en caso de bucle rígido o sustitución del equipo eléctrico (elemento opcional).
- Losetas de apoyo para el operario a la hora de maniobrar el equipo eléctrico.
- Caja de seccionamiento de tierra de servicio (neutro), en el lateral interior derecho.
- Punto accesible en la cara interior de la pared lateral izquierda para la medida de la tierra de protección (herrajes) y conexión de la red de tierras exterior.

**1.6.2.2 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO ELÉCTRICO**

DIMENSIONES		100 kVA	160 kVA	250 kVA
Ancho (A)	[mm]	1250	1250	1310
Fondo (B)	[mm]	1252	1252	1255
Alto (C)	[mm]	1610		
Ancho Vía Rodadura (D)	[mm]	520		
PESOS APROXIMADOS				
	[kg]	900	1100	1300



**Figura 4. Dimensiones Centro de Transformación CTR-2**

Fuente: Catálogo Ormazabal

El peso del equipo eléctrico con transformador de 160 kVA es de 3950 kg.

Dentro de la envolvente y anclada a ésta, se monta el equipo eléctrico compuesto de los siguientes elementos:

- Unidad de aparamenta de MT con aislamiento integral en gas SF6 CGMCOSMOS-LF, hasta 24 kV. Contiene 3 cartuchos fusibles limitadores de MT en su interior.
- Unidad de aparamenta de BT: Cuadro de Baja Tensión (CBT) de Acometida, embarrado de 630 A y protección con 2 bases tripolares verticales cerradas BTVC de 400 A.
- Unidad de transformador de distribución MT / BT en aceite llenado integral de 160 kVA /24 kV.
- Circuito de puesta a tierra.
- Alumbrado y servicios auxiliares.

### 1.2.3. Cuadro de Baja Tensión

El cuadro de distribución de BT está constituido por un bastidor sobre el que se montan las distintas unidades funcionales:

- **Unidad Funcional de Acometida**

Constituida por tres barras de fase y una de neutro, encargadas de recibir la energía eléctrica procedente del transformador.

- **Unidad Funcional de Embarrado**

Constituida por tres barras de fase y una de neutro, encargadas de distribuir la energía eléctrica procedente de la unidad de acometida.

- **Unidad Funcional de Salidas BT**

Constituida por tres bases tripolares verticales cerradas con cortacircuitos fusibles, de apertura unipolar en carga, tipo BTVC de 400 A.

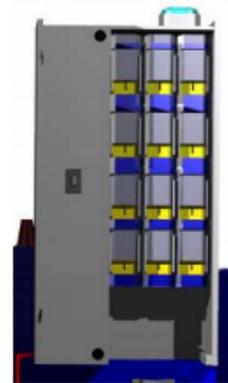


Figura 1.11: Cuadro de Baja Tensión

Figura 5. Detalle Cuadro de Baja Tensión del CT

Fuente: Catálogo Ormazabal

### 1.6.2.3 DESCRIPCIÓN DEL TRANSFORMADOR

El transformador elegido de 160 kVA tiene las siguientes características:

- Transformador
  - Potencia asignada: 160 kVA.
  - Tensión nominal en vacío MT/BT: 20 kV/420 V
  - Tomas de regulación de tensión: (1): +7,5%; (2): +5%; (3): +2,5%; (4): 0%; (5): -2,5%
  - Grupo de conexión: Dyn11
  - Impedancia de cortocircuito a 75°C: 4%
  - Tipo de refrigeración: ONAN



- Aparamenta MT
  - Aislamiento SF<sub>6</sub>.
  - Tensión nominal: 24 kV.
    - Embarrado
      - Intensidad asignada: 200 A.
      - Intensidad de corta duración admisible asignada: 16 kA ef.(1 s).
      - Valor de cresta: 40 kA.
    - Interruptor seccionador
      - Intensidad asignada: 400 A
      - Intensidad de corta duración admisible asignada: 16 kA ef.(1 s).
      - Valor de cresta: 40 kA.
      - Poder de cierre sobre cortocircuito: 16 kA/40 kA.
      - N° de cierres contra cortocircuito CO/CO: 5
    - Seccionador de puesta a tierra
      - Intensidad de corta duración admisible asignada: 16 kA ef.(1 s).
      - Valor de cresta: 40 kA.
      - Poder de cierre sobre cortocircuito: 16 kA/40 kA.
      - N° de cierres contra cortocircuito CO/CO: 5
- Aparamenta BT
  - Nivel de aislamiento: Frecuencia Ind.: 10 kV (f-n) / 2,5 kV (f-f)  
Onda de choque: 20 kV.
  - Intensidad asignada embarrado general: 630 A.
    - Bases tripolares verticales
      - Intensidad asignada: 400 A.

#### 1.6.2.4 MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

En centros de transformación tipo "abonado" la medida de energía se realizará mediante un cuadro de contadores conectado al secundario de los transformadores de intensidad y de tensión de la celda de medida. Por lo que la medida del consumo eléctrico se realizará en el propio centro de transformación.



#### 1.6.2.5 INSTALACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Las condiciones del lugar de instalación, su diseño, tanto por razones técnicas como para protección y seguridad de las personas y bienes, quedan definidas en el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión (RAT) y sus instrucciones técnicas y en la Normativa de cada Comunidad Autónoma. Así mismo, hay que tener en cuenta las instrucciones de montaje de la Empresa Eléctrica que, conocedora de la reglamentación, también tiene en cuenta las particularidades de la red eléctrica a la que el CT va conectado.

La operación de instalación consiste en posicionar el CTR-2 en la excavación practicada al efecto y conexas los cables de MT y BT así como la red de tierras exteriores.

#### 1.6.2.6 PREPARACION DEL TERRENO

Para la instalación del CTR-2 se precisa de una excavación, incluyendo anillo de tierras. Hay que tener en cuenta que no se debe sobrepasar la línea de enterramiento marcada sobre las paredes de la envolvente de hormigón, siendo la altura máxima de enterramiento 510 mm medidos desde su base.

Estas cotas se adaptan en cada caso a la solución adoptada para la red de tierras.

#### 1.6.2.7 PROCESO DE NIVELACIÓN

Para un correcto montaje del edificio es importante la nivelación del terreno. Se recomienda instalar una capa de arena compactada, de 100 mm de espesor, en todo el fondo de la excavación sobre la cual asienta el edificio.

#### 1.6.2.8 PUESTAS A TIERRA DEL CT

Las puestas a tierra del centro de transformación se dimensionarán regidas por la ITC-RAT 13 y el procedimiento de puestas a tierra de Unesa.

En ellos se indica que existen dos puestas a tierra diferenciadas:

- Puesta a tierra de protección.

A la que se conectarán las partes conductoras del centro de transformación que no estén sometidos normalmente a tensión eléctrica, pero que pudieran ser puestos en tensión por averías o contactos accidentales, a fin de proteger a las personas contra contactos con

tensiones peligrosas. Y elementos tales como envolventes metálicas de celdas o cuadros de baja tensión, armadura del edificio, rejillas, etc. No se unirán las rejillas y puertas metálicas del centro, si son accesibles desde el exterior.

La tierra de protección se realizará mediante cable de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> formando un anillo, además de picas de acero cobrizado si se considera oportuno.

- Puesta a tierra de servicio.

Es la conexión que tiene por objeto unir a tierra temporalmente parte de las instalaciones que están normalmente bajo tensión o permanentemente ciertos puntos de los circuitos eléctricos de servicio tales como el neutro del transformador.

La tierra interior de servicio se realizará con cable de 50 mm<sup>2</sup> de cobre aislado 0,6/1 kV.

### 1.6.3 INSTALACIONES DE ENLACE

#### 1.6.3.1 LÍNEA DE ENLACE

En el caso estudiado, tenemos como única línea de enlace desde la caja de fusibles de BT de salida del transformador hasta el interruptor general de alimentación del cuadro general. En el anejo II de cálculos eléctricos ésta línea se ha denominado “Línea TRAF0”. Se trata de una línea subterránea que tendrá una sección de 3x150/70mm<sup>2</sup>Cu y el conductor será de tipo RZ1-K(AS).

#### 1.6.3.2 CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN

El cuadro general será el encargado de repartir la energía a los receptores eléctricos de la instalación. En él se situará el interruptor automático general y las distintas protecciones de los subcuadros y circuitos a los que alimenta.

La altura a la que se situarán los dispositivos generales e individuales de mando y protección, siendo esta medida desde el nivel del suelo, estará entre 1 y 2 metros según la ITC-BT 17.

Se utilizará un armario con un grado de protección de IP66- IK10 de doble aislamiento (clase II). La capacidad del armario es de 60 módulos fabricado en material termoplástico y con puerta.



Este cuadro distribuye a todos los receptores existentes en la instalación; tanto al resto de subcuadros como circuitos que alimentan directamente a los receptores. Las salidas de los diferentes circuitos estarán protegidas por interruptores diferenciales y por interruptores automáticos seleccionados según la potencia de cada uno de los circuitos.

A este cuadro, el cual se encuentra en la sala de cuadros eléctricos de la planta baja, le llega también la alimentación desde el grupo electrógeno de emergencia.

Para la gestión de este grupo se ha montado un sistema de conmutación automática para controlar su puesta en marcha del grupo. Además se han añadido unos contactores, enclavados con el contactor principal del grupo electrógeno, en las líneas de receptores no esenciales para que no sean alimentados por el grupo electrógeno cuando entre en funcionamiento.

A mayores, tenemos en el cuadro general el interruptor que alimenta a la batería automática de condensadores para el control de la energía reactiva.

## **1.6.4 INSTALACIONES INTERIORES**

### **1.6.4.1 CONDUCTORES**

La instalación proyectada está incluida en las instalaciones de pública concurrencia, las cuales están reglamentadas por la ITC-BT-28. Las canalizaciones y conductores de los locales de pública concurrencia se deben realizar según lo dispuesto en las ITCBT-19 e ITC-BT-20.

Los conductores deberán cumplir las siguientes especificaciones:

- Conductores aislados, de tensión asignada no inferior a 450/750 V, colocados bajo tubos o canales protectores, preferentemente empotrados en especial en las zonas accesibles al público.
- Conductores aislados, de tensión asignada no inferior a 450/750 V, con cubierta de protección, colocados en huecos de la construcción totalmente construidos en materiales incombustibles de resistencia al fuego RF-120, como mínimo.
- Conductores rígidos aislados, de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV, armados, colocados directamente sobre las paredes.

Los cables eléctricos a utilizar en este tipo de instalaciones, serán no propagadores de incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a las de la norma UNE 21123 o la norma UNE 211002, cumplen con estas características.



Los conductores que se utilizarán principalmente en la instalación y que cumplen las normas citadas anteriormente son:

- Cable ES07Z1-K(AS). Conductor no propagador de incendios, unipolar aislado de tensión asignada 450/750 V, con conductor de cobre clase 5. El aislamiento es compuesto termoplástico a base de poliolefina con baja emisión de humos y gases corrosivos.  
Será utilizado también este mismo cable pero resistente al fuego (AS+)
- Cable RZ1-K (AS). Conductor no propagador del incendio, de tensión asignada 0,6/1 kV, con conductor de cobre clase 5 y un aislamiento de compuesto termoestable a base de poliolefina con baja emisión de humos y gases corrosivos.  
Será utilizado también este mismo cable pero resistente al fuego (AS+)

Los conductores utilizados para cada tipo de línea han sido los siguientes:

- Líneas subcuadro y derivación individual: RZ1-K(AS)
- Líneas de fuerza: ES07Z1-K(AS)
- Derivaciones: ES07Z1-K(AS)
- Líneas de iluminación: ES07Z1-K(AS)
- Iluminación de emergencia y alimentación caldera: ES07Z1-K(AS+)
- Alimentación ascensor: RZ1-K(AS+)

#### 1.6.4.2 CANALIZACIONES

Para la protección y sujeción de los conductores se instalan una serie de canalizaciones, los cuales dependiendo de la zona donde se situarán, irán de una manera u otra.

Los distintos tipos de canalizaciones son las siguientes:

- Canalizaciones subterráneas bajo tubo.
- Bandeja perforada
- Bandeja no perforada.
- Montaje superficial bajo tubo o empotrado en obra.
- Empotrados o por falso techo con tubo protector.

En este emplazamiento se utilizarán principalmente canalizaciones empotradas o por falso techo con tubo protector y excepcionalmente en bandeja perforada.



#### 1.6.4.3 SUBDIVISIÓN DE LAS INSTALACIONES

Las instalaciones se subdividirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación, por ejemplo a un sector del edificio, a una planta, a un solo local, etc., para lo cual los dispositivos de protección de cada circuito estarán adecuadamente coordinados y serán selectivos con los dispositivos generales de protección que les precedan.

Toda instalación se dividirá en varios circuitos, según las necesidades, a fin de:

- Evitar las interrupciones innecesarias de todo el circuito y limitar las consecuencias de un fallo.
- Facilitar las verificaciones, ensayos y mantenimientos.
- Evitar los riesgos que podrían resultar del fallo de un solo circuito que pudiera dividirse, como por ejemplo si solo hay un circuito de alumbrado.

En el caso estudiado se ha hecho un reparto de las cargas por subcuadros en función de las zonas que alimentan para una mayor rapidez de actuación. A su vez los circuitos se han dividido dependiendo el tipo de cargas que estén siendo alimentadas como se puede ver en apartado de planos.

#### 1.6.4.4 EQUILIBRADO DE CARGAS

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases o conductores polares.

Como se ha indicado en el apartado 1.6.1 de este documento, se ha realizado una distribución de cargas equitativa.

#### 1.6.4.5 CONEXIONES

Todo receptor será accionado por un dispositivo que puede ir incorporado al mismo o a la instalación de alimentación. Para este accionamiento se utilizará alguno de los dispositivos indicados en la instrucción ITC BT-19.

Los receptores podrán conectarse a las canalizaciones directamente o por intermedio de un conductor movable. Cuando esta conexión se efectúe directamente a una canalización fija, los receptores se situarán de manera que se pueda verificar su funcionamiento, proceder a su mantenimiento y controlar esta conexión. Si la conexión se efectuara por intermedio de un

conductor móvil, este incluirá el número de conductores necesarios y, si procede, el conductor de protección.

En los receptores que produzcan calor, si las partes del mismo que puedan tocar a su conductor de alimentación alcanzan más de 85 grados centígrados de temperatura, la envolvente exterior del conductor no será de materia termoplástica.

La conexión de conductores móviles a la instalación alimentadora se realizará utilizando:

- Tomas de corriente.
- Cajas de conexión.

La tensión asignada de los cables utilizados será como mínimo la tensión de alimentación y nunca inferior a 300/300 V. Sus secciones no serán inferiores a 0,5 mm<sup>2</sup>. Las características del cable a emplear serán coherentes con su utilización prevista.

Las clavijas utilizadas para la conexión de los receptores a las base de toma de corriente de la instalación de alimentación serán del tipo C2a de la norma UNE 20315.

*C2a: Base bipolar con contacto lateral de tierra 10/16A 250V  
(Base de 10/16A de uso general)*

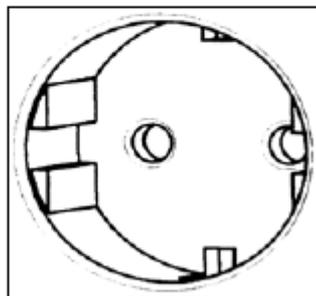


Figura 6. Toma de corriente tipo C2a

Fuente: Guía Técnica de aplicación de la ITC-BT- 19 del REBT.

## 1.6.5 PROTECCIONES

### 1.6.5.1 PROTECCIÓN CONTRA SOBREENSIDADES

Todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobreenintensidades que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la

interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado para las sobreintensidades previsibles.

Las sobreintensidades pueden estar motivadas por:

- Sobrecargas debidas a los aparatos de utilización o defectos de aislamiento de gran impedancia.
- Cortocircuitos.
- Descargas eléctricas atmosféricas.

Con lo que la ITC-BT 22 establece que tienen que existir protecciones contra:

- Protección contra sobrecargas. El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizada por el dispositivo de protección utilizado. El dispositivo de protección podrá estar constituido por un interruptor automático de corte omnipolar con curva térmica de corte, o por cortocircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.
- Protección contra cortocircuitos. En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su conexión. Se admite, no obstante, que cuando se trate de circuitos derivados de uno principal, cada uno de estos circuitos derivados disponga de protección contra sobrecargas, mientras que un solo dispositivo general pueda asegurar la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados. Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte omnipolar.

#### 1.6.5.2 PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES

La ITC-BT 23 indica que se pueden dar dos tipos de situaciones de sobretensiones:

- Situación natural: cuando no es preciso la protección contra las sobretensiones transitorias.  
Cuando se prevé un bajo riesgo de sobretensiones en una instalación (debido a que está alimentada por una red subterránea en su totalidad), se considera suficiente la resistencia de las sobretensiones de los equipos que se indica en la Tabla 1 de la ITC citada y no se requiere ninguna protección suplementaria contra las sobretensiones transitorias.
- Situación controlada: cuando es preciso la protección contra las sobreintensidades transitorias.  
Cuando la instalación se alimenta o incluye una línea aérea con conductores desnudos o asilados, se considera necesaria una

protección contra sobretensiones de origen atmosférico en el origen de la instalación.

Para determinar la necesidad de protecciones contra sobretensiones por efecto del rayo y su cálculo se ha consultado el Documento Básico SUA del CTE en la sección 8 sobre Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo. Aquí se define que será necesaria la instalación de un sistema de protección contra el rayo cuando la frecuencia esperada de impactos  $N_e$  sea mayor que el riesgo admisible  $N_a$ .

Para el cálculo de  $N_e$  se tiene la siguiente expresión:

$$N_e = N_g A_e C_1 10^{-6}$$

Siendo:

$N_g$ : densidad de impactos sobre el terreno en función de zona ( $n^\circ$  impactos/año,  $\text{km}^2$ )

$A_e$ : superficie de captura equivalente del edificio aislado en  $\text{m}^2$ , que es la delimitada por una línea trazada a una distancia  $3H$  de cada uno de los puntos del perímetro del edificio, siendo  $H$  la altura del edificio en el punto del perímetro considerado.

$C_1$ : coeficiente relacionado con el entorno, según la tabla 1.1.

El valor  $N_a$  se obtiene de la siguiente expresión:

$$N_a = \frac{5.5}{C_2 C_3 C_4 C_5} 10^{-3}$$

Siendo:

$C_2$ : coeficiente en función del tipo de construcción, conforme a la tabla 1.2;

$C_3$ : coeficiente en función del contenido del edificio, conforme a la tabla 1.3;

$C_4$ : coeficiente en función del uso del edificio, conforme a la tabla 1.4;

$C_5$ : coeficiente en función de la necesidad de continuidad en las actividades que se desarrollan en el edificio, conforme a la tabla 1.5.

Situación del edificio	$C_1$
Próximo a otros edificios o árboles de la misma altura o más altos	0,5
Rodeado de edificios más bajos	0,75
Aislado	1
Aislado sobre una colina o promontorio	2

Figura 7. Tabla coeficiente  $C_1$ 

Fuente: CTE DB SUA 8

	Cubierta metálica	Cubierta de hormigón	Cubierta de madera
Estructura metálica	0,5	1	2
Estructura de hormigón	1	1	2,5
Estructura de madera	2	2,5	3

Edificio con contenido inflamable	3
Otros contenidos	1

Edificios no ocupados normalmente	0,5
Usos Pública Concurrencia, Sanitario, Comercial, Docente	3
Resto de edificios	1

Edificios cuyo deterioro pueda interrumpir un servicio imprescindible (hospitales, bomberos, ...) o pueda ocasionar un impacto ambiental grave	5
Resto de edificios	1

Figura 8. Tablas coeficientes  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_4$  y  $C_5$ 

Fuente: CTE DB SUA 8

### 1.6.5.3 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS

Esta protección está destinada a proteger a las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos.

Las protecciones a utilizar según la ITC-BT-24 son las siguientes:

- Protección por aislamiento de las partes activas.

Las partes activas deberán estar recubiertas de un aislamiento que no pueda ser eliminado más que destruyéndolo.

- Protección por medio de barreras o envolventes.

Las partes activas deben estar situadas en el interior de las envolventes o detrás de barreras que posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB, según UNE 20324:1993. Si se necesitan aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las

personas o animales domésticos toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.

Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que son fácilmente accesibles, deben responder como mínimo al grado de protección IP4X o IP XXD.

Las barreras o envolventes deben fijarse de manera segura y ser de una robustez y durabilidad suficientes para mantener los grados de protección exigidos, con una separación suficiente de las partes activas en las condiciones normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas.

Cuando sea necesario suprimir las barreras, abrir las envolventes o quitar partes de éstas, esto no debe ser posible más que:

- Con la ayuda de una llave o de una herramienta.
  - Después de quitar la tensión de las partes activas protegidas por estas barreras o estas envolventes, sin estar restablecida la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o las envolventes.
  - Si hay interpuesta una segunda barrera que posee como mínimo el grado de protección IP2X o IP XXB, que no pueda ser quitada más que con la ayuda de una llave o de una herramienta y que impida todo contacto con las partes activas.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual.

Esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos.

El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA, se reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.

En el apartado de cálculos se especifican las protecciones para cada línea elegidas.

#### 1.6.5.4 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS

La protección contra contactos indirectos se conseguirá mediante "corte automático de la alimentación". Esta medida consiste en impedir, después de la aparición de un fallo, que una tensión de contacto de valor

suficiente se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar como resultado un riesgo. La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales y a 24 V en locales húmedos.

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra. El punto neutro de cada generador o transformador debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_a \times I_a \leq U$$

donde:

$R_a$ : suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.

$I_a$ : corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual asignada.

$U$ : tensión de contacto límite convencional (50 ó 24V).

En el apartado de cálculos se especifican las protecciones para cada línea elegidas.

#### 1.6.5.5 RÉGIMEN DEL NEUTRO

Para la elección de las medidas de protección contra contactos indirectos y sobretensiones, así como de las especificaciones de los dispositivos de protección de realizar estas funciones, será necesario elegir el esquema de distribución empleado.

Los esquemas de distribución se establecen en función de las conexiones a tierra de la red de distribución o de la alimentación, por un lado, y de las masas de instalación receptora, por otro, de forma independiente.

En el caso de estudio se ha elegido un sistema T-T que significa que por un lado está el neutro del centro de transformación está conectado a tierra y por otro lo están las masas de la instalación de tal forma que no se conectan entre sí.

Se ha elegido este esquema ya que es el más seguro para las personas debido a que las tensiones entre masa y tierra son muy pequeñas.

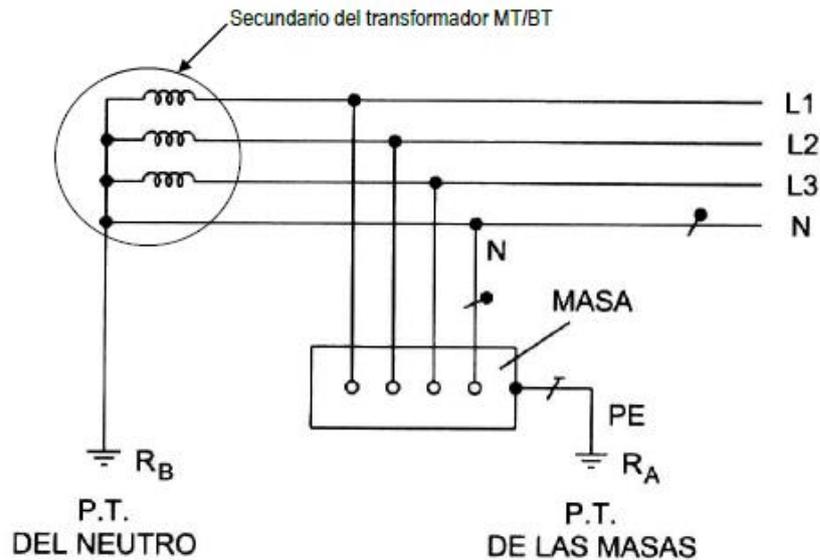


Figura 9. Régimen de neutro TT

Fuente: Apuntes Centros de Transformación e Instalaciones de Baja Tensión.

### 1.6.6 PUESTA A TIERRA DE LA INSTALACIÓN

Además de las tierras de protección y servicio del centro de transformación descritas en el apartado 1.6.2.8, será necesario la instalación de la puesta a tierra de las masas del edificio.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo mediante una toma de tierra con un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo. Consistirá de un cable rígido de Cu desnudo formando un anillo cerrado que interese a todo el perímetro del edificio y de  $S = 35\text{mm}^2$ . A este conductor se unirán electrodos o picas para disminuir la resistencia de tierra e irá conectado a la estructura del edificio mediante soldadura aluminotérmica.

Esta puesta a tierra se une al borne principal de tierra del cuadro general a través de una caja de seccionamiento y medida de puesta a tierra situada junto al cuadro, desde donde partirán las derivaciones a los subcuadros y los conductores de protección a los distintos receptores.

Para la medida de la resistencia a tierra debe colocarse un dispositivo accesible y desmontable el cual puede estar combinado con el borne principal de tierra.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima según los siguientes valores:



Sección conductores fase (mm <sup>2</sup> )	Sección conductores protección (mm <sup>2</sup> )
$S_f \leq 16$	$S_f$
$16 < S_f \leq 35$	16
$S_f > 35$	$S_f/2$

En todos los casos, los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- 2,5 mm<sup>2</sup>, si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm<sup>2</sup>, si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

- conductores en los cables multiconductores.
- conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos.
- conductores separados desnudos o aislados.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección. Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección.

El valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor
- 50 V en los demás casos.

Si las condiciones de la instalación son tales que pueden dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados a la corriente de servicio.

### **1.6.7 PRESCRIPCIONES PARTICULARES EN EDIFICIOS DE PÚBLICA CONCURRENCIA**

Se deberán cumplir las especificaciones de la ITC-BT 28 (apartados 4 y 5) del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en la se indican las prescripciones particulares que se deben cumplir en locales de pública concurrencia como es el caso de estudio. Además de estas indicaciones, esta ITC también nos señala la forma de alimentación de los servicios de seguridad y alumbrados de emergencia que a continuación se indican.



- Alimentación de los servicios de seguridad

Para los servicios de seguridad la fuente de energía debe ser elegida de forma que la alimentación esté asegurada durante un tiempo apropiado.

Para que los servicios de seguridad funcionen en caso de incendio, los equipos y materiales utilizados deben presentar, por construcción o por instalación, una resistencia al fuego de duración apropiada.

Se elegirán preferentemente medidas de protección contra los contactos indirectos sin corte automático al primer defecto.

Se pueden utilizar las siguientes fuentes de alimentación:

- Baterías de acumuladores.
- Generadores independientes.
- Derivaciones separadas de la red de distribución, independientes de la alimentación normal.

Las fuentes para servicios complementarios o de seguridad deben estar instaladas en lugar fijo y de forma que no puedan ser afectadas por el fallo de la fuente normal. Además, con excepción de los equipos autónomos, deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Se instalarán en emplazamiento apropiado, accesible solamente a las personas cualificadas o expertas.

- El emplazamiento estará convenientemente ventilado, de forma que los gases y los humos que produzcan no puedan propagarse en los locales accesibles a las personas.

- No se admiten derivaciones separadas, independientes y alimentadas por una red de distribución pública, salvo si se asegura que las dos derivaciones no puedan fallar simultáneamente.

- Cuando exista una sola fuente para los servicios de seguridad, ésta no debe ser utilizada para otros usos. Sin embargo, cuando se dispone de varias fuentes, pueden utilizarse igualmente como fuentes de reemplazamiento, con la condición, de que en caso de fallo de una de ellas, la potencia todavía disponible sea suficiente para garantizar la puesta en funcionamiento de todos los servicios de seguridad, siendo necesario generalmente, el corte automático de los equipos no concernientes a la seguridad.

La puesta en funcionamiento se realizará al producirse la falta de tensión en los circuitos alimentados por los diferentes suministros



procedentes de la Empresa o Empresas distribuidoras de energía eléctrica, o cuando aquella tensión descienda por debajo del 70% de su valor nominal.

La capacidad mínima de una fuente propia de energía será, como norma general, la precisa para proveer al alumbrado de seguridad (alumbrado de evacuación, alumbrado ambiente y alumbrado de zonas de alto riesgo).

Todos los locales de pública concurrencia deberán disponer de alumbrado de emergencia (alumbrado de seguridad y alumbrado de reemplazamiento, según los casos).

Deberán disponer de suministro de socorro (potencia mínima: 15 % del total contratado) los locales de espectáculos y actividades recreativas cualquiera que sea su ocupación y los locales de reunión, trabajo y usos sanitarios con una ocupación prevista de más de 300 personas.

- Suministros complementarios para la iluminación de emergencia

Por ser un local de pública concurrencia deberá disponer de alumbrado de emergencia.

Para la iluminación de emergencia se pueden utilizar varios métodos, los cuales son:

- Equipos autónomos: Estas luminarias incorporan una batería con una autonomía mínima de una hora. Las baterías se cargan mediante la red, mientras esto ocurre un testigo led indica que éstas se están cargando. Hay dos tipos de luminarias autónomas, las permanentes y las no permanentes, siendo las primeras las que están encendidas tanto reciban o no suministro eléctrico, y las no permanentes solo entrarán en funcionamiento cuando no reciban suministro eléctrico.
- Alimentación mediante baterías de acumuladores: Las luminarias estarían alimentadas mediante baterías de acumuladores, las cuales estarían ubicadas en una zona técnica. Estas baterías sólo entrarán en funcionamiento en el caso de que las luminarias no recibieran suministro eléctrico.
- Grupo electrógeno: Las luminarias estarían alimentadas mediante un grupo electrógeno, el cual estaría ubicado en una zona técnica. Este grupo entraría en funcionamiento en el caso de que las luminarias no recibieran suministro eléctrico.

Los alumbrados de emergencia se clasifican del siguiente modo:

- Alumbrado de seguridad:



Es el alumbrado de emergencia previsto para garantizar la seguridad de las personas que evacuen una zona o que tienen que terminar un trabajo potencialmente peligroso antes de abandonar la zona.

El alumbrado de seguridad estará previsto para entrar en funcionamiento automáticamente cuando se produce el fallo del alumbrado general o cuando la tensión de éste baje a menos del 70% de su valor nominal.

La instalación de este alumbrado será fija y estará provista de fuentes propias de energía. Sólo se podrá utilizar el suministro exterior para proceder a su carga, cuando la fuente propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores o aparatos autónomos automáticos.

- Alumbrado de evacuación:

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para garantizar el reconocimiento y la utilización de los medios o rutas de evacuación cuando los locales estén o puedan estar ocupados.

En rutas de evacuación, el alumbrado de evacuación debe proporcionar, a nivel del suelo y en el eje de los pasos principales, una iluminancia horizontal mínima de 1 lux.

En los puntos en los que estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios que exijan utilización manual y en los cuadros de distribución del alumbrado, la iluminancia mínima será de 5 lux.

La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en el eje de los pasos principales será menor de 40.

El alumbrado de evacuación deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo durante una hora, proporcionando la iluminancia prevista.

- Alumbrado ambiente o antipánico:

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para evitar todo riesgo de pánico y proporcionar una iluminación ambiente adecuada que permita a los ocupantes identificar y acceder a las rutas de evacuación e identificar obstáculos.

El alumbrado ambiente o anti-pánico debe proporcionar una iluminancia horizontal mínima de 0,5 lux en todo el espacio considerado, desde el suelo hasta una altura de 1 m.

La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en todo el espacio considerado será menor de 40.

El alumbrado ambiente o anti-pánico deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo durante una hora, proporcionando la iluminancia prevista.

- Alumbrado de zonas de alto riesgo:

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para garantizar la seguridad de las personas ocupadas en actividades potencialmente peligrosas o que trabajan en un entorno peligroso. Permite la interrupción de los trabajos con seguridad para el operador y para los otros ocupantes del local.

El alumbrado de las zonas de alto riesgo debe proporcionar una iluminancia mínima de 15 lux o el 10% de la iluminancia normal, tomando siempre el mayor de los valores.

La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en todo el espacio considerado será menor de 10.

El alumbrado de las zonas de alto riesgo deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo el tiempo necesario para abandonar la actividad o zona de alto riesgo

En resumen, el alumbrado de seguridad, se puede dividir en tres tipos diferenciados de alumbrado:

- De evacuación: Debe ser de 1 lx en el suelo, en el eje de los pasos principales, y debe identificar los equipos contra incendios y los cuadros de distribución.
- De ambiente o antipánico: Permite la identificación y el acceso a las rutas de emergencia. 0.5 lux en todo el espacio hasta 1 m de altura
- Zonas de alto riesgo: Mínimo 15 lx, o 10% de la iluminación normal.

En el caso estudiado no consideramos ninguna zona de alto riesgo por lo que los cálculos se centrarán en cumplir con las especificaciones de los otros dos tipos de alumbrado.

Las luminarias se instalarán en los lugares indicados por el apartado 3.3.1 de la ITC-BT 28 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

## 1.6.8 COMPENSACIÓN DE REACTIVA

### - Necesidad de compensación

La potencia reactiva es la consumida por los motores, transformadores y todos los dispositivos o aparatos eléctricos que poseen algún tipo de bobina para crear un campo electromagnético. Esas bobinas, que forman parte del circuito eléctrico, constituyen cargas para el sistema eléctrico que consumen tanto potencia activa como potencia reactiva y la eficiencia de su trabajo depende el factor de potencia. Mientras más bajo sea el factor de potencia (más alejado de la unidad) mayor será la potencia reactiva consumida.

El transporte de esta energía produce mayores pérdidas en los conductores, mayores caídas de tensión, sobrecargas en los transformadores, etc. por lo que su consumo está penalizado por la compañía suministradora en la tarifa eléctrica.

Por ello es conveniente instalar un equipo capaz de compensar esta energía y conseguir un factor de potencia igual a 1.

Para conseguir esto se instalará una batería de condensadores con la potencia de compensación necesaria para nuestra instalación.

### - Normativa

La instalación de la batería de condensadores se realizará teniendo en cuenta el apartado 2.7 de la ITC-BT 43 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión que indica que:

- Se podrá realizar la compensación de la energía reactiva pero en ningún momento la energía absorbida por la red podrá ser capacitiva.
- Para compensar la totalidad de una instalación, o partes de la misma que no funcionen simultáneamente, se deberá realizar una compensación automática.
- La instalación del equipo de compensación automática deberá asegurar que la variación del factor de potencia en la instalación no sea mayor de un  $\pm 10$  % del valor medio obtenido en un prolongado período de funcionamiento.

Además, cuando se instalen condensadores y la conexión de estos pueda ser cortada por medio de interruptores, los condensadores irán provistos de resistencias o reactancias de descarga a tierra.

### - Formas de compensación



Existen tres formas diferenciables a la hora de compensar el factor de potencia de una instalación:

- Compensación global. La batería está conectada en cabecera de la instalación y asegura la compensación del conjunto de la instalación.
- Compensación parcial. En este caso la batería solo está conectada a un cuadro de distribución por tanto solamente afecta a un grupo de receptores. El resto es susceptible de consumir reactiva.
- Compensación individual. Este tipo de compensación consiste en instalar una batería de condensadores directamente a los bornes del receptor.

En nuestro caso se opta por realizar una compensación global ya que se adapta mejor a los requerimientos de energía en cada instante y es la forma más económica de compensación.

La compensación se puede realizar mediante baterías fijas de condensadores o mediante baterías de condensadores automáticas. En este caso como hemos elegido una compensación global, el reglamento nos exige utilizar una compensación automática.

Un equipo de compensación automático está constituido por 3 elementos principales:

- El regulador: Cuya función es medir el  $\cos \varphi$  de la instalación y dar las órdenes a los contactores para intentar aproximarse lo más posible al  $\cos \varphi$  objetivo, conectando los distintos escalones de potencia reactiva.
- Los contactores: Son los elementos encargados de conectar los distintos condensadores que configuran la batería.  
El número de escalones que es posible disponer en un equipo de compensación automático depende de las salidas que tenga el regulador.
- Los condensadores: Son los elementos que aportan la energía reactiva a la instalación. Normalmente la conexión interna de los mismos está hecha en triángulo.

- Solución adoptada

Como se ha indicado, se ha optado por una compensación global mediante una batería automática. Tras realizar los cálculos necesarios para saber las necesidades de compensación en el anejo II de Cálculo de la Instalación Eléctrica hemos obtenido una potencia necesaria de 81.66 kVAr. Tras analizar los resultados y tener en cuenta que en ningún momento la potencia de nuestra instalación debe ser capacitiva, se ha elegido una batería de la serie 400 de la

marca Siemens con referencia ES2:4RY0075-4NP40 con una potencia de 75 kVAr que tiene las siguientes características:

- Composición: 2x12,5+2x25 (a 400 V. y 50 Hz.)
- Dimensiones: 1150x487x256 (mm.)
- Peso: 38 (kg.)
- Conexión a red eléctrica por la parte superior mediante pasa cable.
- Fusibles a.p.r. para circuito de potencia y de mando.
- Regulador digital multifunción con alarmas configurables y puerto TTL-RS232.
- Contactores especiales con resistencias de (de desconexión mecánica).
- Condensadores tipo “CRT”.
- Armario metálico.
- Ventilación natural.
- Termostato de máxima temperatura.
- Protección contra contactos directos incluso con la puerta abierta.
- Autotransformador 400/230 V.A.C integrado no necesaria conexión de neutro.
- Montaje del equipo en vertical. No horizontal.



**Figura 10. Batería de condensadores Siemens**

Fuente: Catálogo de Baterías de condensadores Siemens

La batería se situará en la sala denominada “Grupo electrógeno”.

### 1.6.9 GRUPO ELÉCTRÓGENO

Como se ha indicado en el apartado 1.6.7 será necesario la instalación de una fuente de energía complementaria para alimentar los suministros de emergencia. En el caso estudiado, se ha elegido como suministro complementario un grupo electrógeno diésel debido a su versatilidad.

El grupo se conectará al embarrado del cuadro general de tal forma que cuando este entre en funcionamiento las cargas no esenciales se deslastraran del embarrado y así solo las cargas definidas como esenciales serán alimentadas.

Los circuitos que alimentan a las cargas no esenciales contarán con un contactor enclavado con el que alimenta el grupo electrógeno. Estos estarán normalmente cerrados y cuando se conecte el grupo electrógeno, las bobinas de estos se accionarán y abrirán el circuito.

Se ha elegido un grupo de 44 kVA capaz de alimentar como mínimo todos los circuitos de iluminación de emergencia (aunque ya incluyan sistemas autónomos de alimentación) e iluminación habitual, ascensor, motores de puertas y tomas de corriente de salas de mantenimiento y bombas. Todos estos receptores suman una potencia de cerca de 25 kW. Por lo que se ha sobredimensionado hasta un 40% de la potencia total prevista para poder incluir algún suministro adicional si existe esa necesidad.

El grupo elegido es el modelo II-044 - GAMA EMERGENCIA de la marca Inmesol que tiene las siguientes características:

- Potencia continua: 40 kVA
- Potencia emergencia: 44 kVA
- Motor: KOHLER KDI2504TM
- Alternador: MECC-ALTE ECP 32-3S/4
- Voltaje: 400/230 V
- Frecuencia: 50 Hz
- $\cos \phi$ : 0.8

#### Características del motor:

- Potencia PRP (kWm): 37.3 (potencia primaria nominal)
- Potencia LTP (kWm): 41 (potencia por tiempo limitado)
- Nº de cilindros: 4
- Cilindrada (L) : 2482
- Diámetro por carrera (mm): 88 x 102
- Ratio de compresión: 17.10
- Sistema de refrigeración: Líquido
- Inyección: Directo
- Aspiración: Turbo
- Regulador de serie: Mecánico
- Capacidad de aceite (L): 11.5
- Consumo del aceite (%): 0.10
- Caudal de refrigeración de aire (m<sup>3</sup>/h): 7200
- Caudal gases de escape (m<sup>3</sup>/h): 185
- Temp. gases de escape (°C): 530
- VDC (V): 12
- Batería (Ah): 90

#### Características del alternador

- Potencia PRP (kVA): 42.50 (potencia primaria nominal)
- Potencia LTP (kVA): 46.75 (potencia por tiempo limitado)
- Eficiencia Alt. 3/4 (%): 89.10

- Eficiencia Alt. 4/4 (%): 88.60
- N° de polos: 4
- Regulador de tensión: DSR
- N° de hilos: 12
- Aislamiento: H
- Xd (%): 190
- X'd (%): 14.30
- X: 10
- Grado de protección IP23

#### Consumo del grupo electrógeno

- Al 50 %: 5.70 l/h
- Al 75 %: 8 l/h
- Al 100 %: 10.3 l/h

#### Dimensiones

- Largo (mm): 2500
- Ancho (mm): 1100
- Alto (mm): 1455

Nivel de ruido: 64 dB a 7 m



Figura 11. Grupo electrógeno Inmesol

Fuente: Catálogo Inmesol

Los grupos electrógenos INMESOL cumplen la legislación Europea y disponen del marcado CE, que incluye las siguientes Directivas:

- 2006/42/CE relativa a la Seguridad de Máquinas.

- 2005/88/CE relativa a las Emisiones Sonoras en el entorno debidas a las máquinas de uso al aire libre (modifica a la 2000/14/CE).
- 2014/30/UE relativa a Compatibilidad Electromagnética.
- 2014/35/UE relativa a Seguridad Eléctrica, material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión
- 2002/88/CE y 2004/26/CE que modifican la 97/68/CE, sobre la emisión de gases y partículas contaminantes procedentes de los motores de combustión interna que se instalan en las máquinas móviles no de carretera.

El grupo electrógeno es comandado por un cuadro de control automático con conmutación DSE 6020 MKII que arranca el grupo cuando detecta un fallo en la red principal y lo para cuando se restablece el servicio. Este cuadro está alojado en un armario metálico separado del grupo.

## **1.7 INSTALACIONES DE ALUMBRADO**

Para la instalación de alumbrado se han seguido las normas UNE-EN 12193:2009, UNE-EN 12464-1:2012 y el documento del Código Técnico de la Edificación sobre eficiencia energética en instalaciones de iluminación CTE HE3 ya que es un edificio de nueva construcción y por tanto le afecta.

Con respecto a la normativa consultada para la iluminación de emergencias, han sido consultadas tanto la CTE-DB SU-4 del código técnico de la edificación como la ITC-BT 28 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

### **1.7.1 ALUMBRADO INTERIOR**

En el diseño del alumbrado interior de la instalación se ha optado por utilizar luminarias con tecnología LED debido a las ventajas ya citadas que tienen este tipo de lámparas.

Para el dimensionamiento se han marcado como valores mínimos de iluminancias medias ( $E_m$ ) a conseguir los mostrados en la siguiente tabla, cumpliendo la normativa descrita.

Zona	Nivel de iluminación media mínima (lux)
Cancha de juego	400

Vestuarios	150
Baños	150
Bar	300
Oficinas	500
Almacenes	150
Salas de mantenimiento	100-200
Salones de actos	400
Enfermerías	250
Circulaciones	100
Gradas	100
Gimnasio	200

**Tabla 12. Necesidades de iluminación**

Elaboración propia

Para los cálculos por estancias desarrollados en el anexo de cálculos se ha utilizado el programa Dialux. En el apartado de planos se puede ver la distribución de las luminarias.

Las luminarias utilizadas pertenecen a la marca comercial Philips y como se ha señalado son de tecnología LED y además todas ellas son regulables para una mayor eficiencia energética. En la tabla de abajo se muestra en pequeño resumen de ellas.

Conjunto luminaria-lámpara	Nº de luminarias instaladas
PHILIPS BY471P 1 xGRN170S/840 HRO GC	20
PHILIPS DN131B D217 1xLED20S/830	226
PHILIPS BBG390 4xLED6-40-/830 IP54	54
PHILIPS BN130C 1xLED10S/830 L871	4
PHILIPS BPK561 1xDLM2000/830	40

**Tabla 13. Luminarias instaladas**

Elaboración propia

Además se ha realizado una distribución de las luminarias de cada estancia en tres circuitos diferentes para así cumplir con el apartado 4.c) de la ITC-BT 28 donde indica que el número de líneas secundarias y su disposición en relación con el total de lámparas a alimentar deberá ser tal que el corte de corriente en cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera



parte del total de las lámparas instaladas en los locales o dependencias que se iluminan alimentadas por dichas líneas.

### 1.7.2 SISTEMAS DE ENCENDIDO

Para los sistemas de encendido, cumpliendo así con el Documento Básico HE3 del CTE sobre eficiencia en instalaciones de iluminación, se instalarán sistemas de regulación adecuados para cada tipo de estancia. Como se indicó en el apartado anterior, todas las luminarias utilizadas tienen la opción de ser reguladas y se han elegido así con este fin.

#### Solución propuesta

A continuación se procederá a describir una posible instalación para mejorar la eficiencia energética de la instalación.

Como se indicó en el apartado anterior, se han elegido diferentes soluciones en función de la estancia en la que nos encontremos.

- Cancha de juego y gradas. En la cancha se opta por instalar dimmers (potenciómetros) para controlar la intensidad de la luminaria en cada momento de forma manual. Otra opción sería la instalación de sensores de luminosidad pero la gran altura de la pista complica esta opción.
- Bar. En el bar del polideportivo lo idóneo sería la instalación de sensores de luminosidad para variar la intensidad de las luminarias en función de la luz natural ya que dispone de una gran cristalera.
- Pasillos, escaleras, recepción, aseos, vestuarios, salas de limpieza y mantenimiento. En estas zonas lo idóneo es la instalación de detectores de presencia ya que son zonas de paso que se pretende que estén iluminadas cuando alguien esté en ellas.
- Salón de actos, gimnasio, oficinas, sala de ping pong. Se instalará dimmer regulable manualmente en función de las necesidades lumínicas que se precisen.
- Enfermería, control de megafonía, cocina, almacenes. Solamente se instalarán interruptores convencionales ya que son estancias que necesitan gran intensidad lumínica para la mayoría de las acciones que se desarrollan en ellas.

Se instalarán interruptores convencionales en todas las estancias que incorporen sensores, tanto de presencia como de luminosidad, que solo se utilizarán en caso de fallo de estos.

Estancia	Sistema de encendido principal	Sistema de encendido auxiliar
Recepción	Detector de presencia	Interruptor convencional
Baños	Detector de presencia	Interruptor convencional
Salas de mantenimiento (limpieza, cuadros, grupo electrógeno, etc)	Detector de presencia	Interruptor convencional
Pasillos	Detector de presencia	Interruptor convencional
Vestuarios	Detector de presencia	Interruptor convencional
Oficinas	Dimmer	-
Enfermería	Interruptor convencional	-
Cancha	Dimmer	-
Gradas	Dimmer	-
Bar	Detector de luminosidad	Interruptor convencional
Cocina Bar	Interruptor convencional	-
Almacenes	Interruptor convencional	-
Gimnasio	Dimmer	-
Salón de actos	Dimmer	-
Control y megafonía	Interruptor convencional	-

Tabla 14. Resumen de sistemas de encendido por estancias

Fuente: Elaboración propia

La marca comercial Philips, de la cual son las luminarias introducidas, posee elementos de control mencionados anteriormente que se podrían utilizar para esta instalación:

- Multisensor Occuswitch DALI. Este dispositivo incluye sensor de presencia y de luminosidad y además hace las veces de controlador en un sólo equipo. Gracias a su sensor autónomo que detecta los niveles apropiados de luz, las luminarias reducen el flujo, se apagan o no llegan a encenderse si hay suficiente aporte de luz natural, lo que permite ahorrar hasta un promedio del 55% en los costes energéticos de iluminación. Su área de detección de movimiento es de 6 por 8 metros (montado a 2,7 m de altura). Estos sensores se colocarán en función de las escenas de luz y las luminarias deseadas.



Figura 12. Multisensor Occuswitch Philips

Fuente: <http://www.lighting.philips.es/prof/sistemas-de-control-de-alumbrado/control->

- Potenciómetro UID8620/00 DALI DIMMER. Potenciómetro compatible con luminarias con tecnología LED que regula la intensidad luminosa por medio de variación de la tensión.



Figura 13. Dimmer Philips

Fuente:

[http://www.lighting.philips.com.eg/prof/lighting-controls/smart-interfaces/smart-interfaces/913700355703\\_EU/product](http://www.lighting.philips.com.eg/prof/lighting-controls/smart-interfaces/smart-interfaces/913700355703_EU/product)

### SOLUCIÓN ADICIONAL CON NUEVAS TECNOLOGÍAS

También ha sido estudiada otra solución aunque no ha sido implementada en el apartado de cálculos debido a la poca información

técnica encontrada además de que habría que realizar un estudio económico sobre la amortización del sistema y si sería rentable en una instalación de este tipo y no es objeto de este Trabajo Fin de Grado.

Para el control de los sistemas de iluminación instalados se ha estudiado la instalación de un sistema con el estándar DALI ya que es un protocolo abierto y los dispositivos que se han elegido son compatibles con este sistema. Esta solución sería complementaria a la adoptada ya que todos los dispositivos elegidos para las estancias en las que se considera oportuno el uso de esta tecnología son compatibles con este estándar.

Se decide incluir este apartado debido al rápido avance de la domótica y las ventajas que ofrece tales como integración en un mismo software el control de otros dispositivos como persianas o control de accesos a parte de iluminación, manejo mediante control inalámbrico, infrarrojo o incluso desde aplicaciones móviles.

#### DALI (Digital Addressable Lighting Interface)

El protocolo DALI es independiente del fabricante y está diseñado para controlar digitalmente balastos electrónicos y luminarias equipadas con este tipo de tecnología. Este estándar está reconocido en la norma UNE-EN 62386-207:2009 Sus funcionalidades son las siguientes:

- Conexión (ON/OFF).
- Establecer valores de iluminación.
- Tiempos de desconexión de escenas.
- Control individual de aparatos o de grupos.
- Regulación sincronizada de todos los componentes.
- Control simultáneo de todos los aparatos.
- Límites de regulación máx. / mín.
- Confirmación del estado del aparato (lámpara on/off, nivel de iluminación, fallo en lámpara o equipo electrónico).

Su funcionamiento se basa en el control mediante dos hilos los cuales no tienen polaridad, y pueden ser conducidos por las mismas canalizaciones que la alimentación lo que es una ventaja a la hora de la instalación. La información discurre en ambas direcciones desde sensores a actuadores obteniendo así datos del estado de las luminarias.

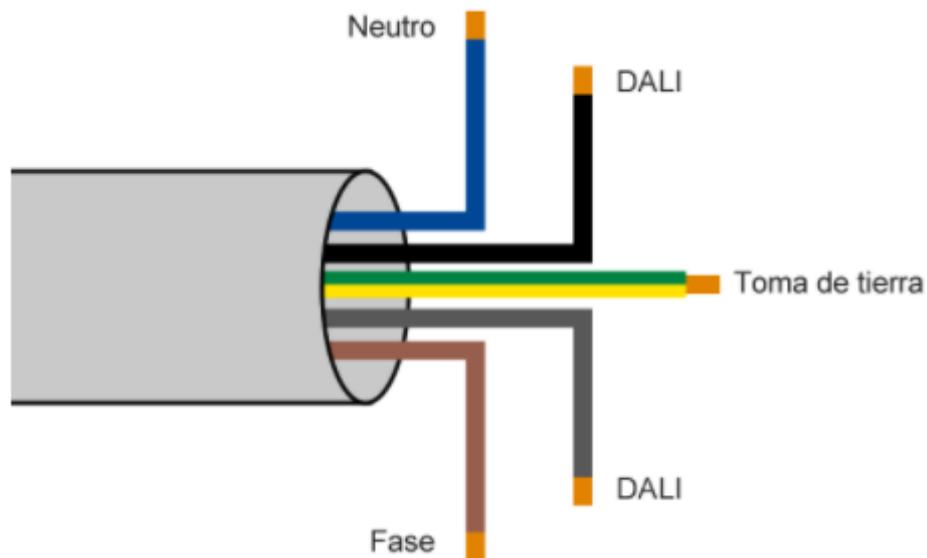


Figura 14. Esquema de conductor para sistema DALI

Fuente: <https://blog.ledbox.es/ledbox-2/productos/dali-una-interfaz-comun-para-todos-los-componentes-de-iluminacion>

Este protocolo permite controlar un máximo de 64 dispositivos DALI mediante una línea de control de dos hilos, con un alto grado de flexibilidad. Los datos técnicos del sistema son:

- Velocidad de transmisión de los datos 1200 Baudios (Bits/Seg.).
- Sistema maestro-esclavo sin control de colisión.
- Línea de control de 2 hilos.
- Interface de tensión de 16V (de 9,5V a 22,5V).
- Interface de corriente de 250mA Los dispositivos DALI necesitan un máximo de 2mA.
- No se especifican cables para muy baja tensión, no se utilizan cables especiales.
- Un máximo de 64 componentes DALI en un sistema.
- Hasta 16 grupos
- Hasta 16 escenas de iluminación.

La conmutación y la regulación se gestionan a través de la línea de control. Toda la información vital (como el estado de la lámpara) se almacena en el equipo de control y está disponible para el elemento de control. En la figura siguiente se muestra un ejemplo de instalación de un sistema con estándar DALI.

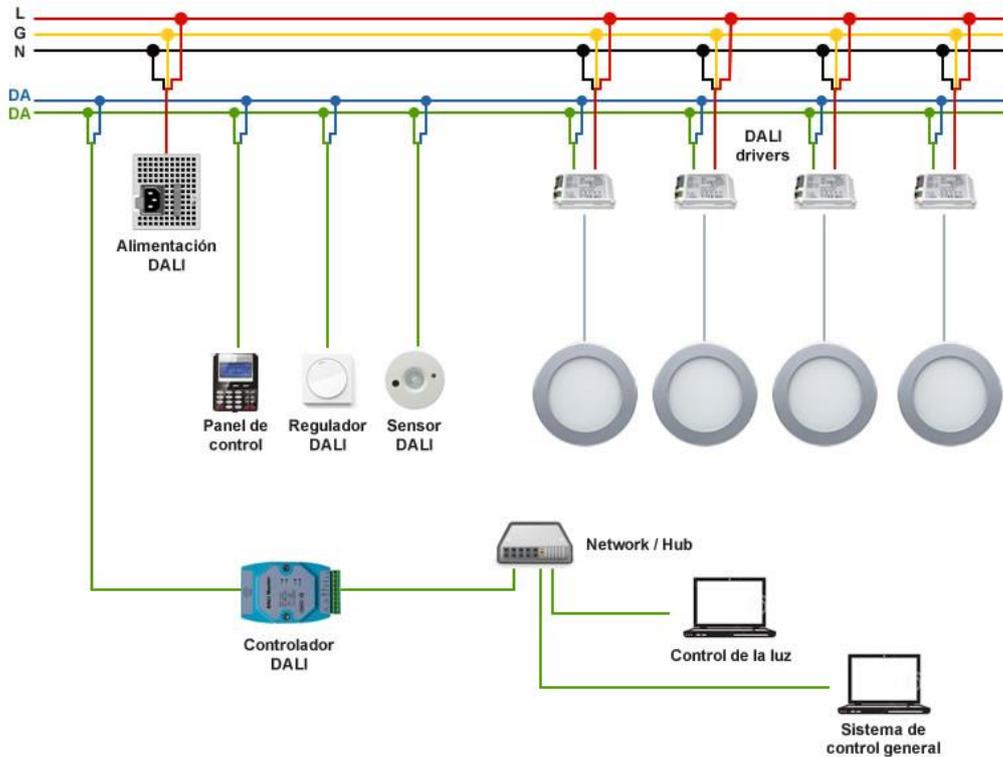


Figura 15. Ejemplo de instalación de Sistema DALI

Fuente: <https://blog.ledbox.es/ledbox-2/productos/dali-una-interfaz-comun-para-todos-los-componentes-de-iluminacion>

Además existen dispositivos denominados pasarelas que permiten integrar el control de la iluminación en un sistema de comunicación mediante el estándar KNX y tener un control total sobre el edificio, incluyendo control de accionamiento de persianas por ejemplo para mejorar las escenas de iluminación.

### 1.7.3 ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Tras haber hablado anteriormente de los tipos de alumbrado de emergencia que hay, el diseño en esta instalación se realizará para el alumbrado de evacuación y alumbrado antipánico cumpliendo con las especificaciones de la normativa.

En este caso se han elegido luminarias autónomas que incorporan una batería para el propio consumo en caso de fallo.

Para el cálculo se ha utilizado el programa Daisalux y luminarias de esta misma marca indicadas a continuación:

Modelo	Cantidad
ARGOS-M LD N2	56
HYDRA LD N3	37
NOVA LD P6	18
Z LD-2311P A	4
Z LD-4321G A	5

Tabla 15. Luminarias de emergencia instaladas

Elaboración propia

### 1.8 INSTALACIÓN DE ACS

La instalación de ACS estará alimentada por energía solar térmica para el cumplimiento de la nueva exigencia HE4 publicada en la Orden FOM/1635/2013 de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía», del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.

En este documento se indica que todos los edificios de nueva construcción tienen que incorporar un sistema de aprovechamiento solar para las instalaciones de agua caliente que cubran unas necesidades mínimas para las que proporciona unos valores mínimos a cumplir. Además de este documento, la instalación también deberá ser dimensionada acorde con las especificaciones del Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios, (RITE).

Antes de continuar con el desarrollo se va a definir el concepto de contribución solar mínima o también llamado fracción solar mínima que se refiere a la cantidad de energía solar obtenida a través del sistema de captación, dividido por la energía demandada total.



La normativa mencionada nos exige un valor mínimo según la zona geográfica en la que nos encontremos.

La instalación consta de los siguientes componentes principales:

- Captadores solares. Encargados de recoger energía solar.
- Sistema de intercambio. El cual sirve para la separación entre circuitos y aportación de calor al fluido de trabajo.
- Depósitos de acumulación. Para acumular el fluido una vez calentado para su posterior uso.
- Sistema de apoyo convencional. Se encargará de aportar el calor restante cuando el sistema solar no sea capaz de cubrir las necesidades.

La instalación se proyecta mediante conjunto de colectores solares planos intercambiador, depósito de acumulación centralizado de producción solar, circuito hidráulico de distribución y retorno, y apoyo mediante caldera centralizada sobre segundo depósito.

En el anejo II de esta memoria se realiza el dimensionamiento de la instalación el cual se ha realizado mediante dos programas online gratuitos definidos en el apartado mencionado.

Tras realizar el cálculo se propone una instalación con los siguientes componentes principales.

- 42 paneles de la marca Termicol modelo T20US con las siguientes características técnicas.

Datos energéticos		Norma de ensayo EN -12975
<b>Referida al área de apertura y <math>T_m</math></b>		
Factor óptico ( $\eta_0$ )		0,801
Factor lineal pérdidas ( $a_{01}$ ) $W/m^2K$		3,93
Factor cuadrático pérdidas ( $a_{02}$ ) $W/m^2K^2$		0,026
<b>Referida al área del absorbedor y <math>T_m</math></b>		
Factor óptico ( $\eta_0$ )		0,784
Factor lineal pérdidas ( $a_{01}$ ) $W/m^2K$		3,84
Factor cuadrático pérdidas ( $a_{02}$ ) $W/m^2K^2$		0,002
<b>Dimensiones</b>		
<b>Dimensiones externas</b>		
Largo (mm)		2130
Ancho (mm)		970
Fondo (mm)		83
Área del bruta( $m^2$ )		2,0
Área neta ( $m^2$ )		1,9
<b>Dimensiones absorbedor</b>		
Largo (mm)		2057
Ancho (mm)		925
Área del absorbedor ( $m^2$ )		1,9

Figura 16. Características colector solar Termicol T20US

Fuente: Catálogo Termicol

Estos colectores se conectarán en paralelo, con retorno invertido para que el circuito sea equilibrado tal y como se indica en la Figura 12.

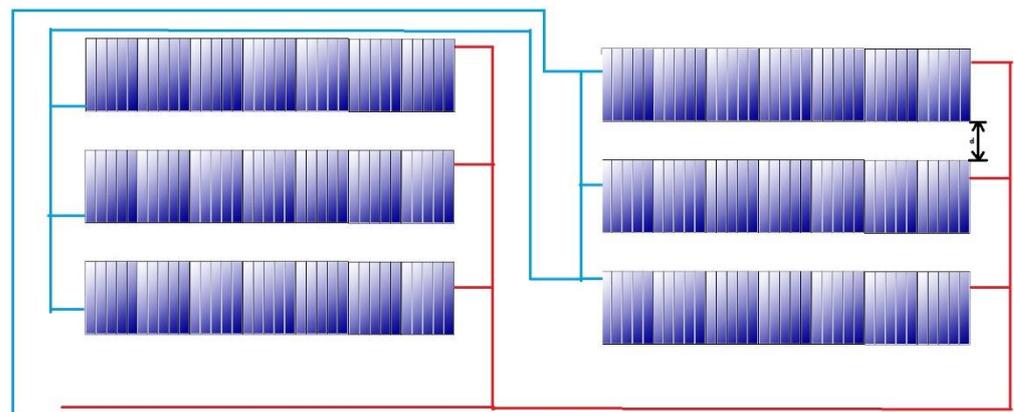


Figura 17. Sistema de conexionado en retorno invertido

Elaboración propia

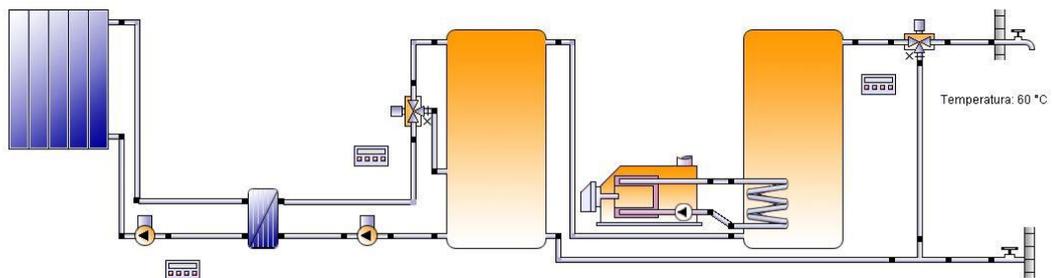
- Un intercambiador de placas del mismo fabricante con referencia INTERC-04 recomendado para un número de captadores entre 36 a 50 y su potencia de intercambio está entre 43 y 60 kW.  
La función de este dispositivo será la separación del circuito primario y secundario de nuestra instalación.
- Para el volumen de acumulación calculado de 4000 l se emplearán un acumulador modelo ATK2000S que suministra el fabricante de los captadores de 2000 litros y un acumulador con intercambiador del mismo fabricante modelo ATK2000S2.  
La función del primero será el almacenamiento del fluido calentado por los paneles para su posterior uso. El segundo, aparte de acumular también recibirá fluido desde el equipo auxiliar que en este caso se ha elegido una caldera de condensación de gasóleo.

El resto de elementos necesarios así como la definición de cada uno se han desarrollado en el apartado del Anejo de Cálculo de aporte solar mínimo para ACS.

Para la circulación de agua en el circuito principal se ha dejado una potencia para bombas de 1 CV de potencia y por sino fuera suficiente y tuviera que hacerse una posible ampliación en el apartado de previsión de cargas se reserva una potencia de 5 kW en la sala donde irían instaladas.

### Esquema de la instalación

Se ha propuesto el esquema de instalación de la figura:



**Figura 18. Esquema de instalación de ACS**

Fuente: Aplicación Polysun





# ANEJOS





## ÍNDICE DE ANEJOS

I. ANEJO DE CÁLCULOS ELÉCTRICOS.....	56
I.I ANEJO DE CÁLCULO DE APORTE SOLAR MÍNIMO PARA ACS .....	156
I.I.I ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	178





## I. ANEJO DE CÁLCULOS ELÉCTRICOS

### ÍNDICE

1. CÁLCULOS DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	58
1.1. DIMENSIONAMIENTO DEL EMBARRADO DEL CT.....	61
1.2 SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.....	62
1.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	64
1.4 DIMENSIONAMIENTO DEL POZO APAGAFUEGOS .....	64
1.5 CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA DEL CT .....	65
2 CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN .....	71
2.1 PROCESO DE CÁLCULO.....	71
2.2 FÓRMULAS UTILIZADAS .....	74
2.3 RESUMEN DE CÁLCULOS.....	78
2.4 PUESTA A TIERRA DE LAS MASAS DEL EDIFICIO.....	103
2.5 PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES.....	104
3 CÁLCULO DE ILUMINACIÓN INTERIOR .....	105
3.1 PROCESO DE CÁLCULO.....	105
3.2 LUMINARIAS UTILIZADAS.....	107
3.3 RESUMEN DE CÁLCULOS.....	112
4 CÁLCULO DE ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA .....	141
4.1 PROCESO DE CÁLCULO.....	141
4.2 LUMINARIAS UTILIZADAS.....	141
4.3 RESUMEN DE CÁLCULOS.....	147



## 1. CÁLCULOS DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

### - POTENCIA DEL TRANSFORMADOR

Para la elección del transformador tenemos que partir de los datos de la potencia prevista que tenemos para nuestro polideportivo. Esta previsión está desglosada en el apartado 1.6.1 de la memoria y a continuación se muestra un pequeño resumen por subcuadros:

CUADRO	POTENCIA (W)
SUB.PB.1	13383
SUB.PB.2	17913
SUB.PB.3	12636
Sub.CANCHA	1789
Sub.P1.1	11535
Sub.P1.2	8730
SUB_BAR	22713
Sub.P1.3	16175
CARGAS DIRECTAS CGMP	4000

Tabla 16. Previsión de cargas por subcuadros

Elaboración propia

La potencia total instalada será de 108,874 KW por tanto la potencia aparente necesaria la calcularemos con la siguiente fórmula:

$$S = \frac{P * Ku * Ks}{\cos \varphi}$$

P=Potencia instalada (KW)

Ku= Coeficiente de utilización

Ks= Coeficiente de simultaneidad

cos  $\varphi$ = factor de potencia

Como se ha indicado en la memoria de este trabajo, instalaremos una batería de condensadores para compensar el factor de potencia de la instalación hasta la unidad por tanto la potencia aparente será:

$$S = \frac{108874 * 1 * 1}{1} = 108,874 \text{ kVA}$$



Se dejará un margen de un 30% para una posible ampliación de las instalaciones obteniéndose así una potencia final de:

$$S = 141,536 \text{ kVA}$$

Por tanto elegimos el transformador inmediatamente superior que es el de 160 Kva.

#### - CÁLCULO DE LA INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN

Para el cálculo de la intensidad en el primario del transformador (lado de alta tensión) utilizaremos la siguiente expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} * U_p}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador (kVA).

U<sub>p</sub> = Tensión compuesta en el primario del trafo (kV).

I<sub>p</sub> = Intensidad en el primario del trafo (A).

Sustituyendo los valores en la ecuación anterior se obtiene:

$$I_p = \frac{160}{\sqrt{3} * 20} = 4.62 \text{ A}$$

#### - CÁLCULO DE LA INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN

En cuanto al cálculo de la intensidad en el lado de baja tensión que corresponderá al secundario del transformador se utiliza la siguiente expresión:

$$I_s = \frac{S * 1000}{\sqrt{3} * U_s}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador (kVA).

U<sub>s</sub> = Tensión compuesta en el secundario del trafo (V).

I<sub>s</sub> = Intensidad en el secundario del trafo (A).

Sustituyendo los valores en la expresión el resultado será:

$$I_s = \frac{160 * 1000}{\sqrt{3} * 400} = 230.94 \text{ A}$$



### - CÁLCULO DE CORTOCIRCUITOS

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito habrá que tener en cuenta el valor de la potencia de cortocircuito de la red de distribución a la cual nos vamos a conectar. En este caso este valor es de 350 MVA.

#### - Intensidad de cortocircuito en el primario del transformador

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} * U_p}$$

Siendo:

$S_{cc}$  = Potencia de cortocircuito de la red (MVA).

$U_p$  = Tensión compuesta en el primario del trafo (KV).

$I_{ccp}$  = Intensidad de cortocircuito en el secundario del trafo (kA).

Sustituyendo los valores obtenemos el siguiente resultado:

$$I_{ccp} = \frac{350}{\sqrt{3} * 20} = 3.68 \text{ kA}$$

#### - Intensidad de cortocircuito en el secundario del transformador

$$I_{ccs} = \frac{S * 100}{\sqrt{3} * U_s * U_{cc}(\%)}$$

Siendo:

$S$  = Potencia del transformador (kVA).

$U_s$ : Tensión compuesta en el secundario del trafo (V).

$U_{cc}$ = Tensión de cortocircuito en % del transformador.

$I_{ccp}$ = Intensidad de cortocircuito en el secundario del trafo (kA).

Sustituyendo los valores obtenemos el siguiente resultado:

$$I_{ccs} = \frac{160 * 100}{\sqrt{3} * 400 * 4} = 5.77 \text{ kA}$$



### 1.1. DIMENSIONAMIENTO DEL EMBARRADO DEL CT.

Los valores para el embarrado serán:

- Intensidad asignada o en servicio continuo: 400 A.
- Límite térmico: En 1 seg. 16 kA. de valor eficaz.
- Límite electrodinámico: 40 kA. de valor de cresta.

Por lo tanto este embarrado debe aguantar la intensidad nominal sin superar la temperatura de régimen permanente, así como los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que se produzcan durante un cortocircuito.

#### - COMPROBACIÓN POR DENSIDAD DE CORRIENTE

El objetivo de la comprobación por densidad de corriente es verificar que el conductor que constituye el embarrado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin sobrepasar la densidad de corriente máxima en régimen permanente. Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica cgmcosmos (aislamiento en SF<sub>6</sub>) conforme a la normativa vigente, se garantiza lo indicado para la intensidad asignada de 400 A.

#### - COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN ELECTRODINÁMICA

Para esta comprobación tomaremos como referencia la MIE-RAT 05 que nos indica que la resistencia mecánica de los conductores del embarrado deberá verificar, en caso de cortocircuito, la siguiente expresión:

$$\sigma_{\text{máx}} \geq \frac{(I_{\text{ccp}}^2 * L^2)}{60 * d * W}$$

Siendo:

$\sigma_{\text{máx}}$  = Valor de la carga de rotura de tracción del material de los conductores. Para cobre semiduro 2800 Kg / cm<sup>2</sup>.

$I_{\text{ccp}}$  = Intensidad permanente de cortocircuito trifásico (kA).

$L$  = Separación longitudinal entre apoyos (cm).

$d$  = Separación entre fases (cm).

$W$  = Módulo resistente de los conductores (cm<sup>3</sup>).

Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica cgmcosmos (aislamiento en SF<sub>6</sub>) conforme a la normativa vigente se asegura el

cumplimiento del valor mínimo para la carga de rotura a tracción del material de los conductores.

#### - COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN TÉRMICA A CORTOCIRCUITO

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:

$$I_{th} \geq \alpha * S * \sqrt{\frac{\Delta T}{t}}$$

$I_{th}$  = Intensidad eficaz (A).

$\alpha$  = Constante que para el cobre tiene valor de 13.

$S$  = Sección del embarrado (mm<sup>2</sup>).

$\Delta T$  = Elevación o incremento máximo de temperatura, (150°C para Cu).

$t$  = Tiempo de duración del cortocircuito (s).

Puesto que se utilizan celdas bajo envolvente metálica cgmcosmos (aislamiento en SF6) conforme a la normativa vigente, se garantiza que:

$$I_{th} \geq 16 \text{ kA durante } 1 \text{ s.}$$

### 1.2 SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.

Los transformadores están protegidos tanto en AT como en BT. En Alta tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, y en baja tensión la protección se incorpora en los cuadros de BT.

#### - Protección en el lado de Alta Tensión

La protección en alta tensión se llevará a cabo mediante fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Para la elección del calibre de los fusibles se utilizará la siguiente tabla proporcionada por la empresa distribuidora Iberdrola en la que se muestran los diferentes calibres de los fusibles en función de la tensión asignada para las protecciones y potencia del transformador:

Tensión red kV	Potencia del centro de transformación (kVA)									Tensión asignada del fusible
	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	
11	25 A	25 A	32 A	40 A	40 A	63 A	63 A	100A	100 A	24 kV
13,2	20 A	25 A	25 A	32 A	40 A	63 A	63 A	80 A	100 A	
15	20 A	25 A	25 A	32 A	40 A	40 A	63 A	63 A	100 A	
20	16 A	16 A	25 A	25 A	32 A	32 A	40 A	63 A	63 A	
30	10 A	16 A	16 A	20 A	25 A	25 A	32 A	40 A	40 A	36 kV

**Tabla 17. Calibre de fusibles APR limitadores para CdT particulares Iberdrola.**

Fuente: Empresa distribuidora Iberdrola

La protección mediante fusibles combinados funciona de tal forma que la fusión de un fusible provoca la apertura de interruptor en las tres fases.

El calibre del fusible es elegido de tal forma que permitan el paso de la corriente de pico en la conexión del transformador en vacío y que puedan soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

Por tanto como tenemos un transformador de 160 kVA y una tensión de red de 20 KV, el calibre elegido para nuestros fusibles serán 16 A.

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

#### - Protección en el lado de Baja Tensión

En el circuito de baja tensión del transformador se instalará un Cuadro de Distribución de 4 salidas con posibilidad de ampliación. Se instalarán cortacircuitofusibles de apertura unipolar en carga, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad exigida a esa salida, y un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión.

La descarga del trafo al cuadro de Baja Tensión se realizará con conductores XLPE 0,6/1kV 240 mm<sup>2</sup> Al unipolares instalados al aire cuya intensidad admisible a 40°C de temperatura ambiente es de 390 A.



Para el trafo, cuya potencia es de 160 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 1 conductor por fase y 1 para el neutro.

### 1.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Para el cálculo de la superficie mínima de las rejillas de entrada de aire en el edificio del centro de transformación, se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r \geq \frac{(W_c + W_{fe})}{0.24 * k * \sqrt{h} * \Delta T^3}$$

$W_{cu}$  = Pérdidas en el cobre del transformador (kW).

$W_{fe}$  = Pérdidas en el hierro del transformador (kW).

$k$  = Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada de aire.

$h$  = Distancia vertical entre centros de las rejillas de entrada y salida (m).

$\Delta T$  = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada.

$S_r$  = Superficie mínima de la rejilla de entrada de ventilación del transformador (m<sup>2</sup>).

No obstante, puesto que se utilizan edificios prefabricados del fabricante Ormazabal éstos han sufrido ensayos de homologación en cuanto al dimensionado de la ventilación del centro de transformación. En este caso el centro de transformación elegido está previsto de rejillas para ventilación natural por convección.

### 1.4 DIMENSIONAMIENTO DEL POZO APAGAFUEGOS

El pozo de recogida de aceite será capaz de alojar la totalidad del volumen que contiene el transformador, y así es dimensionado por el fabricante al tratarse de un edificio prefabricado.

### 1.5 CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA DEL CT

Para el cálculo de las instalaciones de puesta a tierra se seguirán los apartados de la ITC-RAT 13 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias aprobado por el BOE en el Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo.

#### - INVESTIGACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará nuestro Centro de Transformación, la resistividad media superficial es de  $\rho=150 \Omega \times \text{m}$ .

#### - DETERMINACIÓN DE LAS CORRIENTES MÁXIMAS DE PUESTA A TIERRA Y DEL TIEMPO MÁXIMO CORRESPONDIENTE DE ELIMINACIÓN DEL DEFECTO.

Para el cálculo de las corrientes máximas de puesta a tierra la compañía suministradora Iberdrola nos ha facilitado los siguientes datos de la subestación que alimenta nuestro Centro de Transformación:

- La reactancia de puesta a tierra del neutro de la subestación, ( $X_n$ ) tiene un valor de  $23,5 \Omega$ .
- La resistencia de puesta a tierra del neutro de la subestación ( $R_n$ ) es despreciable.
- El tiempo de eliminación del defecto en la red ( $t_d$ ) tiene un valor de 1 segundo.
- La intensidad de arranque de las protecciones de la red ( $I_a$ ) tiene un valor de 50 A.
- El nivel de aislamiento de la aparamenta de nuestro centro de transformación será como mínimo  $U_{bt}= 6000 \text{ V}$ .

La fórmula que se utilizará para el cálculo de la corriente máxima de puesta a tierra para nuestro caso en el que el neutro está unido a tierra será la siguiente:

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} * \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}}$$

$I_d$ = Intensidad máxima de defecto a tierra en el Centro de Transformación (A).

$U$  = Tensión de compuesta de la red (V).

$R_n$  = Resistencia de la puesta a tierra del neutro de la red ( $\Omega$ ).

$R_t$  = Resistencia de puesta a tierra de protección del centro de transformación ( $\Omega$ ).

$X_n$  = Reactancia de puesta a tierra del neutro de la red ( $\Omega$ ).

Por tanto se puede deducir que la intensidad máxima aparecerá cuando se produzca un defecto franco entre fase y tierra; es decir cuando esta falta no esté limitada por la resistencia de puesta a tierra del centro de transformación. Por tanto se considera  $R_t=0$ .

Tras esta deducción la intensidad máxima de defecto será igual a:

$$I_d = \frac{20000}{\sqrt{3} * \sqrt{0^2 + 23.5^2}} = 491,36 \text{ A}$$

- DISEÑO PRELIMINAR DE LA INSTALACIÓN DE TIERRA.

Para el diseño de la puesta a tierra se seguirán los procedimientos del “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría”, editado por UNESA.

- Tierra de protección:  
Comenzaremos realizando un cálculo inicial resolviendo un sistema de ecuaciones para buscar el electrodo más idóneo para nuestra instalación basándonos en los tres parámetros que el “Método Unesa” define:
  - $K_r$ : Resistencia de puesta a tierra,  $\Omega / (\Omega \times m)$ .
  - $K_p$ : Tensión de paso máxima  $V / (\Omega \times m) \times (A)$ .
  - $K_c$ : Tensión de contacto exterior máxima  $V / (\Omega \times m) \times (A)$ .

El sistema a resolver es el siguiente:

- $I_d = \frac{U}{\sqrt{3} * \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}}$
- $U_{bt} \geq U_d = R_t * I_d$ , siendo  $U_d$  la tensión de defecto.
- Y comprobaremos que:  $I_d > I_a$ ,  $I_d > 50 \text{ A}$ .

Sustituyendo valores se obtiene el siguiente sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas:

$$I_d = \frac{20000}{\sqrt{3} * \sqrt{R_t^2 + 23.5^2}}$$

$$6000 \geq R_t * I_d$$

Tomando el valor límite de la desigualdad (6000 V) y resolviendo el sistema se obtienen los siguientes valores:

- **R<sub>t</sub> = 14.292 Ω.**
- **I<sub>d</sub> = 419.82 A.**

Y comprobamos que I<sub>d</sub> > I<sub>a</sub>, ya que 419.82 > 50 A.

Con estos resultados podemos calcular el valor de K<sub>r</sub> mínimo para la elección de nuestro electrodo de puesta a tierra.

$$K_r \leq \frac{R_t}{\rho}, \quad K_r \geq \frac{14.292}{150}, \quad K_r \leq 0.09528 \Omega / (\Omega \times m).$$

Con este valor de K<sub>r</sub> iremos a las Tablas de Unesa y buscaremos un electrodo con al menos esa resistencia de puesta a tierra. La configuración elegida para el electrodo ha sido la siguiente:

- Código de la configuración: 20-25/5/84  
Se trata de una configuración rectangular de 2x2.5 m. formada por 8 picas de 4 m. de 14 mm<sup>2</sup> de diámetro y unidas por un cable de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup>. Estas picas estarán enterradas 0.5 m.
- K<sub>r</sub> = 0.080 Ω / (Ω x m).
- K<sub>p</sub> = 0.0180 V / (Ω x m) x (A).
- K<sub>c</sub> = 0.0307 V / (Ω x m) x (A).

- Tierra de servicio:

Para la puesta a tierra del neutro se utilizarán picas en hilera de diámetro 14 mm. y longitud 2 m., unidas mediante conductor desnudo de Cu de 50 mm<sup>2</sup> de sección. El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37 Ω.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo se realizará con cable de Cu de 50 mm<sup>2</sup>, aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo. Teniendo estas consideraciones en cuenta la configuración elegida ha sido la siguiente:

- Código de la configuración: 5/42  
Se trata de una configuración abierta compuesta por 4 picas de 14 mm. de diámetro y 2 m de longitud enterradas 0.5 m. y con una separación entre ellas de 3 m.
- $K_r = 0.104 \Omega / (\Omega \times m)$ .
- $K_p = 0.0184 V / (\Omega \times m) \times (A)$ .

Por tanto  $R_b$  (resistencia de puesta a tierra del neutro) será:

$$R_b = K_r * \rho = 0.104 * 150 = \mathbf{15.6 \Omega}.$$

#### - CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE TIERRA.

Una vez obtenido el valor real de  $K_r$  para el sistema de tierras elegido, procederemos a obtener el valor exacto de la resistencia de tierra que tendrá nuestro sistema ( $R_t$ ).

$$R_t = K_r * \rho = 0.080 * 150 = \mathbf{11.85 \Omega}.$$

También podemos calcular los valores reales de  $I_d$  y  $U_d$  siendo estos:

$$I_d = \frac{20000}{\sqrt{3} * \sqrt{11.85^2 + 23.5^2}} = \mathbf{438.74 A}$$

$$U_d = 438.74 * 11.85 = \mathbf{5199.07 V}.$$

Y comprobamos que se cumple la condición de que  $U_{bt} > U_d$ .

#### - CÁLCULO DE LAS TENSIONES DE PASO EN EL EXTERIOR DE LA INSTALACIÓN.

Ahora procedemos a calcular la tensión de paso en el exterior de la instalación ( $U'_p$ ) mediante la siguiente expresión:

$$U'p = Kp * Id * \rho = 0.0180 * 438.74 * 150 = \mathbf{1421.52 V}$$

Como hemos elegido una configuración cerrada también realizaremos el cálculo de la tensión de paso en el acceso ( $V'pacc$ ):

$$U'pacc = Kc * Id * \rho = 0.0307 * 438.74 * 150 = \mathbf{2020.40 V}$$

- CÁLCULO DE LAS TENSIONES DE PASO Y CONTACTO EN EL INTERIOR DE LA INSTALACIÓN.

El piso del Centro de Transformación estará constituido por un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro igual o superior a 4 mm, formando una retícula no mayor de 0.3 x 0.3 m<sup>2</sup>, que irá conectado al menos a dos puntos, preferentemente opuestos, a la puesta a tierra de protección y cubierto por una capa de hormigón de 10 cm.

Con este mallazo las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación serán prácticamente nulas y por tanto no será necesario su cálculo.

- COMPROBAR QUE LAS TENSIONES DE PASO Y CONTACTO CALCULADAS SON INFERIORES A LOS VALORES MÁXIMOS DEFINIDOS POR LAS ECUACIONES DE LA ITC-RAT 13.

A continuación se calcularán las tensiones admisibles que establece la ITC-RAT 13 para comprobar que con el sistema de tierras definido cumplimos con esta reglamentación. Las expresiones que serán utilizadas son las siguientes:

- Tensión de contacto ( $Uc$ )

$$Uc = Uca \left[ 1 + \frac{\frac{Ra1}{2} + 1.5\rho_s}{1000} \right]$$

No se considera esta tensión de contacto debido a que hemos introducido el mallazo de hormigón electrosoldado.

- Tensión de paso

$$Up = 10Uca \left[ 1 + \frac{2Ra1 + 6\rho_s}{1000} \right]$$

- Tensión de paso en el acceso

En el caso de que una persona pudiera estar pisando zonas de diferentes resistividades con cada pie, por ejemplo en el caso de un centro de transformación con acera perimetral, con un pie en la acera y otro en el terreno, la tensión de paso de acceso máxima admisible tiene como valor:

$$U_{pacc} = 10U_{ca} \left[ 1 + \frac{2Ra1 + 3\rho_s + 3\rho_s'}{1000} \right]$$

Siendo:

$\rho_s'$  = resistividad del hormigón ya que es el material del cual está formado el mallazo que hemos introducido. (3000  $\Omega$  x m.)

$U_{ca}$  = Tensión de contacto aplicada admisible, la tensión a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre una mano y los pies. (V)

$U_{pa}$  = Tensión de paso aplicada admisible, la tensión a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre los dos pies. ( $U_{pa}=10*U_{ca}$ ).  
ZB Impedancia del cuerpo humano. Se considerará un valor de 1000  $\Omega$ . IB Corriente que fluye a través del cuerpo;

$U_c$  = Tensión de contacto máxima admisible en la instalación que garantiza la seguridad de las personas, considerando resistencias adicionales (por ejemplo, resistencia a tierra del punto de contacto, calzado, presencia de superficies de material aislante).  
 $U_p$  Tensión de paso máxima admisible en la instalación que garantiza la seguridad de las personas, considerando resistencias adicionales (por ejemplo, resistencia a tierra del punto de contacto, calzado, presencia de superficies de material aislante).

$Ra1$  = Es, por ejemplo, la resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante. Se puede emplear como valor 2000 . Se considerará nula esta resistencia cuando las personas puedan estar descalzas, en instalaciones situadas en lugares tales como jardines, piscinas, campings, y áreas recreativas.

$\rho_s$  = resistividad superficial del terreno. (150  $\Omega$  x m)

$U_{ca}$ , según la tabla 2 de la ITC-RAT 13, depende de  $t_d$  que en nuestro caso es 1 segundo. Por tanto  $U_{ca}=107V$ .

Sustituyendo los valores en las expresiones anteriores se obtienen los siguientes resultados:

$$U_p = 10 * 107 \left[ 1 + \frac{2 * 2000 + 6 * 150}{1000} \right] = 6313 V$$

Por tanto cumplimos la condición de que:  $U'p < U_p$  (1421.52 < 6313 V)

$$U_{pacc} = 10 * 107 \left[ 1 + \frac{2 * 2000 + 3 * 150 + 3 * 3000}{1000} \right] = 15461.5 V$$



Por tanto cumplimos la condición de que:  $U'_{pacc} < U_{pacc}$  ( $2020.40 < 15461.5$  V)

- INVESTIGACIÓN DE LAS TENSIONES TRANSFERIBLES AL EXTERIOR.

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio para su reducción o eliminación.

No obstante, para garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima (D), entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio.

$$D \geq \frac{\rho * Id}{2000 * \pi}; \quad D \geq \frac{150 * 438.74}{2000 * \pi}$$
$$D \geq 10.47 \text{ m}$$

Por lo que la distancia mínima entre las tierras de protección y servicio tendrá que ser de **10.47 m**.

## 2 CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN

### 2.1 PROCESO DE CÁLCULO

Para el cálculo de la instalación eléctrica de baja tensión del polideportivo se ha usado el programa “CIEBT” del software “dmELECT”.

Para la utilización de este programa se ha procedido de la siguiente manera:

Los datos de partida utilizados son la potencia de cada circuito expuesta en el apartado 1.6.1 de la memoria de este documento y la longitud de cada línea o circuito.

Se realiza el cálculo de la sección de cable por los criterios de calentamiento y caída de tensión y se buscan secciones normalizadas para estos cálculos de conductor, diámetro de tubo en las Instrucciones Técnicas Complementarias correspondientes del “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”.

El programa también nos permite elegir qué clase de protección queremos utilizar y que tipo de cable así como otros parámetros que varían

dependiendo el receptor del circuito que estamos calculando. En Figura 14 se muestra un ejemplo del menú de datos para una línea de alumbrado.

The screenshot shows a software window titled 'LINEA ALUMBRADO' with the following configuration details:

- Datos:** Denominación: EMERG.PB. (with 'Ayuda' button)
- Potencias:** Tubo Desc.: 0 W, Incandes.: 55 W, P. Cálculo (W): 55, Coef. Mag. T. Desc.: 1
- Long. de Cál. (m):** 28, **Cond. Tierra:** Sf2, 16
- Elementos Fijados:** Secc. min.: 1.5, Cdt. max. (%): 4.5, Prot. term. min.(A): 0
- Protecciones:** Térmica: Mag.-I.Aut./Bip., \* Diferencial: 30 mA
- Parámetros:** Suministro - Tensión:  Monofásico - 230, Metal: Cu, N° Cond.: 1, T: Resist.(°C): 40.01
- Neutro:**  No,  Sf,  Sf2, Cosφ: 0.85
- Sección mínima:** (empty), **Xu(mOh/m):** 0
- Aislamiento/Canalización/Polaridad:** B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra, 450/750 V, Poliolef.,RF, Fc:1, ES07Z1-K(AS+), Dos Unipolares

Figura 19. Ventada de datos de línea de alumbrado dmELECT

Fuente: Programa de cálculo de instalaciones de BT dmELECT

Con esto obtenemos tanto la sección del cable y el diámetro de la canalización correspondiente como el calibre de la protección necesaria para esa línea.

Debido a que tenemos un centro de transformación de abonado la caída de tensión permitida es de 4.5% para circuitos de alumbrado y 6.5% para circuitos de fuerza.

Cuando una línea alimenta solo a un motor, ésta se dimensionará teniendo en cuenta un 25% más de la intensidad del mismo, o un 30% si se trata de un motor de elevación, tal y como se indica en la ITC-BT-47.

A continuación se realizará un cálculo de cortocircuitos de cada línea para así obtener el poder de corte de la protección correspondiente. Para este cálculo se calcularán las corrientes de cortocircuito al principio ( $I_{pcc1}$ ) y al final de la línea ( $I_{pccF}$ ) para la elección del poder de corte de la protección ya que debe ser acorde con la máxima corriente de cortocircuito que pueda aparecer en la línea protegida (ITC-BT-22. Reglamento Electrotécnico de Instalaciones de Baja Tensión).

Según la Guía de Aplicación de la ITC-BT-22 todos los dispositivos de protección contra cortocircuitos deberán cumplir estas condiciones:

- 1) El poder de corte del dispositivo de protección debe ser igual o mayor que la intensidad de cortocircuito máxima prevista en su punto de instalación. Se acepta un poder de corte inferior al indicado en la condición 1 siempre y cuando exista otro dispositivo con el suficiente poder de corte instalado aguas arriba. Si es así deben instalarse de tal

forma que exista una selectividad entre ellos y dejen pasar corriente sin dañarse ninguno de ellos ni el cableado situado aguas abajo.

- 2) El tiempo de corte de toda corriente que resulte de un cortocircuito que se produzca en un punto cualquiera del circuito, no debe ser superior al tiempo que los conductores tardan en alcanzar su temperatura admisible.

En nuestro caso vamos a utilizar interruptores magnetotérmicos tanto para la protección contra sobrecargas como para cortocircuitos. Para este tipo de protección existen unas curvas de disparo dependiendo la aplicación y la naturaleza del receptor y circuito a proteger.

Curvas de disparo	B	C	D
$I_n$	6 - 63 A	0.5 - 125 A	0.5 - 100 A
<i>Disparo térmico</i>			
Tiempo intervención	1 h	1 h ( $I_n < 63$ A) 2 h ( $I_n > 63$ A)	1 h ( $I_n < 63$ A) 2 h ( $I_n > 63$ A)
Corriente no intervención	1.13 $I_n$	1.13 $I_n$	1.13 $I_n$
Corriente de intervención	1.45 $I_n$	1.45 $I_n$	1.45 $I_n$
<i>Disparo magnético</i>			
Tiempo intervención	0.1 s	0.1 s	0.1 s
Corriente no intervención	3.2 $I_n$	7 $I_n$	10 $I_n$
Corriente de intervención	4.8 $I_n$	10 $I_n$	14 $I_n$

Tabla 18. Curvas de disparo interruptores magnetotérmicos

Fuente: UNE EN 60947-2

Los valores de las corrientes de intervención de la tabla para el disparo magnético indican el valor mínimo a partir del cual el interruptor puede cortar la corriente y el valor máximo a partir del cual siempre va a cortar el circuito (en múltiplos de la corriente nominal).

Por tanto para elegir un interruptor magnetotérmico tenemos que tener en cuenta la corriente de cortocircuito a la que el mismo puede estar expuesto ( $I_{pcc1}$ ), y la corriente de cortocircuito a la que puede estar expuesto el receptor protegido ( $I_{pccF}$ ).

Considerando esto, se elige un poder de corte superior a la  $I_{pcc1}$ , y una curva que multiplicada por la corriente nominal del interruptor de un valor de corriente inferior a la  $I_{pccF}$ , para asegurarnos de que el interruptor cortará la corriente antes de llegar a valores de cortocircuito.

Elegir una curva que permita mayor o menor intensidad (pero siempre por debajo de  $I_{pccF}$ ) dependerá del receptor que se proteja, puesto que algunos como los motores necesitan bastante corriente al arrancar (por ejemplo para receptores de tipo motor están pensada la curva D ya que permite altas corrientes de pico).

También deberá comprobarse el tiempo máximo en segundos que un conductor soporta la  $I_{pccF}$  es superior a 0.1, puesto que de no ser así se puede producir un calentamiento excesivo en el aislamiento (puede llegar a superar la temperatura de cortocircuito) y como consecuencia producirse arcos eléctricos y hasta posibles incendios.

A medida que vayamos instalando interruptores aguas abajo del general en diferentes niveles tendremos que tener cuidado en aplicar selectividad entre ellos para que el fallo en una línea de un nivel inferior no perjudique al resto de circuitos en la medida de lo posible.

Se aplicará también este criterio en las protecciones diferenciales, las cuales se han elegido para la protección contra contactos directos e indirectos, eligiendo la sensibilidad de estos respetando la selectividad y siempre dentro de los márgenes de seguridad establecidos por las normas.

## 2.2 FÓRMULAS UTILIZADAS

Las fórmulas utilizadas por el programa son las siguientes:

- Intensidad de cálculo para suministros trifásicos:

$$I = \frac{P_c}{\sqrt{3} * U * \cos(\varphi)}$$

- Caída de tensión para suministros trifásicos:

$$\Delta U = \frac{\sum P * L}{S * \gamma * U_n}$$

- Intensidad de cálculo para suministros monofásicos:

$$I = \frac{P_c}{U * \cos(\varphi)}$$

- Caída de tensión para suministros monofásicos:



$$\Delta U = \frac{2 * \sum P * L}{S * \gamma * Un}$$

Siendo:

I = Intensidad de cálculo (A)

Pc= Potencia de cálculo (W)

U= Tensión (V)

Cos(φ)= factor de potencia del circuito

L= Longitud del tramo (m)

S= sección del cable (mm<sup>2</sup>)

γ=Conductividad(m / (Ω x mm<sup>2</sup>))

- Fórmulas para el cálculo del calibre de las protecciones:

$$Ib \leq In \leq Iz$$

$$I_2 \leq 1.45 * Iz$$

Siendo:

Ib= Intensidad prevista del circuito (A).

Iz= Intensidad admisible del conductor (A).

In= Intensidad nominal del dispositivo de protección (A).

I<sub>2</sub>= I<sub>2</sub>: intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I<sub>2</sub> se toma igual:

- a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos (1,45 In como máximo).

- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles (1,6 In).

- Fórmulas para la comprobación por cortocircuito:

$$I_{pcc1} = K * \frac{U}{\sqrt{3} Z_t}$$

Siendo:

I<sub>pcc</sub>: Intensidad permanente de c.c. en inicio de línea (kA)

K: Coeficiente de tensión.



U: Tensión trifásica en (V).

Zt: Impedancia total (mΩ), aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio).

$$I_{pccF} = K_t * \frac{U_F}{2 * Z_t}$$

Siendo:

I<sub>pccF</sub>: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea (kA).

K<sub>t</sub>: Coeficiente de tensión.

U<sub>F</sub>: Tensión monofásica (V).

Z<sub>t</sub>: Impedancia total en (mΩ), incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen más la propia del conductor o línea).

- La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_t = \sqrt{R_t^2 + X_t^2}$$

Siendo:

R<sub>t</sub>: R<sub>1</sub> + R<sub>2</sub> + R<sub>n</sub> (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

X<sub>t</sub>: X<sub>1</sub> + X<sub>2</sub> + X<sub>n</sub> (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$$R = \frac{L * 1000 * K_r}{K * S * n}$$

$$X = X_u * \frac{L}{n}$$

Siendo:

R: Resistencia de la línea (mΩ).

X: Reactancia de la línea (mΩ).

L: Longitud de la línea (m).

K<sub>r</sub>: Coeficiente de resistividad.

K: Conductividad del metal.

S: Sección de la línea (mm<sup>2</sup>).

X<sub>u</sub>: Reactancia de la línea, (mΩ\*m.).

n: n° de conductores por fase.



$$t_{mcicc} = Cc * \frac{S^2}{I_{pcc}F^2}$$

Siendo:

$t_{mcicc}$ : Tiempo máximo que un conductor soporta una  $I_{pcc}$ . (s).

$Cc$ = Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.

$S$ : Sección de la línea ( $mm^2$ ).

$I_{pcc}F$ : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea (A).

$$t_{ficc} = \frac{cte. fusible}{I_{pcc}F^2}$$

Siendo:

$t_{ficc}$ : tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito (s).

$I_{pcc}F$ : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea (A).

$$L_{m\acute{a}x} = \frac{0.8 * U_f}{2 * I_f * \sqrt{\frac{1.5^2}{K * S * n} + \frac{X_u^2}{n * 1000}}}$$

Siendo:

$L_{m\acute{a}x}$ : Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles)

$U_f$ : Tensión de fase (V)

$K$ : Conductividad

$S$ : Sección del conductor ( $mm^2$ )

$X_u$ : Reactancia por unidad de longitud ( $m\Omega/m$ ). En conductores aislados suele ser 0,1.

$n$ : nº de conductores por fase.

$C_t = 0,8$ : Es el coeficiente de tensión.

$CR = 1,5$ : Es el coeficiente de resistencia.

$I_f$  = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 sg.

- Curvas usadas para protección de Interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético.

CURVA B Corriente intervención = 5 In

CURVA C Corriente intervención = 10 In

CURVA D Y MA Corriente intervención = 20 In

- Fórmulas Embarrados

- Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{\max} = \frac{I_{pcc}^2 * L^2}{60 * d * W_y * n}$$

Siendo:

$\sigma_{\max}$ : Tensión máxima en las pletinas (kg/cm<sup>2</sup>)

$I_{pcc}$ : Intensidad permanente de c.c. (kA)

L: Separación entre apoyos (cm)

d: Separación entre pletinas (cm)

n: nº de pletinas por fase

$W_y$ : Módulo resistente por pletina eje y-y (cm<sup>3</sup>)

- Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{ccs} = \frac{K_c * S}{100 * \sqrt{t_{cc}}}$$

Siendo:

$I_{ccs}$ : Intensidad de c.c. soportada por el conductor durante el tiempo de duración del c.c. (kA)

S: Sección total de las pletinas (mm<sup>2</sup>)

$t_{cc}$ : Tiempo de duración del cortocircuito (s)

$K_c$ : Constante del conductor: Cu = 164, Al = 107

### 2.3 RESUMEN DE CÁLCULOS

A continuación se muestran los cálculos más significativos y posteriormente una tabla resumen con los resultados de los cálculos de todos los circuitos de nuestro polideportivo.

- Cálculo de la Línea TRAFÓ (desde cuadro de baja tensión del transformador hasta CGMP)

Datos para el cálculo:

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R.Subt)
- Longitud: 7 m.
- $\cos \varphi$ : 0.8.
- $X_u$ (m $\Omega$ /m): 0.1.
- Potencia aparente trafo: 160 kVA.
- $C_t$  (coeficiente de mayoración): 1.1

Intensidad de cálculo:

$$I = \frac{C_t * S_t * 1000}{\sqrt{3} * U} = \frac{1.1 * 160 * 1000}{\sqrt{3} * 400} = 254.04 \text{ A.}$$

- Se eligen **conductores Unipolares 3x150/70mm<sup>2</sup>Cu**
- Nivel Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS)
- I.ad. a 25 °C ( $F_c=0.8$ ) 340 A. según ITC-BT-07
- Diámetro exterior tubo: 180 mm.

Caída de tensión:

Datos para el cálculo:

- Temperatura cable (°C): 61.29

Caída de tensión parcial:

$$\Delta U_p = \frac{7 * 128000}{47.82 * 400 * 150} + \frac{7 * 128000 * 0.1 * 0.6}{100 * 400 * 1 * 0.8} = 0.48 \text{ V.} \rightarrow 0.12\%$$

Caída de tensión total:

$$\Delta U_t = 0.12\% \text{ (4.5\% máximo permitido)}$$

Para la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de esta línea se elige un **Interruptor Automático Tetrapolar de 400 A.** de intensidad nominal.

- Cálculo de la Línea Grupo Electrógeno

Datos para el cálculo:

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Canal.Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 5 m.
- $\cos \varphi$ : 0.8.
- $X_u$ (m $\Omega$ /m): 0.
- Potencia activa: 35 kW.
- Potencia aparente generador: 48 kVA.
- K (coeficiente de mayoración): 1.25

Intensidad de cálculo:

$$I = \frac{K * St * 1000}{\sqrt{3} * U} = \frac{1.25 * 48 * 1000}{\sqrt{3} * 400} = 86.61 \text{ A.}$$

- Se eligen **conductores Unipolares 4x150+TTx95mm<sup>2</sup>Cu**
- Nivel Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS)
- l.ad. a 40 °C (Fc=1) 299 A. según ITC-BT-19
- Dimensiones canal: 90x60 mm. Sección útil: 3930 mm<sup>2</sup>.

Caída de tensión:

Datos para el cálculo:

- Temperatura cable (°C): 44.19

Caída de tensión parcial:

$$\Delta U_p = \frac{5 * 38400}{50.7 * 400 * 150} = 0.06 \text{ V.} \rightarrow 0.02\%$$

Caída de tensión total:

$$\Delta U_t = 0.02\% \text{ (1.5\% máximo permitido)}$$

Para la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de esta línea se elige un **Interruptor Automático Tetrapolar de 100 A.** de intensidad nominal.



Para la protección contra contactos indirectos de esta se línea se elige un **Relé y Transformador diferencial de 30 mA. de sensibilidad.**

▪ Cálculo de la línea Sub.PB.1

Datos para el cálculo:

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Canal.Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 1 m.
- $\cos \varphi$ : 0.8.
- $X_u(m\Omega/m)$ : 0.
- Potencia de cálculo: 13383 W.

Intensidad de cálculo:

$$I = \frac{13383}{\sqrt{3} * 400 * 0.8} = 24.15 \text{ A.}$$

- Se eligen **conductores Unipolares 4x6+TTx6mm<sup>2</sup>Cu**
- Nivel Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS)
- I.ad. a 40 °C ( $F_c=1$ ) 40 A. según ITC-BT-19
- Diámetro exterior de tubo: 25 mm. (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Datos para el cálculo:

- Temperatura cable (°C): 58.22

Caída de tensión parcial:

$$\Delta U_p = \frac{1 * 13383}{48.32 * 400 * 6} = 0.12 \text{ V.} \rightarrow 0.03\%$$

Caída de tensión total:

$$\Delta U_t = 0.15\% \text{ (4.5\% máximo permitido)}$$

Para la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de esta línea se elige un **Interruptor Automático Tetrapolar de 30 A. en el principio de la línea** y un **Interruptor Automático Tetrapolar de 30 A. al final de la línea** (con el cálculo de cortocircuitos veremos que estos dos interruptores tendrán diferente poder de corte ya

Para la protección contra contactos indirectos de esta se línea se elige un **Interruptor Diferencial Tetrapolar (In: 40 A.) y con una sensibilidad 300 mA.**

- Cálculo de la línea F1 (tomas de corriente)

Datos para el cálculo:

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Canal.Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 30 m.
- $\cos \varphi$ : 0.8.
- $X_u(m\Omega/m)$ : 0.
- Potencia de cálculo: 5000 W.

Intensidad de cálculo:

$$I = \frac{5000}{230 * 0.8} = 27.17 \text{ A.}$$

- Se eligen **conductores Unipolares 2x6+TTx6mm<sup>2</sup>Cu**
- Nivel Aislamiento: 450/750 V, Poliolefina- No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)
- I.ad. a 40 °C (Fc=1) 36 A. según ITC-BT-19
- Diámetro exterior de tubo: 25 mm. (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Datos para el cálculo:

- Temperatura cable (°C): 57.09

Caída de tensión parcial:



$$\Delta U_p = \frac{2 * 30 * 5000}{48.5 * 230 * 6} = 4.48 V. \rightarrow 1.95\%$$

Caída de tensión total:

$$\Delta U_t = 2.1\% \text{ (6.5\% máximo permitido)}$$

Para la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de esta línea se elige un **Interruptor Automático Bipolar de 30 A.**

- Cálculo de la línea ALUM. SUB. PB.1 (subcuadro alumbrado)

Datos para el cálculo:

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Canal.Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 0.3 m.
- $\cos \phi$ : 0.8.
- $X_u$ (m $\Omega$ /m): 0.
- Potencia de cálculo: 1023 W.

Intensidad de cálculo:

$$I = \frac{1023}{\sqrt{3} * 400 * 0.8} = 1.85 A.$$

- Se eligen **conductores Tetrapolares 4x1.5mm<sup>2</sup>Cu**
- Nivel Aislamiento: 450/750 V, Poliolefina- No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS) l.ad. a 40 °C (Fc=1) 13 A. según ITC-BT-19
- Diámetro exterior de tubo: 16 mm. (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Datos para el cálculo:

- Temperatura cable (°C): 40.6

Caída de tensión parcial:

$$\Delta U_p = \frac{0.3 * 1023}{51.4 * 400 * 1.5} = 0.01 V. \rightarrow 0\%$$

Caída de tensión total:

$$\Delta U_t = 0.15\% \text{ (4.5\% máximo admisible)}$$

Se elige una protección diferencial mediante una **Interruptor Diferencial Tetrapolar (Int:25 A.) y una sensibilidad de 100 mA.**

- Cálculo de la línea ALUM.1 (línea de alumbrado)

Datos para el cálculo:

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Canal.Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 29 m.
- $\cos \varphi$ : 0.85
- $X_u$ (mΩ/m): 0.
- Potencia de cálculo: 374 W.

Intensidad de cálculo:

$$I = \frac{374}{230 * 0.85} = 1.91 A.$$

- Se eligen **conductores Unipolares 2x1.5mm<sup>2</sup>Cu**
- Nivel Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig.
- UNE: ES07Z1-K(AS)
- l.ad. a 40 °C (Fc=1) 15 A. según ITC-BT-19
- Diámetro exterior de tubo: 16 mm. (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Datos para el cálculo:

- Temperatura cable (°C): 40.49

Caída de tensión parcial:



$$\Delta U_p = \frac{2 * 29 * 374}{51.43 * 230 * 1.5} = 1.22 \text{ V.} \rightarrow 0.53\%$$

Caída de tensión total:

$$\Delta U_t = 0.68\% \text{ (4.5\% máximo admisible)}$$

Para la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de esta línea se elige un **Interrupor Magnetotérmico Bipolar de 2 A.**

Para la protección contra contactos indirectos de esta se línea se elige un **Interrupor Diferencial Bipolar (Int: 25 A) con una sensibilidad de 30 mA.**

▪ Cálculo del embarrado del subcuadro Sub.PB.1

Datos para el cálculo:

- Metal: Cu
- Estado de las pletinas: Desnudas
- N° de pletinas por fase: 1
- Separación entre pletinas, d(cm.): 10
- Separación entre apoyos, L(cm.): 25
- Tiempo de duración del cortocircuito (s.): 0.5

Pletina adoptada:

- Sección (mm<sup>2</sup>): 60
- Ancho (mm): 20
- Espesor (mm): 3
- W<sub>x</sub>, l<sub>x</sub>, W<sub>y</sub>, l<sub>y</sub> (cm<sup>3</sup>,cm<sup>4</sup>) : 0.2, 0.2, 0.03, 0.0045
- I. admisible del embarrado (A): 220

A. Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{I_{pcc}^2 * L^2}{60 * d * W_y * n} = \frac{5.34^2 * 25^2}{60 * 10 * 0.03 * 1} = 991.141$$

$$\leq 1200 \text{ kg/cm}^2 \text{ Cu}$$

B. Cálculo térmico, por intensidad admisible

$$I_{cal} = 24.15 \text{ A}$$

$$I_{adm} = 220 \text{ A}$$



C. Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{pcc} = 5.34 \text{ kA}$$

$$I_{cccs} = 13.92 \text{ kA.}$$

▪ CALCULO DE EMBARRADO DESCARGA DIRECTA TRAFOS

Datos para el cálculo:

- - Metal: Cu
- - Estado pletinas: desnudas
- - n° pletinas por fase: 1
- - Separación entre pletinas, d(cm): 10
- - Separación entre apoyos, L(cm): 25
- - Tiempo duración c.c. (s): 0.5

Pletina adoptada

- - Sección (mm<sup>2</sup>): 75
- - Ancho (mm): 25
- - Espesor (mm): 3
- - Wx, lx, Wy, ly (cm<sup>3</sup>,cm<sup>4</sup>) : 0.312, 0.39, 0.037, 0.005
- - I. admisible del embarrado (A): 270

A. Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{I_{pcc}^2 * L^2}{60 * d * W_y * n} = \frac{5.59^2 * 25^2}{60 * 10 * 0.037 * 1} = 880.783$$

$$\leq 1200 \text{ kg/cm}^2 \text{ Cu}$$

B. Cálculo térmico, por intensidad admisible

$$I_{cal} = 254.04 \text{ A}$$

$$I_{adm} = 270 \text{ A}$$

C. Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{pcc} = 5.59 \text{ kA}$$

$$I_{cccs} = 17.39 \text{ kA}$$

▪ DIMENSIONADO DE LA BATERÍA DE CONDENSADORES

Suministro: Trifásico.



Tensión Compuesta: 400 V.

Potencia activa: 108874 W.

cos ( $\varphi_1$ ) (actual): 0.8.

cos ( $\varphi_2$ ) (a conseguir): 1.

Conexión de condensadores: en Triángulo.

$$\cos(\varphi) = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

$$\operatorname{tg}(\varphi) = \frac{Q}{P}$$

$$Q_c = P * (\operatorname{tg}(\varphi_1) - \operatorname{tg}(\varphi_2))$$

Para calcular  $\varphi_1$  y  $\varphi_2$  tendremos que:

$$\varphi_1 = \cos^{-1}(0.8) = 36.87^\circ$$

$$\varphi_2 = \cos^{-1}(1) = 0^\circ$$

Por tanto tenemos que la potencia reactiva a compensar será:

$$Q_c = 108874 * (\operatorname{tg}(36.87^\circ) - \operatorname{tg}(0^\circ)) = \mathbf{81.66 \text{ kVAr}}$$

Para calcular la capacidad de los condensadores tenemos las siguientes fórmulas dependiendo su conexión:

$$C = Q_c * \frac{1000}{U^2 * \omega}; (\text{Monofásico} - \text{Trifásico conexión estrella}).$$

$$C = Q_c * \frac{1000}{3 * U^2 * \omega}; (\text{Trifásico conexión triángulo}).$$

Siendo:

P = Potencia activa instalación (kW).

Q = Potencia reactiva instalación (kVAr).

Qc = Potencia reactiva a compensar (kVAr).

$\varphi_1$  = Angulo de desfase de la instalación sin compensar.

$\varphi_2$  = Angulo de desfase que se quiere conseguir.

U = Tensión compuesta (V).



$$\omega = 2\pi f; f = 50 \text{ Hz.}$$

C = Capacidad condensadores (F);  $\times 1000000(\mu F)$ .

Será necesaria una batería de condensadores conectada en triángulo con una gama de regulación 1:2:4. La potencia del escalón de regulación es **11.67 kVAr**. Por tanto la capacidad los condensadores será:

$$C = 11.67 * \frac{1000}{3 * 400^2 * 2 * \pi * 50} * 1 * 10^6 = 77.36 \mu F$$

Mediante el regulador de la batería de condensadores se irán conectando dependiendo de las necesidades de compensación en cada momento en función de la gama de regulación que tenga la batería elegida.



CIRCUITO	DESCRIPCIÓN	Tensión (V)	LONGITUD (m)	POTENCIA (W)	COS( $\phi$ )	Intensidad de cálculo (A)	AV parcial(%)	AV total(%)	Sección conductor (mm <sup>2</sup> )	Tipo de conductor	Canalización (mm)	Calibre protección (A)	Sensibilidad diferencia (mA)	Nombre subcuadro
TRAF0	Línea desde trafo hasta CGMP (equivalente DI)	400	7	140800	0.8	254,04	0,12	0,12	150/70	3x150/70Cu	180	400	-	-
GRUPO ELECTRÓGENO	Desde grupo electrógeno a cargas críticas.	400	5	35000	0.8	86,61	0,02	0,02	150	4x150+TTx95m <sup>2</sup> Cu	90x60	100	30	-
Batería condensadores	Desde CGMP a Batería de condensadores	400	2	-	-	176,79	0,02	0,14	120	3x120+TTx70m <sup>2</sup> Cu	75	250	30	CGMP
F1	TOMAS DE CORRIENTE VEST 1,2 y árbitros	230	30	5000	0,8	27,17	1,95	2,16	6	2x6+TTx6mm <sup>2</sup> Cu	25	30	-	Sub.PB.1
F2	TOMAS DE CORRIENTE LIMPIEZA Y OFICINA 1	230	20	3680	0,8	20	2,37	2,59	2,5	2x2.5+TTx2.5m <sup>2</sup> Cu	20	20	-	Sub.PB.1
F3	TOMAS DE CORRIENTE ENFERMERÍA	230	15	3680	0,8	20	1,78	1,99	2,5	2x2.5+TTx2.5m <sup>2</sup> Cu	20	20	30	Sub.PB.1
ALUM.1	ALUMBRADO 1 PLANTA BAJA	230	29	374	0,85	1,91	0,53	0,74	1,5	2x1.5+TTx1.5m <sup>2</sup> Cu	16	2	30	Sub.PB.1
ALUM.2	ALUMBRADO 2 PLANTA BAJA	230	31	308	0,85	1,58	0,47	0,68	1,5	2x1.5+TTx1.5m <sup>2</sup> Cu	16	2	30	Sub.PB.1
ALUM.3	ALUMBRADO 3 PLANTA BAJA	230	32	286	0,85	1,46	0,44	0,66	1,5	2x1.5+TTx1.5m <sup>2</sup> Cu	16	2	30	Sub.PB.1
EMERG.PB.Z 1	EMERGENCIAS ZONA 1	230	28	55	0,85	0,28	0,08	0,29	1,5	2x1.5+TTx1.5m <sup>2</sup> Cu	16	1	30	Sub.PB.1
F4	TOMAS DE CORRIENTE	230	21	3680	0,8	20	2,49	2,71	2,5	2x2.5+TTx2.5m	20	20	30	Sub.PB.2



	PASILLO+RECEPCIÓN +SALA CUADROS									m <sup>2</sup> Cu				
F5	TOMAS DE CORRIENTE ASEOS HOMBRES Y MUJERES	230	21	4000	0,8	21,74	1,65	1,87	4	2x4+TTx4mm <sup>2</sup> Cu	20	25	30	Sub.PB.2
F6	TOMAS DE CORRIENTE ASEOS PERSONAL+PASILLO	230	34	3680	0,8	20	4,04	4,26	2,5	2x2.5+TTx2.5m m <sup>2</sup> Cu	20	20	30	Sub.PB.2
F7	TOMAS DE CORRIENTE CALDERA+GRUPO ELECTRÓGENO	230	32	5000	0,8	27,17	2,08	2,30	6	2x6+TTx6mm <sup>2</sup> Cu	25	30	30	Sub.PB.2
ALUM.4	ALUMBRADO 4 PLANTA BAJA	230	34	457	0,85	2,34	0,76	0,99	1,5	2x1.5+TTx1.5m m <sup>2</sup> Cu	16	3	30	Sub.PB.2
ALUM.5	ALUMBRADO 5 PLANTA BAJA + ESCALERA	230	36	487	0,85	2,49	0,86	1,08	1,5	2x1.5+TTx1.5m m <sup>2</sup> Cu	16	3	30	Sub.PB.2
ALUM.6	ALUMBRADO 6 PLANTA BAJA	230	38	514	0,85	2,63	0,96	1,18	1,5	2x1.5+TTx1.5m m <sup>2</sup> Cu	16	3	30	Sub.PB.2
EMERG.PB.Z 2	EMERGENCIAS ZONA 2	230	40	95	0,85	0,49	0,19	0,41	1,5	2x1.5+TTx1.5m m <sup>2</sup> Cu	16	1	30	Sub.PB.2
ALUM.7	ALUMBRADO 7 PLANTA BAJA	230	20	242	0,85	1,24	0,24	2,67	1,5	2x1.5+TTx1.5m m <sup>2</sup> Cu	16	2	30	Sub.PB.3
ALUM.8	ALUMBRADO 8 PLANTA BAJA	230	20	220	0,85	1,13	0,22	2,65	1,5	2x1.5+TTx1.5m m <sup>2</sup> Cu	16	2	30	Sub.PB.3
ALUM.9	ALUMBRADO 9 PLANTA BAJA	230	20	242	0,85	1,24	0,24	2,67	1,5	2x1.5+TTx1.5m m <sup>2</sup> Cu	16	2	30	Sub.PB.3
F8	TOMAS DE CORRIENTE IZQ GYM Y VEST 3 Y 4	230	20	3680	0,8	20	2,37	4,81	2,5	2x1.5+TTx1.5m m <sup>2</sup> Cu	20	20	30	Sub.PB.3
F9	TOMAS DE CORRIENTE DER GYM	230	20	3680	0,8	20	2,37	4,81	2,5	2x2.5+TTx2.5m m <sup>2</sup> Cu	20	20	30	Sub.PB.3



	Y VEST 3 Y 4													
MOTOR PUERTA 1	MOTOR PUERTA 1 LEVADIZA	230	20	400	0,8	2,72	0,29	2,73	2,5	2x2.5+TTx2.5m m <sup>2</sup> Cu	20	4	300	Sub.PB.3
MOTOR PUERTA 2	MOTOR PUERTA 2 LEVADIZA	230	30	400	0,8	2,72	0,44	2,87	2,5	2x2.5+TTx2.5m m <sup>2</sup> Cu	20	4	300	Sub.PB.3
F10	TOMAS DE CORRIENTE ALMACEN	230	6	3680	0,8	20	0,71	3,14	2,5	2x2.5+TTx2.5m m <sup>2</sup> Cu	20	20	30	Sub.PB.3
EMERG.PB.Z 3	EMERGENCIAS ZONA 3	230	20	92	0,85	0,47	0,09	2,52	1,5	2x1.5+TTx1.5m m <sup>2</sup> Cu	16	1	30	Sub.PB.3
ALUM.C1	ALUMBRADO CANCHA 1	230	48	630	0,85	3,22	1,49	1,91	1,5	2x1.5+TTx1.5m m <sup>2</sup> Cu	16	4	30	Sub.CANC HA
ALUM.C2	ALUMBRADO CANCHA 2	230	35	504	0,85	2,58	0,87	1,29	1,5	2x1.5+TTx1.5m m <sup>2</sup> Cu	16	3	30	Sub.CANC HA
ALUM.C3	ALUMBRADO CANCHA 3	230	48	630	0,85	3,22	1,49	1,91	1,5	2x1.5+TTx1.5m m <sup>2</sup> Cu	16	4	30	Sub.CANC HA
EMERG.CAN CHA	EMERGENCIAS CANCHA	230	62	25	0,85	0,13	0,08	0,50	1,5	2x1.5+TTx1.5m m <sup>2</sup> Cu	16	1	30	Sub.CANC HA
ALUM.10	ALUMBRADO 10 PRIMERA PLANTA	230	50	510	0,85	2,61	1,25	1,62	1,5	2x1.5+TTx1.5m m <sup>2</sup> Cu	16	3	30	Sub.P1.1
ALUM.11	ALUMBRADO 11 PRIMERA PLANTA	230	55	400	0,85	3,68	1,95	2,32	1,5	2x1.5+TTx1.5m m <sup>2</sup> Cu	16	4	30	Sub.P1.1
ALUM.12	ALUMBRADO 12 PRIMERA PLANTA	230	55	400	0,85	2,05	1,08	1,45	1,5	2x1.5+TTx1.5m m <sup>2</sup> Cu	16	3	30	Sub.P1.1
F11	TOMAS DE CORRIENTE SALON DE ACTOS	230	41	3680	0,8	20	4,87	5,24	2,5	2x1.5+TTx1.5m m <sup>2</sup> Cu	20	20		Sub.P1.1
F12	MOTORES CANASTAS	400	40	2500	0,8	5,64	0,61	0,98	2,5	3x2.5+TTx2.5m m <sup>2</sup> Cu	20	6,3	300	Sub.P1.1
F13	TOMAS DE CORRIENTE MEGAFONIA Y	230	24	4000	0,8	21,74	1,89	2,26	4	2x4+TTx4mm <sup>2</sup> Cu	20	25		Sub.P1.1



	MARCADORES													
EMERG.P1.Z 1	EMERGENCIAS PRIMERA PLANTA ZONA 1	230	54	45	0,85	0,23	0,12	0,49	1,5	2x1.5+TTx1.5m m <sup>2</sup> Cu	16	1	30	Sub.P1.1
ALUM.13	ALUMBRADO 13 PRIMERA PLANTA	230	29	370	0,85	1,89	0,53	0,83	1,5	2x1.5+TTx1.5m m <sup>2</sup> Cu	16	2	30	Sub.P1.2
ALUM.14	ALUMBRADO 14 PRIMERA PLANTA	230	27	370	0,85	1,89	0,49	0,80	1,5	2x1.5+TTx1.5m m <sup>2</sup> Cu	16	2	30	Sub.P1.2
ALUM.15	ALUMBRADO 15 PRIMERA PLANTA	230	25	260	0,85	1,33	0,32	0,63	1,5	2x1.5+TTx1.5m m <sup>2</sup> Cu	16	2	30	Sub.P1.2
F14	TOMAS DE CORRIENTE ASEOS HOMBRES Y MUJERES	230	23	4000	0,8	21,74	1,81	2,12	4	2x4+TTx4mm <sup>2</sup> Cu	20	25	-	Sub.P1.2
F15	TC DE SALA CUADROS+PING PONG+PASILLO Z2	230	22	3680	0,8	20	2,61	2,92	2,5	2x2.5+TTx2.5m m <sup>2</sup> Cu	20	20	-	Sub.P1.2
EMERG.P1.Z 2	EMERGENCIAS ZONA 2 PRIMERA PLANTA	230	27	50	0,85	0,26	0,07	0,37	1,5	2x1.5+TTx1.5m m <sup>2</sup> Cu	16	1	30	Sub.P1.2
EMERG_BAR	EMERGENCIAS BAR	230	15	25	0,85	0,13	0,02	1,27	1,5	2x1.5+TTx1.5m m <sup>2</sup> Cu	16	1	30	SUB_BAR
ALUM_BAR1	ALUMBRADO ZONA 1 BAR	230	17	308	0,85	1,58	0,26	1,50	1,5	2x1.5+TTx1.5m m <sup>2</sup> Cu	16	2	30	SUB_BAR
ALUM_BAR2	ALUMBRADO ZONA 2 BAR	230	18	330	0,85	1,69	0,29	1,54	1,5	2x1.5+TTx1.5m m <sup>2</sup> Cu	16	2	30	SUB_BAR
ALUM_BAR3	ALUMBRADO ZONA 3 BAR	230	18	290	0,85	1,48	0,26	1,50	1,5	2x1.5+TTx1.5m m <sup>2</sup> Cu	16	2	30	SUB_BAR
F19	TOMAS DE CORRIENTE BAR TV	230	8	3680	0,8	20	0,95	2,20	2,5	2x2.5+TTx2.5m m <sup>2</sup> Cu	16	20	-	SUB_BAR
F20	CAFETERA Y TOMAS DE LA BARRA	230	8	4000	0,8	21,74	0,63	1,88	4	2x4+TTx4mm <sup>2</sup> Cu	20	25	-	SUB_BAR
F21	Vitrocerámica y horno	230	8	5400	0,8	29,35	0,57	1,81	6	2x6+TTx6mm <sup>2</sup> Cu	25	30	30	SUB_BAR



F22	Lavavajillas y microondas, freidora	230	10	5000	0,8	27,17	0,65	1,90	6	2x6+TTx6mm <sup>2</sup> Cu	25	30	-	SUB_BAR
F23	CÁMARAS FRIGORÍFICAS Y TC DE ALMACÉN	230	5	3680	0,8	20	0,59	1,84	2,5	2x2.5+TTx2.5m m <sup>2</sup> Cu	20	20	-	SUB_BAR
ALUM_16	ALUMBRADO 16 PRIMERA PLANTA	230	20	265	0,85	1,36	0,26	2,10	1,5	2x1.5+TTx1.5m m <sup>2</sup> Cu	16	2	30	Sub.P1.3
ALUM_17	ALUMBRADO 17 PRIMERA PLANTA	230	18	280	0,85	1,43	0,25	2,09	1,5	2x1.5+TTx1.5m m <sup>2</sup> Cu	16	2	30	Sub.P1.3
ALUM_18	ALUMBRADO 18 PRIMERA PLANTA	230	16	280	0,85	1,43	0,22	2,07	1,5	2x1.5+TTx1.5m m <sup>2</sup> Cu	16	2	30	Sub.P1.3
F16	TOMAS ASEOS	230	18	4000	0,8	21,74	1,41	3,26	4	2x4+TTx4mm <sup>2</sup> Cu	20	25	-	Sub.P1.3
F17	TOMAS PASILLO Y OFICINA	230	15	3680	0,8	20	1,78	3,63	2,5	2x2.5+TTx2.5m m <sup>2</sup> Cu	20	20	-	Sub.P1.3
F18	ACS Y VENTILACIÓN	230	4	5000	0,8	27,17	0,26	2,11	6	2x6+TTx6mm <sup>2</sup> Cu	25	30	-	Sub.P1.3
EMERG.P1.3	EMERGENCIAS ZONA 3 PRIMERA PLANTA	230	20	35	0,85	0,18	0,03	1,88	1,5	2x1.5+TTx1.5m m <sup>2</sup> Cu	16	1	30	Sub.P1.3
ASCENSOR	ASCENSOR	400	14	4000	0,8	9,02	0,35	0,47	2,5	3x2.5+TTx2.5m m <sup>2</sup> Cu	20	10	300	CGMP
GRUPO PRESION	ALIMENTACION GRUPO DE PRESIÓN	400	20	146.25	0,8	0,26	0,01	0,21	2,5	3x2.5+TTx2.5m m <sup>2</sup> Cu	20	0,4	300	Sub.P1.3
BOMBA IMPULSION	ALIMENTACIÓN BOMBA DE IMPULSIÓN	400	20	375	0,8	0,68	0,04	2,23	2,5	3x2.5+TTx2.5m m <sup>2</sup> Cu	20	1	300	Sub.P1.3
BOMBA CIRCULACION	ALIMENTACIÓN BOMBA DE CIRCULACIÓN	400	20	918.75	0,8	1,66	0,09	2,28	2,5	3x2.5+TTx2.5m m <sup>2</sup> Cu	20	2,5	300	Sub.P1.3
BOMBA RECIRCULACION	ALIMENTACIÓN BOMBA DE RECIRCULACIÓN	400	20	918.75	0,8	1,66	0,09	2,28	2,5	3x2.5+TTx2.5m m <sup>2</sup> Cu	20	2,5	300	Sub.P1.3
BOMBA	ALIMENTACIÓN	400	20	918.75	0,8	1,66	0,09	2,28	2,5	3x2.5+TTx2.5m	20	2,5	300	Sub.P1.3



CALDERA	BOMBA CALDERA									m <sup>2</sup> Cu				
---------	---------------	--	--	--	--	--	--	--	--	-------------------	--	--	--	--

Tabla 19. Resumen cálculos por circuitos

Elaboración propia

CUADRO	TENSIÓN (V)	LONGITUD (m)	POTENCIA (W)	COS(φ)	Intensidad de cálculo (A)	AV parcial(%)	AV total(%)	Sección conductor (mm <sup>2</sup> )	Tipo conductor de	Diámetro tubo (mm)	Calibre protección (A)	Sensibilidad diferencial (mA)	UBICACIÓN
CGMP	400												sala cuadros
Sub.PB.1	400	2	13383	0,8	24,15	0,03	0,21	6	4x6+TTx6mm <sup>2</sup> Cu	25	30	300	sala cuadros
Sub.PB.2	400	2	17913	0,8	32,32	0,04	0,22	6	4x6+TTx6mm <sup>2</sup> Cu	25	40	300	sala cuadros
Sub.PB.3	400	53	12736	0,8	22,98	2,25	2,43	4	4x4+TTx4mm <sup>2</sup> Cu	25	25	300	almacén
SUB_Cancha	400	17	1789	0,85	30,4	0,25	0,43	1,5	4x1,5+TTx1,5m <sup>2</sup> Cu	20	10	300	limpieza
Sub.P1.1	400	7	11535	0,8	22,52	0,19	0,37	6	4x6+TTx6mm <sup>2</sup> Cu	25	25	500	sala cuadros2
Sub.P1.2	400	7	8730	0,8	15,75	0,13	0,31	6	4x6+TTx6mm <sup>2</sup> Cu	25	25	300	sala cuadros2
SUB_BAR	400	35	22713	0,8	40,98	1,07	1,24	10	4x10+TTx10mm <sup>2</sup> Cu	32	50	300	almacén bar



Sub.P1.3	400	57	16358.75	0,8	29.52	2.07	2.19	6	4x6+TTx6mm <sup>2</sup> Cu	25	30	300	sala mantenimiento
----------	-----	----	----------	-----	-------	------	------	---	----------------------------	----	----	-----	--------------------

Tabla 20. Resumen de cálculos por subcuadros.

Elaboración propia

DERIVACIÓN	TENSIÓN (V)	LONGITUD (m)	POTENCIA (W)	COS(φ)	Intensidad de cálculo (A)	AV parcial(%)	AV total(%)	Sección conductor (mm <sup>2</sup> )	Tipo de conductor	Diámetro tubo (mm)	Calibre protección (A)	Sensibilidad diferencial (mA)
TC.1	400	0,3	8680	0,8	15,66	0,01	0,21	6	4x6mm <sup>2</sup> Cu	25	-	30
TC.2	400	0,3	7680	0,8	13,86	0	0,37	6	4x6mm <sup>2</sup> Cu	25	-	30
TC.3	400	0,3	7680	0,8	13,86	0	0,31	6	4x6mm <sup>2</sup> Cu	25	-	30
TC.4	400	0,3	7680	0,8	13,86	0	1,25	6	4x6mm <sup>2</sup> Cu	25	-	30
TC.5	400	0,3	8680	0,8	15,66	0,01	1,25	6	4x6mm <sup>2</sup> Cu	25	-	30
TC.6	400	0,3		0,8	13,86	0	1,85	6	4x6mm <sup>2</sup> Cu	25	-	30
ALUM.SUB.PB.1	400	0,3	1023	0,85	1,85	0	0,21	1,5	4x1.5mm <sup>2</sup> Cu	16	-	100
ALUM.SUB.PB.2	400	0,3	1553	0,85	2,8	0	0,22	1,5	4x1.5mm <sup>2</sup> Cu	16	-	100
ALUM.SUB.PB.3	400	0,3	796	0,85	1,44	0	2,43	1,5	4x1.5mm <sup>2</sup> Cu	16	-	100
ALUM.SUB.P1.1	400	0,3	1355	0,85	3,02	0	0,37	1,5	4x1.5mm	16	-	100



									<sup>2</sup> Cu			
ALUM.SUB.P1.2	400	0,3	1050	0,85	1,89	0	0,31	1,5	4x1.5mm <sup>2</sup> Cu	16	-	100
ALUM.SUB.P1.3	400	0,3	860	0,85	1,55			1,85	4x1.5mm <sup>2</sup> Cu	16	-	
AUM.SUB.BAR	400	0,3	953	0,85	1,72	0	1,25	1,5	4x1.5mm <sup>2</sup> Cu	16	-	100

Tabla 21. Resumen cálculos por derivaciones.

Elaboración propia

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	IpccI (kA)	Pde C (kA)	IpccF (kA)	tmcicc (sg)	Curvas válidas
TRAFO	7	3x150/70Cu	5.77	6	2796.67	58.83	400;B
Grupo Electrónico	5	4x150+TTx95Cu	1.44	4.5	713.42	903.99	100;B
Batería Condensadores	2	3x120+TTx70Cu	5.62	6	2784.8	24.56	250;B,C
Sub.PB.1	1	4x6+TTx6Cu	5.62	6	2671.37	0.1	30;B,C,D
Sub.PB.2	1	4x6+TTx6Cu	5.62	6	2671.37	0.1	38;B,C,D
Sub.PB.3	53	4x4+TTx4Cu	5.62	6	308.48	3.44	25;B,C
SUB.CANCHA	17	4x1.5+TTx1.5Cu	5.62	6	357.41	0.36	10;B,C,D
Sub.P1.1	7	4x6+TTx6Cu	5.62	6	1899.77	0.2	25;B,C,D
Sub.P1.2	7	4x6+TTx6Cu	5.62	6	1899.77	0.2	25;B,C,D
SUB_BAR	35	4x10+TTx10Cu	5.62	6	990.84	2.08	47;B,C,D
Sub.P1.3	57	4x6+TTx6Cu	5.62	6	421.16	4.15	30;B,C



ASCENSOR	14	3x2.5+TTx2.5Cu	5.62	6	675.58	0.28	10;B,C,D
----------	----	----------------	------	---	--------	------	----------

Tabla 22. Resumen cálculos Cortocircuito CGMP

Elaboración propia

## Cortocircuito Sub PB.1

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	I <sub>pccI</sub> (kA)	Pde C (kA)	I <sub>pccF</sub> (kA)	t <sub>mcc</sub> (sg)	Curvas válidas
TC.1	0.3	4x6Cu	5.36		2631.57	0.07	
F1	30	2x6+TTx6Cu	5.28	6	717.72	0.92	30;B,C,D
F2	20	2x2.5+TTx2.5Cu	5.28	6	481.05	0.36	20;B,C,D
F3	15	2x2.5+TTx2.5Cu	5.36	6	621.45	0.21	20;B,C,D
ALUM.SUB.PB.1	0.3	4x1.5Cu	5.36		2509.12		
ALUM.1	29	2x1.5+TTx1.5Cu	5.04	6	211.03	0.67	2;B,C,D
ALUM.2	31	2x1.5+TTx1.5Cu	5.04	6	198.08	0.76	2;B,C,D
ALUM.3	32	2x1.5+TTx1.5Cu	5.04	6	192.18	0.81	2;B,C,D
EMERG.PB.1	28	2x1.5+TTx1.5Cu	5.04	6	218.16	0.63	1;B,C,D

Tabla 23. Resumen cálculos de cortocircuito del Sub PB.1

Elaboración propia

## Cortocircuito Sub. PB. 2

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	I <sub>pccI</sub> (kA)	Pde C (kA)	I <sub>pccF</sub> (kA)	t <sub>mcc</sub> (sg)	Curvas válidas
F4	21	2x2.5+TTx2.5Cu	5.36	6	463.11	0.39	20;B,C,D
F5	21	2x4+TTx4Cu	5.36	6	695.12	0.44	25;B,C,D



F6	34	2x2.5+TTx2.5Cu	5.36	6	297.49	0.93	20;B,C
F7	32	2x6+TTx6Cu	5.36	6	686.11	1.01	30;B,C,D
ALUM.SUB.PB.2	0.3	4x1.5Cu	5.36		2509.12		
ALUM.4	34	2x1.5+TTx1.5Cu	5.04	6	181.37	0.9	3;B,C,D
ALUM.5	36	2x1.5+TTx1.5Cu	5.04	6	171.72	1.01	3;B,C,D
ALUM.6	38	2x1.5+TTx1.5Cu	5.04	6	163.04	1.12	3;B,C,D
EMERG.PB.2	40	2x1.5+TTx1.5Cu	5.04	6	155.19	1.24	1;B,C,D

Tabla 24. Resumen cálculos de cortocircuito del Sub PB.2

Elaboración propia

## Cortocircuito Sub PB.3

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	I <sub>pccI</sub> (kA)	P <sub>de C</sub> (kA)	I <sub>pccF</sub> (kA)	t <sub>mcc</sub> (sg)	Curvas válidas
F8	20	2x2.5+TTx2.5Cu	0.62	4.5	196.12	2.15	20;B
F9	20	2x2.5+TTx2.5Cu	0.62	4.5	196.12	2.15	20;B
F10	6	2x2.5+TTx2.5Cu	0.62	4.5	263.28	1.19	20;B,C
MOTOR PUERTA 1	20	2x2.5+TTx2.5Cu	0.62	4.5	196.12	2.15	4;B,C,D
MOTOR PUERTA 2	30	2x2.5+TTx2.5Cu	0.62	4.5	165.87	3	4;B,C,D
ALUM.SUB.PB.3	0.3	4x1.5Cu	0.62		304.13	0.32	
ALUM.7	20	2x1.5+TTx1.5Cu	0.61	4.5	156.6	1.21	2;B,C,D



ALUM.8	20	2x1.5+TTx1.5Cu	0.61	4.5	156.6	1.21	2;B,C,D
ALUM.9	20	2x1.5+TTx1.5Cu	0.61	4.5	156.6	1.21	2;B,C,D
EMERG.PB.3	20	2x1.5+TTx1.5Cu	0.61	4.5	156.6	1.21	1;B,C,D

**Tabla 25. Resumen cálculos de cortocircuito del Sub PB.3**

Elaboración propia

**Cortocircuito SUB. CANCHA**

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	IpccI (kA)	Pde C (kA)	IpccF (kA)	tmcicc (sg)	Curvas válidas
ALUM.C1	48	2x1.5+TTx1.5Cu	0.72	4.5	97.68	3.12	4;B,C,D
ALUM.C2	35	2x1.5+TTx1.5Cu	0.72	4.5	121.66	2.01	3;B,C,D
ALUM.C3	48	2x1.5+TTx1.5Cu	0.72	4.5	97.68	3.12	4;B,C,D
EMERG.CANCHA	62	2x1.5+TTx1.5Cu	0.72	4.5	80.58	4.58	1;B,C,D

**Tabla 26. Resumen cálculos de cortocircuito del SUB CANCHA**

Elaboración propia



## Cortocircuito Sub. P1.1

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	I <sub>pccI</sub> (kA)	Pde C (kA)	I <sub>pccF</sub> (kA)	t <sub>mcc</sub> (sg)	Curvas válidas
TC.2	0.3	4x6Cu	3.82		1867.38	0.14	
F11	41	2x2.5+TTx2.5Cu	3.75	4.5	235.03	1.5	20;B,C
F13	24	2x4+TTx4Cu	3.75	4.5	540.77	0.72	25;B,C,D
F12	40	3x2.5+TTx2.5Cu	3.82	4.5	240.95	2.2	6.3;B,C,D
ALUM.SUB.P1.1	0.3	4x1.5Cu	3.82		1774.76	0.01	
ALUM.10	50	2x1.5+TTx1.5Cu	3.56	4.5	121.54	2.01	3;B,C,D
ALUM.11	55	2x1.5+TTx1.5Cu	3.56	4.5	111.07	2.41	4;B,C,D
ALUM.12	55	2x1.5+TTx1.5Cu	3.56	4.5	111.07	2.41	3;B,C,D
EMERG.P1.1	54	2x1.5+TTx1.5Cu	3.56	4.5	113.02	2.33	1;B,C,D

Tabla 27. Resumen cálculos de cortocircuito del Sub P1.1

Elaboración propia

## Cortocircuito Sub. P1.2

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	I <sub>pccI</sub> (kA)	Pde C (kA)	I <sub>pccF</sub> (kA)	t <sub>mcc</sub> (sg)	Curvas válidas
TC.3	0.3	4x6Cu	3.82		1867.38	0.14	
F14	23	2x4+TTx4Cu	3.75	4.5	558.06	0.68	25;B,C,D
F15	22	2x2.5+TTx2.5Cu	3.75	4.5	401.02	0.51	20;B,C,D
ALUM.SUB.1.2	0.3	4x1.5Cu	3.82		1774.76	0.01	
ALUM.13	29	2x1.5+TTx1.5Cu	3.56	4.5	201.16	0.74	2;B,C,D



ALUM.14	27	2x1.5+TTx1.5Cu	3.56	4.5	214.54	0.65	2;B,C,D
ALUM.15	25	2x1.5+TTx1.5Cu	3.56	4.5	229.81	0.56	2;B,C,D
EMERG.P1.2	27	2x1.5+TTx1.5Cu	3.56	4.5	214.54	0.65	1;B,C,D

Tabla 28. Resumen cálculos de cortocircuito del Sub P1.2

Elaboración propia

## Cortocircuito SUB\_Bar

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	IpccI (kA)	Pde C (kA)	IpccF (kA)	tmcicc (sg)	Curvas válidas
TC.4	0.3	4x6Cu	1.99		980.15	0.5	
F19	8	2x2.5+TTx2.5Cu	1.97	4.5	573.94	0.25	20;B,C,D
F20	8	2x4+TTx4Cu	1.97	4.5	680.81	0.46	25;B,C,D
TC.5	0.3	4x6Cu	1.99		980.15	0.5	
F22	10	2x6+TTx6Cu	1.97	4.5	717.72	0.92	30;B,C,D
F23	5	2x2.5+TTx2.5Cu	1.97	4.5	680.81	0.18	20;B,C,D
F21	8	2x6+TTx6Cu	1.99	4.5	765.28	0.81	30;B,C,D
ALUM.SUB.BAR	0.3	4x1.5Cu	1.99		949.32	0.03	
ALUM.BAR1	17	2x1.5+TTx1.5Cu	1.91	4.5	273.59	0.4	2;B,C,D
ALUM.BAR2	18	2x1.5+TTx1.5Cu	1.91	4.5	262.48	0.43	2;B,C,D
ALMU.BAR3	18	2x1.5+TTx1.5Cu	1.91	4.5	262.48	0.43	2;B,C,D



EMERG_BAR	15	2x1.5+TTx1.5Cu	1.91	4.5	298.87	0.33	1;B,C,D
-----------	----	----------------	------	-----	--------	------	---------

Tabla 29. Resumen cálculos de cortocircuito del SUB\_BAR

Elaboración propia

## Cortocircuito Sub.P1.3

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	I <sub>pccI</sub> (kA)	Pde C (kA)	I <sub>pccF</sub> (kA)	t <sub>mcc</sub> (sg)	Curvas válidas
TC.6	0.3	4x6Cu	0.85		419.12	2.71	
F16	18	2x4+TTx4Cu	0.84	4.5	291.79	2.49	25;B,C
F17	15	2x2.5+TTx2.5Cu	0.84	4.5	264.9	1.18	20;B,C
F18	4	2x6+TTx6Cu	0.85	4.5	395.53	3.04	30;B,C
ALUM.SUB.P1.3	0.3	4x1.5Cu	0.85		413.13	0.17	
ALUM.16	20	2x1.5+TTx1.5Cu	0.83	4.5	181.37	0.9	2;B,C,D
ALUM.17	18	2x1.5+TTx1.5Cu	0.83	4.5	192.18	0.81	2;B,C,D
ALUM.18	16	2x1.5+TTx1.5Cu	0.83	4.5	204.35	0.71	2;B,C,D
EMERG.P1.3	20	2x1.5+TTx1.5Cu	0.83	4.5	181.37	0.9	1;B,C,D
GRUPO PRESION	20	3x2.5+TTx2.5Cu	0.85	4.5	236.54	2.28	0.4;B,C,D
BOMBA IMP.	20	3x2.5+TTx2.5Cu	0.85	4.5	236.54	2.28	1;B,C,D
BOMB. CIRC.	20	3x2.5+TTx2.5Cu	0.85	4.5	236.54	2.28	2.5;B,C,D
BOMB. RECIRC.	20	3x2.5+TTx2.5Cu	0.85	4.5	236.54	2.28	2.5;B,C,D
BOMB. CALD.	20	3x2.5+TTx2.5Cu	0.85	4.5	236.54	2.28	2.5;B,C,D

Tabla 30. Resumen cálculos de cortocircuito del Sub P1.3

Elaboración propia



## 2.4 PUESTA A TIERRA DE LAS MASAS DEL EDIFICIO

Para el cálculo de la puesta a tierra de las masas del edificio se parte de la hipótesis de que la resistividad del terreno es de  $150 \Omega \times m$ .

El electrodo se dimensionará 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 será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor.
- 50 V en los demás casos.

En la instalación proyectada se decide instalar una puesta tierra mediante conductor desnudo de  $35 \text{ mm}^2$  de una longitud de 250 m. rodeando el perímetro del edificio.

Los valores utilizados para calcular la resistencia de puesta a tierra  $R_a$  son los siguientes:

- Resistividad del terreno ( $\rho$ ):  $150 \Omega \cdot m$ .
- Tensión de contacto límite convencional (UC): 24 V
- Intensidad de defecto ( $I_d$ ): 30 mA.

Ya que hemos elegido un conductor desnudo, la fórmula para estimar la resistencia de puesta a tierra será la siguiente:

$$R_a = 2 * \frac{\rho}{L}$$

Siendo:

$\rho$ : Resistividad del terreno ( $\Omega \cdot m$ )

L: longitud del conductor (m.)

Por lo que tenemos un valor de  $R_a$  de:

$$R_a = 2 * \frac{150}{250} = 1.2 \Omega$$

Para comprobar que se cumple con el reglamento, a continuación calcularemos la tensión de contacto y verificaremos que está por debajo de 24 V. La fórmula empleada para este cálculo, ya que hemos elegido un esquema de régimen de neutro T-T, es la siguiente:

$$24 \geq R_a * I_a$$

Siendo:



Ra: resistencia de puesta a tierra de las masas del edificio ( $\Omega$ .)

Ia: corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección (corriente diferencial-residual para interruptores diferenciales) (A.)

$$24 \geq 1.2 * 0.3 = 0.36 V$$

Viendo el resultado obtenido comprobamos que la tensión obtenida es inferior al valor de la tensión de contacto límite.

Según el reglamento, la línea principal de tierra no será inferior a 16 mm<sup>2</sup> en Cu, y la línea de enlace con tierra, no será inferior a 25 mm<sup>2</sup> en Cu.

## 2.5 PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES

Para la determinación contra la sobretensión tipo rayo, como se indicó en el apartado correspondiente de esta memoria, comenzaremos por calcular la frecuencia esperada  $N_e$  de la siguiente forma:

$$N_e = N_g A_e C_1 10^{-6}$$

- $N_g$  tendrá un valor de 2.5 impactos/año,km<sup>2</sup> según la localización de nuestro edificio en el mapa de España.
- $A_e$  se calculará del siguiente modo:

$$A_e = (b * a) + 6 * h * (b + a) + 9 * \pi * h^2$$

Siendo:

a= 52 m (largo del polideportivo)

b= 38.2 m (ancho del polideportivo)

h= 13 m (punto más alto del polideportivo)

Con lo que tenemos un área equivalente  $A_e = 13800 \text{ m}^2$

- $C_1$  tendrá un valor de 0.5 ya que el edificio se sitúa próximo a otros edificios o árboles de la misma altura o más altos.

Por lo que el valor de  $N_e = 0.01725$

A continuación procedemos a calcular el valor del riesgo admisible,  $N_a$  mediante la fórmula:

$$N_a = \frac{5.5}{C_2 C_3 C_4 C_5} 10^{-3}$$

Y obtenemos un valor de  $N_a = 0.00183$

Como la frecuencia esperada es mayor que el riesgo admisible es necesario un sistema de protección contra el rayo.

Para determinar el nivel de protección necesario se calcula la eficacia requerida por la instalación mediante la ecuación:

$$E = 1 - \frac{N_a}{N_e}$$

Y según la tabla 2.1 del CTE DB SUA 8 obtenemos el nivel de protección en función del valor de esta eficacia obtenida.

<b>Eficiencia requerida</b>	<b>Nivel de protección</b>
$E > 0,98$	1
$0,95 \leq E < 0,98$	2
$0,80 \leq E < 0,95$	3
$0 \leq E < 0,80$ <sup>(1)</sup>	4

<sup>(1)</sup> Dentro de estos límites de *eficiencia* requerida, la instalación de protección contra el rayo no es obligatoria.

Figura 20. Tabla 2.1 CTE DB SUA 8

Fuente: CTE DB SUA 8

Tenemos un valor para  $E = 0.89$  por lo que  $0.80 < E < 0.95$ . Sería necesario instalar una protección de **Nivel de protección 3**.

### 3 CÁLCULO DE ILUMINACIÓN INTERIOR

#### 3.1 PROCESO DE CÁLCULO

Para este cálculo ha sido utilizado el programa Dialux en cual hay que introducir una serie de parámetros para la definición de la estancia en cuestión y a partir de ellos realiza los cálculos necesarios para dar la solución del número y situación de luminarias necesarios. Algunos de los parámetros para el diseño son:

- Iluminancia media (Em). Lúmenes por metro cuadrado que inciden sobre una superficie. Dialux permite introducir el valor deseado para cada estancia el cual elegiremos en función de la normativa vigente.
- Plano útil. Distancia al suelo a la que estará el plano en el que normalmente se llevarán a cabo las actividades pensadas para esa estancia. Será el plano para el que Dialux dimensionará las luminarias necesarias para alcanzar la Em deseada.



- Altura y grado de inclinación de luminarias. Dependiendo de la posición de las luminarias podremos conseguir diferentes resultados.
- Factor de degradación de la estancia. Factor que depende del nivel de limpieza y trabajos que se vayan a llevar a cabo en el local.
- Grado de reflexión de superficies del local. El programa nos permite elegir la gama de color de cada superficie.

Este programa nos permite elegir una gran variedad de luminarias ya que la mayoría de fabricantes dispone de un catálogo de luminaria en formato .uld para poder importar a Dialux en el que se encuentran todas las características necesarias para realizar los cálculos.

Para cumplir la normativa vigente han sido consultadas tanto la norma UNE-EN 12193:2009 de iluminación en instalaciones deportivas, como la UNE-EN 12464-1:2012 de iluminación para lugares de trabajo en interiores.

Además también ha sido tenido en cuenta el Documento Básico HE3 de eficiencia Energética en las instalaciones de alumbrado del Código Técnico de la Edificación (CTE) el cual considera aceptables los valores establecidos por las normas anteriormente citadas. Este documento nos define el valor de eficiencia energética (VEEI) así como los valores máximos admisibles para este parámetro expuestos a continuación:

- Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI)

$$VEEI = \frac{P * 100}{S * Em}$$

Siendo:

P = Potencia de la lámpara más el equipo auxiliar (W).

S = La superficie iluminada (m<sup>2</sup>).

Em= La iluminancia media horizontal mantenida (lux).

Con el fin de establecer los correspondientes valores de eficiencia energética límite, las instalaciones de iluminación se identificarán, según el uso de la zona dentro de uno de los 2 grupos siguientes:

- Grupo 1: Zonas de no representación o espacios donde el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, queda relegado a un segundo plano frente a otros criterios como el nivel de iluminación, el confort visual, la seguridad y la eficiencia energética.
- Grupo 2: Zonas de representación o espacios donde el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere

transmitir al usuario con la iluminación, son preponderantes frente a los criterios de eficiencia energética.

A continuación se muestran los valores máximos de VEEI que no debemos sobrepasar para cada tipo de estancia según la normativa vigente:

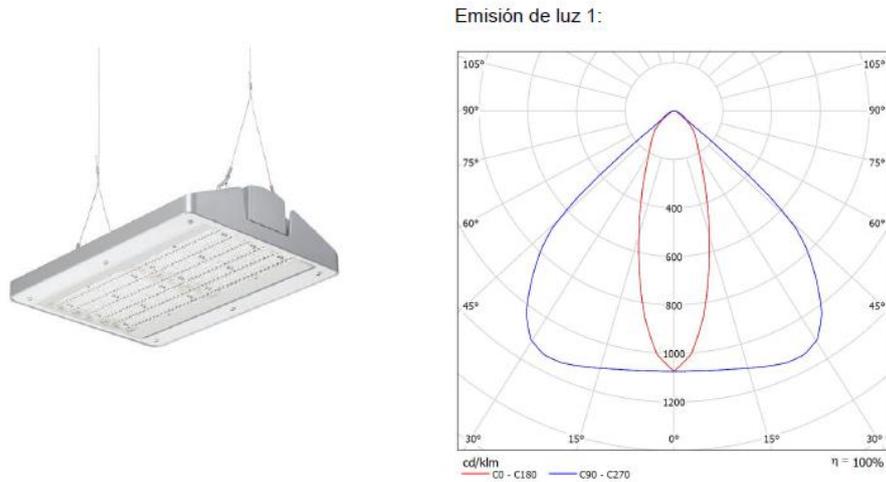
<i>Zonas de actividad diferenciada</i>	<b>VEEI límite</b>
administrativo en general	3,0
andenes de estaciones de transporte	3,0
pabellones de exposición o ferias	3,0
salas de diagnóstico <sup>(1)</sup>	3,5
aulas y laboratorios <sup>(2)</sup>	3,5
habitaciones de hospital <sup>(3)</sup>	4,0
recintos interiores no descritos en este listado	4,0
zonas comunes <sup>(4)</sup>	4,0
almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	4,0
aparcamientos	4,0
espacios deportivos <sup>(5)</sup>	4,0
estaciones de transporte <sup>(6)</sup>	5,0
supermercados, hipermercados y grandes almacenes	5,0
bibliotecas, museos y galerías de arte	5,0
zonas comunes en edificios no residenciales	6,0
centros comerciales (excluidas tiendas) <sup>(7)</sup>	6,0
hostelería y restauración <sup>(8)</sup>	8,0
religioso en general	8,0
salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias <sup>(9)</sup>	8,0
tiendas y pequeño comercio	8,0
habitaciones de hoteles, hostales, etc.	10,0
locales con nivel de iluminación superior a 600lux	2,5

Figura 21. Tabla de CTE DB HE3 con valores límite para VEEI

Fuente: CTE DB HE3

### 3.2 LUMINARIAS UTILIZADAS

Antes de mostrar los cálculos obtenidos se muestra una lista con las luminarias utilizadas y sus principales características. Todas ellas están compuestas por lámparas de tipo LED debido a las razones ya expuestas anteriormente en este documento. Se ha elegido la marca Philips para todas ellas debido a su amplia gama de productos y la compatibilidad con el programa utilizado ya que la gran mayoría de sus luminarias son importables a Dialux.

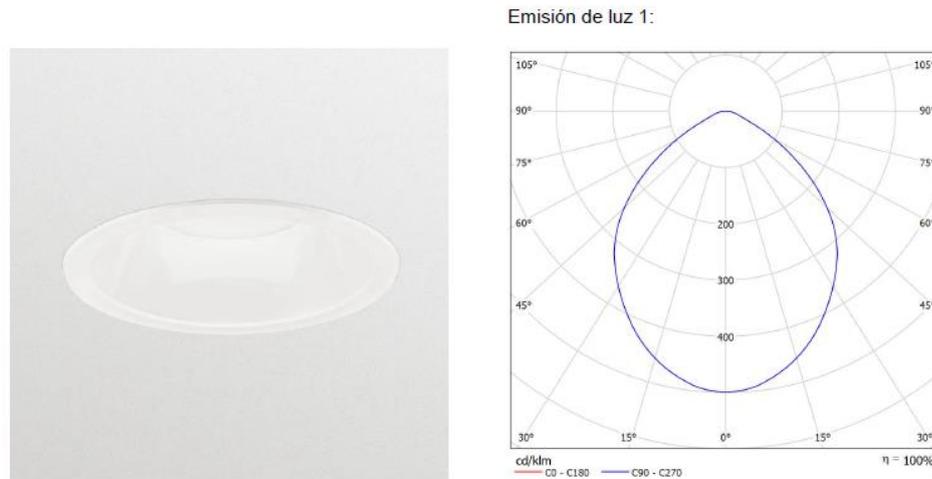
**PHILIPS BY471P 1 xGRN170S/840 HRO GC / Hoja de datos de luminarias****Figura 22. Luminaria PHILIPS BY471P**

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

**PHILIPS BY471P 1 xGRN170S/840 HRO GC**

- Flujo luminoso (Luminaria): 17000 lm
- Flujo luminoso (Lámparas): 17000 lm
- Potencia de las luminarias: 126.0 W
- Clasificación luminarias según CIE: 100
- Código CIE Flux: 81 97 99 100 100
- Lámpara: 1 x GRN170S/840/- (Factor de corrección 1.000).

Esta luminaria será utilizada para la cancha de juego del polideportivo debido a que está pensada para instalarla a grandes alturas y es regulable.

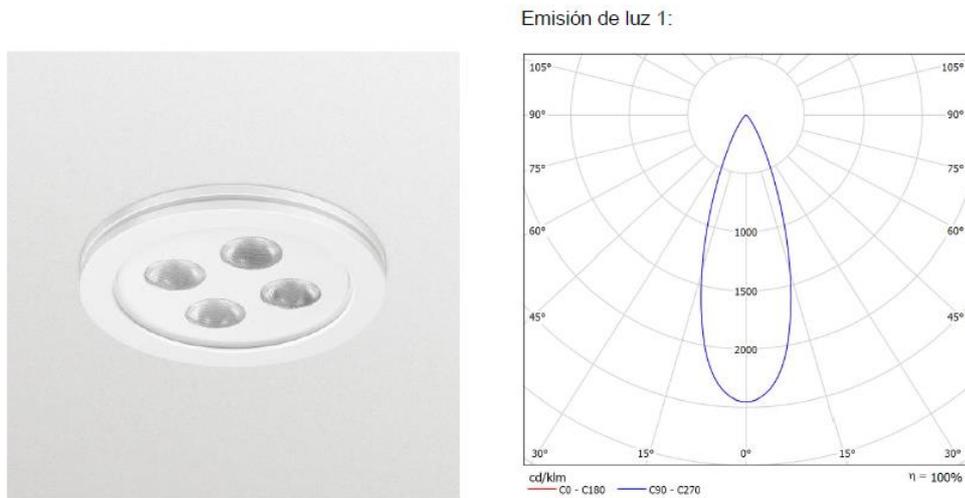
**PHILIPS DN131B D217 1xLED20S/830 / Hoja de datos de luminarias****Figura 23. Luminaria PHILIPS DN131B D217**

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

**PHILIPS DN131B D217 1xLED20S/830**

- Flujo luminoso (Luminaria): 2100 lm
- Flujo luminoso (Lámparas): 2100 lm
- Potencia de las luminarias: 22.0 W
- Clasificación luminarias según CIE: 100
- Código CIE Flux: 61 91 98 100 100
- Lámpara: 1 x LED20S/830/- (Factor de corrección 1.000).

Este downlight regulable será utilizado para la mayoría de las estancias debido a su versatilidad y ya que es ideal para colocarlo empotrado en falso techo.

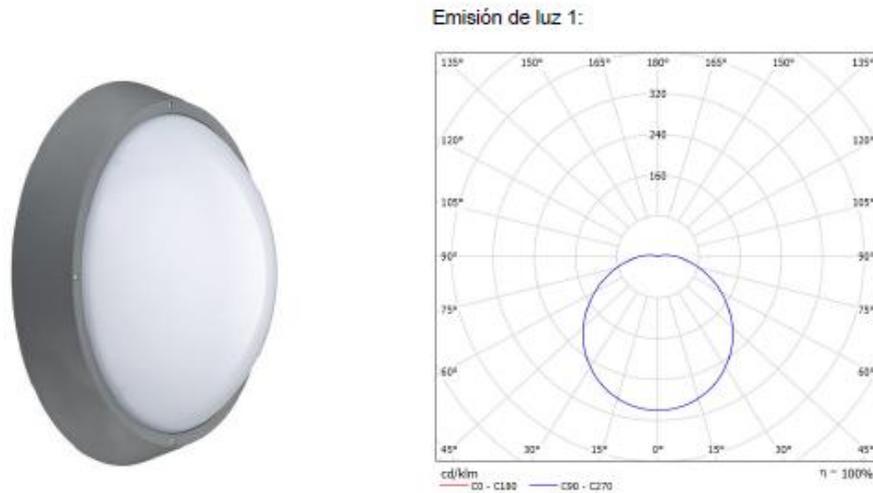
**PHILIPS BBG390 4xLED6-40-/830 IP54 / Hoja de datos de luminarias****Figura 24. Luminaria PHILIPS BBG390**

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

**PHILIPS BBG390 4xLED6-40-/830 IP54**

- Flujo luminoso (Luminaria): 655 lm
- Flujo luminoso (Lámparas): 655 lm
- Potencia de las luminarias: 12.7 W
- Clasificación luminarias según CIE: 100
- Código CIE Flux: 95 99 100 100 100
- Lámpara: 4 x LED6-40-/830 (Factor de corrección 1.000).

Esta luminaria tipo downlight será utilizado en los baños debido a su grado IP54 de protección. Al igual que el anterior también tiene la opción de regulación.

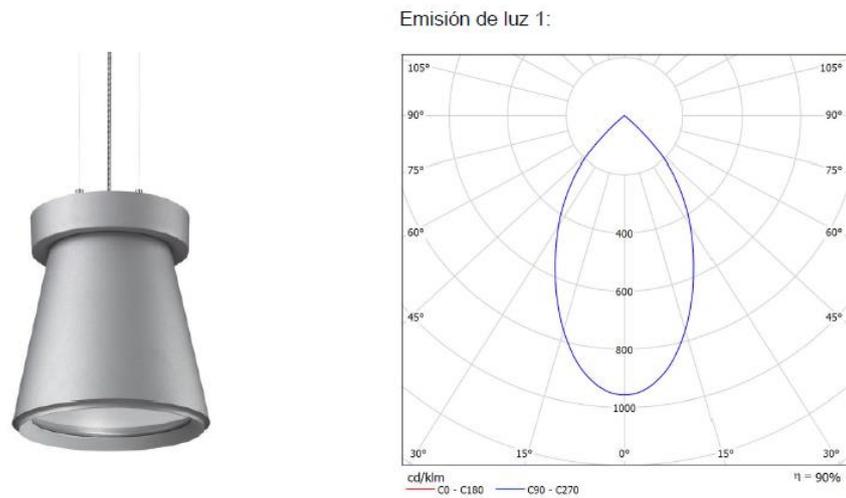
**PHILIPS WL120V LED16S/840 / Hoja de datos de luminarias****Figura 25. Luminaria PHILIPS BN130C**

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

**PHILIPS BN130C 1xLED10S/830 L871**

- Flujo luminoso (Luminaria): 1600 lm
- Flujo luminoso (Lámparas): 1600 lm
- Potencia de las luminarias: 24.0 W
- Clasificación luminarias según CIE: 95
- Código CIE Flux: 43 72 91 95 100
- Lámpara: 1 x LED10S/830/- (Factor de corrección 1.000).

El aplique LED arriba indicado será únicamente utilizado en las escaleras ya que es idóneo para instalarlo sobre pared.

**PHILIPS BPK561 1xDLM2000/830 / Hoja de datos de luminarias****Figura 26. Luminaria PHILIPS BPK561**

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

**PHILIPS BPK561 1xDLM2000/830**

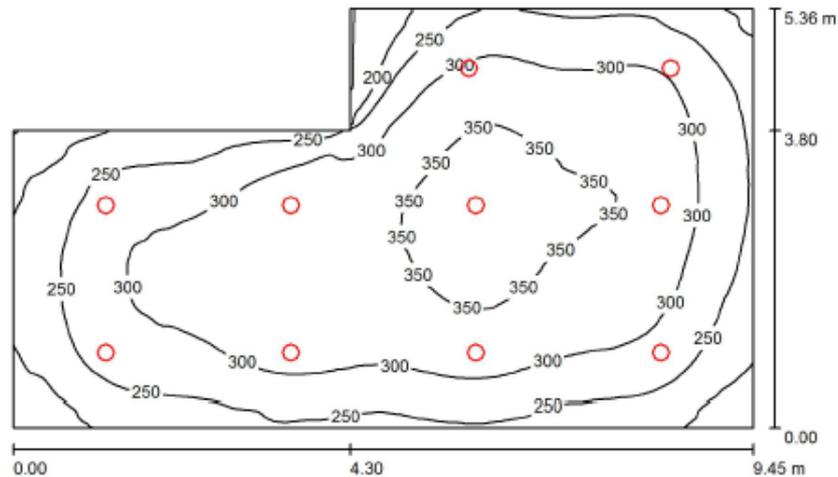
- Flujo luminoso (Luminaria): 1800 lm
- Flujo luminoso (Lámparas): 2000 lm
- Potencia de las luminarias: 22.0 W
- Clasificación luminarias según CIE: 100
- Código CIE Flux: 90 100 100 100 90
- Lámpara: 1 x DLM2000/830/- (Factor de corrección 1.000).

Se ha elegido esta luminaria para las gradas y gimnasio por su colocación colgante y su gran flujo luminoso.

**3.3 RESUMEN DE CÁLCULOS**

En las siguientes páginas se muestran los cálculos extraídos del programa Dialux para cada una de las estancias del polideportivo:

- Almacén Bar



Altura del local: 3.500 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:69

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	291	149	378	0.511
Suelo	20	252	150	320	0.595
Techo	70	61	43	73	0.707
Paredes (6)	50	137	48	339	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
 Trama: 128 x 128 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	10	PHILIPS DN131B D217 1xLED20S/830 (1.000)	2100	2100	22.0
			Total: 21000	Total: 21000	220.0

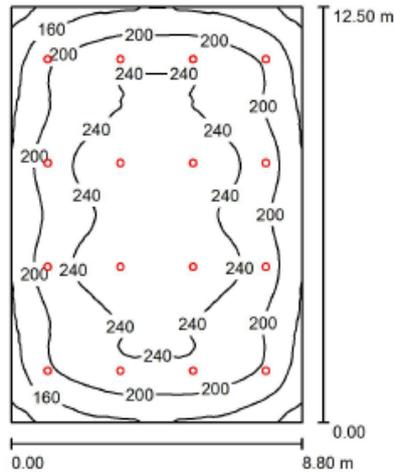
Valor de eficiencia energética:  $5.01 \text{ W/m}^2 = 1.72 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $43.94 \text{ m}^2$ )

Figura 27. Resultados de iluminación sala Almacén Bar

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

Se fija un valor de cálculo para  $E_m$  de 150 lux para cumplir la normativa.

- Almacén polideportivo



Altura del local: 4.000 m, Altura de montaje: 4.080 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:161

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	212	103	266	0.487
Suelo	20	196	108	247	0.553
Techo	70	43	32	46	0.742
Paredes (4)	50	95	37	180	/

Plano útil:		UGR	Longi-	Tran-	al eje de luminaria
Altura:	0.850 m	Pared izq	27	27	
Trama:	128 x 128 Puntos	Pared inferior	27	27	
Zona marginal:	0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	16	PHILIPS DN131B D217 1xLED20S/830 (1.000)	2100	2100	22.0
			Total: 33600	Total: 33600	352.0

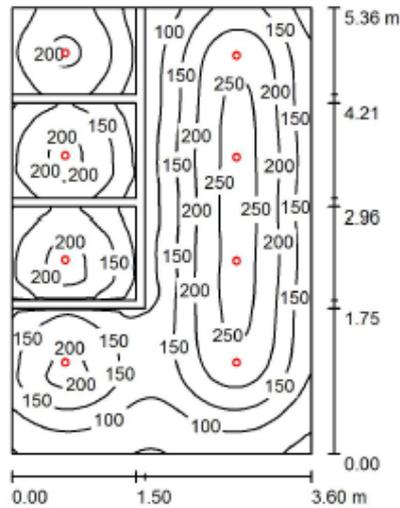
Valor de eficiencia energética:  $3.20 \text{ W/m}^2 = 1.51 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $110.00 \text{ m}^2$ )

Figura 28. Resultados de iluminación sala Almacén Polideportivo

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

Se fija un valor de cálculo para  $E_m$  de 150 lux para cumplir la normativa.

- Aseos hombres



Altura del local: 3.500 m, Altura de montaje: 3.580 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:69

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	162	39	264	0.241
Suelo	20	128	15	206	0.118
Techo	70	20	13	24	0.682
Paredes (4)	50	37	9.86	94	/

Plano útil:  
 Altura: 0.850 m  
 Trama: 128 x 128 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	8	PHILIPS BBG390 4xLED6-40-/830 IP54 (1.000)	655	655	12.7
			Total: 5240	Total: 5240	101.6

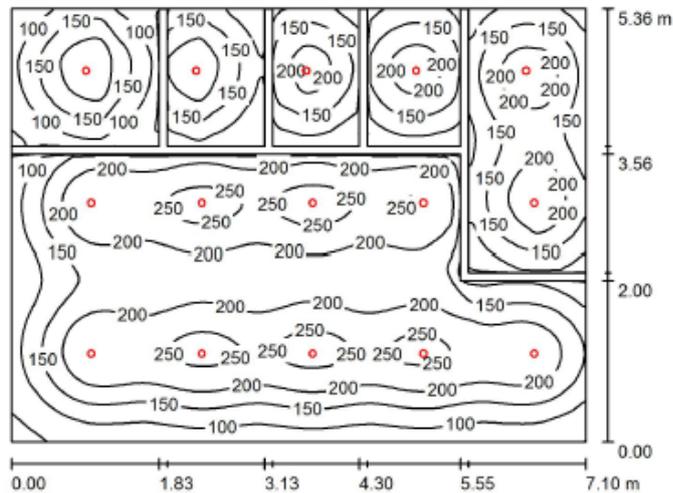
Valor de eficiencia energética:  $5.27 \text{ W/m}^2 = 3.26 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $19.30 \text{ m}^2$ )

Figura 29. Resultados de iluminación sala Aseos hombres

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

Se fija un valor de cálculo para  $E_m$  de 150 lux para cumplir la normativa.

- Aseos mujeres



Altura del local: 3.500 m, Altura de montaje: 3.500 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:69

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	171	37	262	0.218
Suelo	20	142	14	216	0.098
Techo	70	21	12	27	0.581
Paredes (4)	50	35	12	74	/

**Plano útil:**  
 Altura: 0.850 m  
 Trama: 128 x 128 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	15	PHILIPS BBG390 4xLED6-40-/830 IP54 (1.000)	655	655	12.7
			Total: 9825	Total: 9825	190.5

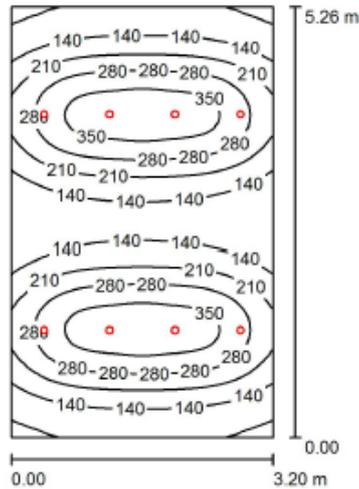
Valor de eficiencia energética:  $5.01 \text{ W/m}^2 = 2.93 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $38.06 \text{ m}^2$ )

**Figura 30. Resultados de iluminación sala Aseos mujeres**

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

Se fija un valor de cálculo para  $E_m$  de 150 lux para cumplir la normativa.

- Aseos personal



Altura del local: 3.500 m, Altura de montaje: 3.580 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:68

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	216	55	397	0.254
Suelo	20	196	77	297	0.391
Techo	70	26	20	31	0.751
Paredes (4)	50	47	19	154	/

Plano útil:	UGR	Longi-	Tran-	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq	15	15	
Trama: 64 x 64 Puntos	Pared inferior	15	15	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	8	PHILIPS BBG390 4xLED6-40-/830 IP54 (1.000)	655	655	12.7
			Total: 5240	Total: 5240	101.6

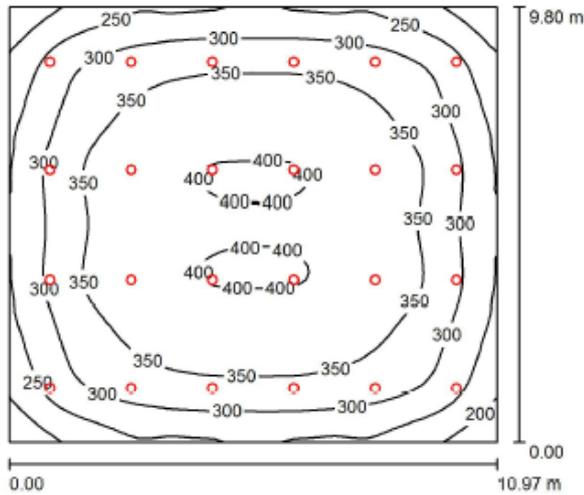
Valor de eficiencia energética:  $6.04 \text{ W/m}^2 = 2.79 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $16.83 \text{ m}^2$ )

Figura 31. Resultados de iluminación sala Aseos personal

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

Se fija un valor de cálculo para  $E_m$  de 150 lux para cumplir la normativa.

- Bar



Altura del local: 4.000 m, Altura de montaje: 4.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:126

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	326	164	404	0.504
Suelo	20	301	166	382	0.553
Techo	70	66	50	72	0.756
Paredes (4)	50	146	57	264	/

Plano útil:	UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq 27	27	27	
Trama: 64 x 64 Puntos	Pared inferior (CIE, SHR = 0.25.)	27	27	
Zona marginal: 0.000 m				

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	24	PHILIPS DN131B D217 1xLED20S/830 (1.000)	2100	2100	22.0
			Total: 50400	Total: 50400	528.0

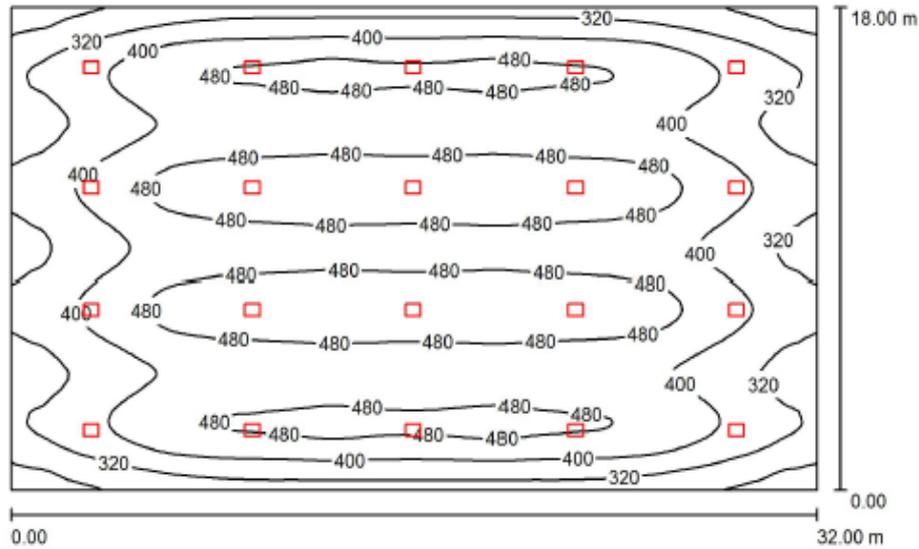
Valor de eficiencia energética:  $4.91 \text{ W/m}^2 = 1.51 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $107.51 \text{ m}^2$ )

Figura 32. Resultados de iluminación sala Bar

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

Se fija un valor de cálculo para  $E_m$  de 300 lux para cumplir la normativa.

- Cancha



Altura del local: 10.000 m, Altura de montaje: 9.400 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:232

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	418	192	548	0.459
Suelo	18	418	191	549	0.457
Techo	70	71	50	80	0.707
Paredes (4)	50	130	52	400	/

**Plano útil:**

Altura: 0.000 m  
 Trama: 128 x 128 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	20	PHILIPS BY471P 1 xGRN170S/840 HRO GC (1.000)	17000	17000	126.0
			Total: 340000	Total: 340000	2520.0

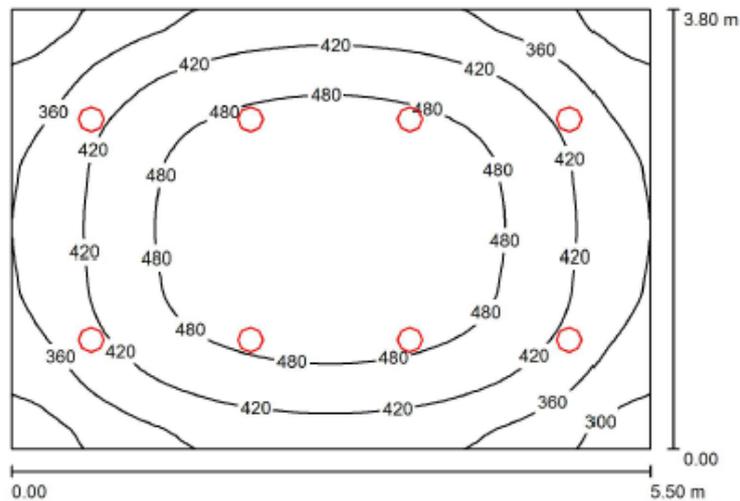
Valor de eficiencia energética:  $4.38 \text{ W/m}^2 = 1.05 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $576.00 \text{ m}^2$ )

**Figura 33. Resultados de iluminación sala Cancha**

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

Se fija un valor de cálculo para  $E_m$  de 400 lux para cumplir la normativa. Ya que no es una cancha pensada para retransmisiones televisivas con esos valores sería suficiente.

- Cocina bar



Altura del local: 3.500 m, Altura de montaje: 3.500 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:49

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	429	261	535	0.608
Suelo	20	353	244	430	0.693
Techo	70	94	68	104	0.724
Paredes (4)	50	212	74	438	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
 Trama: 64 x 64 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	8	PHILIPS DN131B D217 1xLED20S/830 (1.000)	2100	2100	22.0
			Total: 16800	Total: 16800	176.0

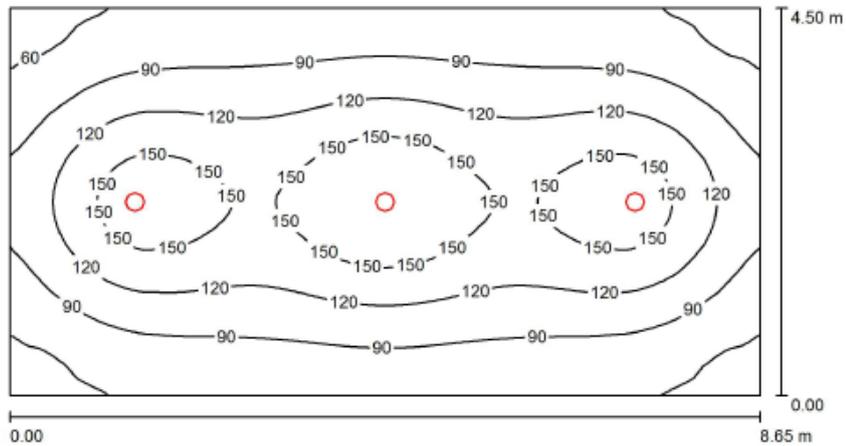
Valor de eficiencia energética:  $8.42 \text{ W/m}^2 = 1.96 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $20.90 \text{ m}^2$ )

**Figura 34. Resultados de iluminación sala Cocina Bar**

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

Se fija un valor de cálculo para  $E_m$  de 400 lux para cumplir la normativa.

- Control megafonía y marcadores



Altura del local: 3.500 m, Altura de montaje: 3.500 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:62

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	109	45	179	0.413
Suelo	20	93	50	130	0.536
Techo	70	19	13	21	0.671
Paredes (4)	50	42	14	96	/

Plano útil:	UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq 27	27	27	
Trama: 128 x 64 Puntos	Pared inferior 27	27	27	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	3	PHILIPS DN131B D217 1xLED20S/830 (1.000)	2100	2100	22.0
			Total: 6300	Total: 6300	66.0

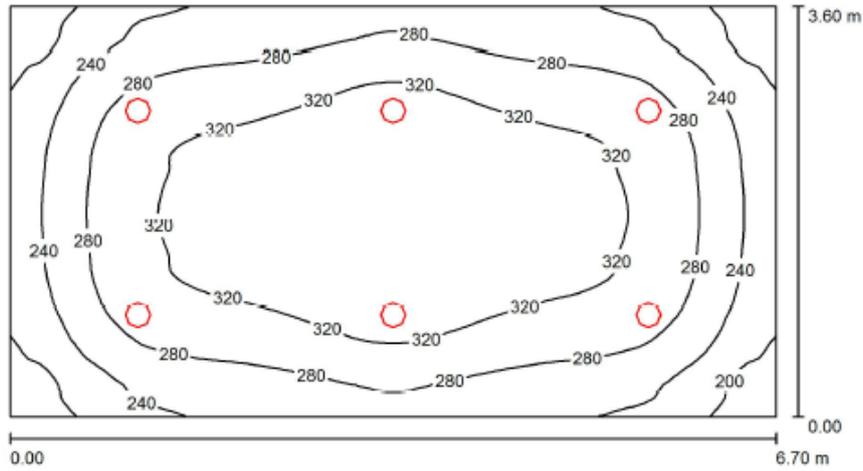
Valor de eficiencia energética:  $1.70 \text{ W/m}^2 = 1.56 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $38.92 \text{ m}^2$ )

Figura 35. Resultados de iluminación sala Control megafonía y marcadores

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

Se fija un valor de cálculo para  $E_m$  de 100 lux para cumplir la normativa.

- Enfermería



Altura del local: 3.500 m, Altura de montaje: 3.500 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:48

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	287	165	360	0.577
Suelo	20	238	156	291	0.657
Techo	70	61	42	68	0.693
Paredes (4)	50	139	48	267	/

Plano útil:  
 Altura: 0.850 m  
 Trama: 128 x 64 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	PHILIPS DN131B D217 1xLED20S/830 (1.000)	2100	2100	22.0
			Total: 12600	Total: 12600	132.0

Valor de eficiencia energética:  $5.47 \text{ W/m}^2 = 1.91 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $24.12 \text{ m}^2$ )

Figura 36. Resultados de iluminación sala Enfermería

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

Se fija un valor de cálculo para  $E_m$  de 250 lux para cumplir la normativa.

- Entrada a cancha y pasillos vestuarios

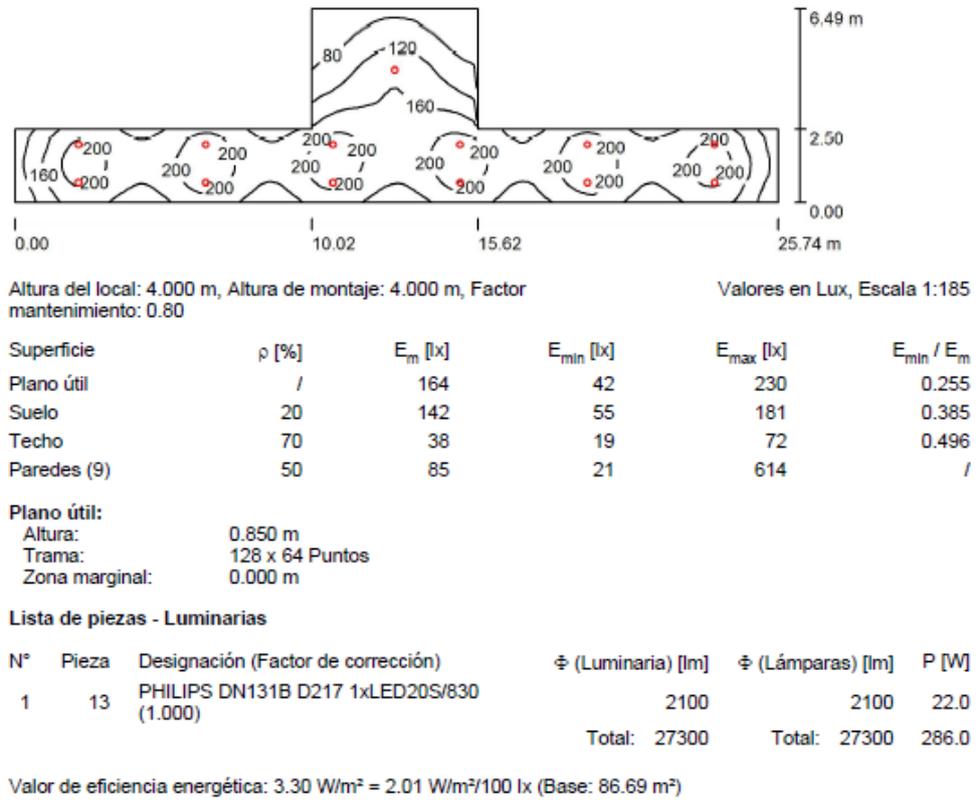
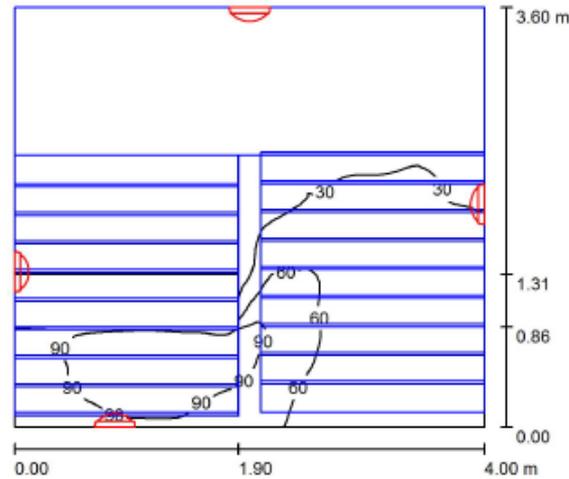


Figura 37. Resultados de iluminación Entrada a cancha y pasillos vestuarios

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

Se fija un valor de cálculo para  $E_m$  de 100 lux para cumplir la normativa.

- Escaleras



Altura del local: 4.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:47

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	30	1.42	109	0.047
Suelo	20	13	2.07	43	0.159
Techo	70	166	6.78	582	0.041
Paredes (4)	50	74	1.53	261	/

Plano útil:

Altura:	0.850 m
Trama:	64 x 64 Puntos
Zona marginal:	0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	4	PHILIPS WL120V LED16S/840 (1.000)	1600	1600	24.0
			Total: 6400	Total: 6400	96.0

Figura 38. Resultados de iluminación Escaleras

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

Para las escaleras a continuación se añade la representación en colores falsos para comprobar que se llega a los 100 lux para el cumplimiento de la normativa en todos los niveles. Además hay que tener en cuenta que también serán iluminadas por luminarias de ambos pasillos.

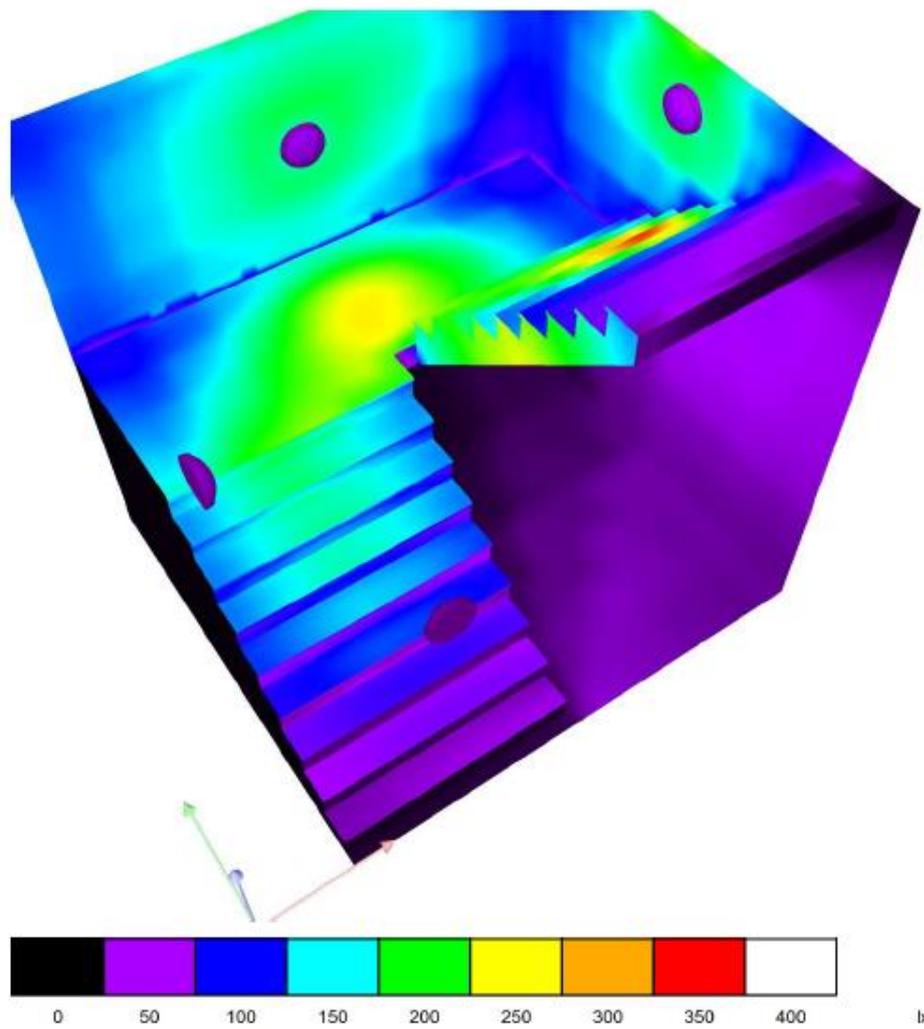
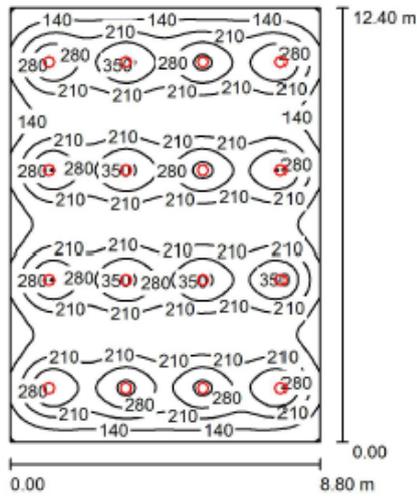


Figura 39. Representación en colores falsos de Escaleras

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

- Gimnasio



Altura del local: 4.000 m, Altura de montaje: 3.400 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:160

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	216	67	367	0.309
Suelo	20	205	85	266	0.416
Techo	70	31	22	37	0.707
Paredes (4)	50	48	20	123	/

Plano útil:	UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq 15	15	15	
Trama: 128 x 128 Puntos	Pared inferior 15	15	15	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	16	PHILIPS BPK561 1xDLM2000/830 (1.000)	1800	2000	22.0
			Total: 28800	Total: 32000	352.0

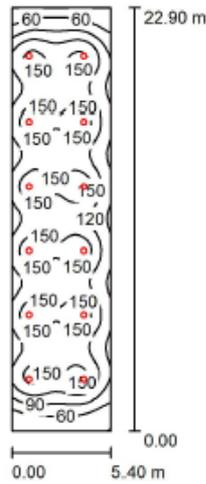
Valor de eficiencia energética:  $3.23 \text{ W/m}^2 = 1.49 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $109.12 \text{ m}^2$ )

Figura 40. Resultados de iluminación de sala Gimnasio

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

Se fija un valor de cálculo para  $E_m$  de 200 lux para cumplir la normativa.

- Gradadas este y oeste



Altura del local: 6.000 m, Altura de montaje: 5.400 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:295

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	125	29	170	0.234
Suelo	20	111	37	141	0.333
Techo	70	17	10	20	0.617
Paredes (4)	50	33	9.77	149	/

Plano útil:  
 Altura: 1.500 m  
 Trama: 128 x 64 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	12	PHILIPS BPK561 1xDLM2000/830 (1.000)	1800	2000	22.0
			Total: 21600	Total: 24000	264.0

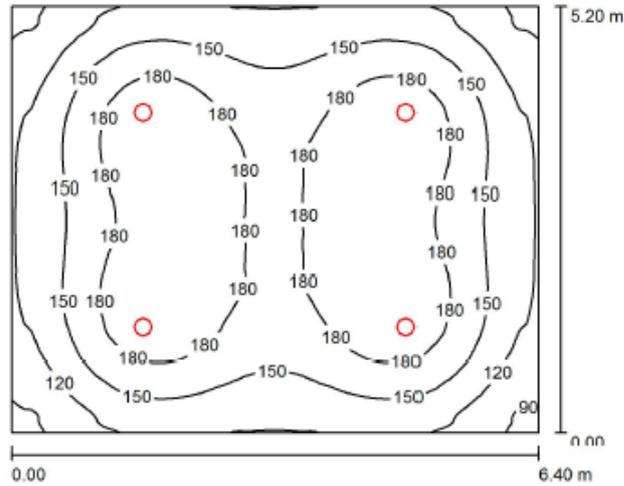
Valor de eficiencia energética:  $2.13 \text{ W/m}^2 = 1.71 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $123.66 \text{ m}^2$ )

Figura 41. Resultados de iluminación Gradadas este y oeste

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

Se fija un valor de cálculo para  $E_m$  de 100 lux para cumplir la normativa.

- Sala del grupo electrógeno



Altura del local: 3.500 m, Altura de montaje: 3.500 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:67

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	159	82	203	0.515
Suelo	20	135	83	164	0.610
Techo	70	30	21	34	0.702
Paredes (4)	50	68	23	127	/

Plano útil:	UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq	27	27	
Trama: 128 x 128 Puntos	Pared inferior	26	26	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	4	PHILIPS DN131B D217 1xLED20S/830 (1.000)	2100	2100	22.0
			Total: 8400	Total: 8400	88.0

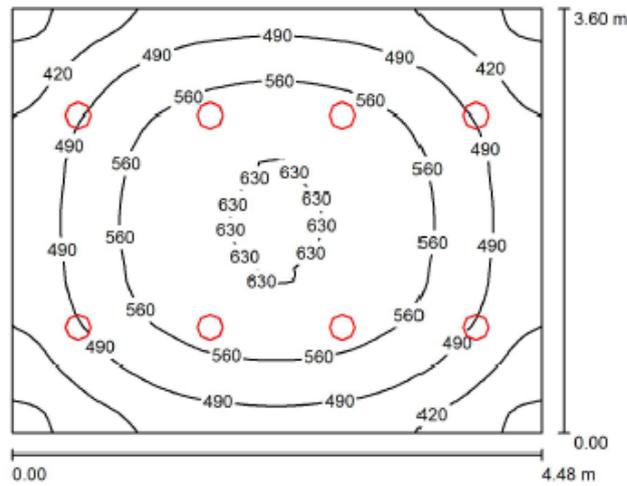
Valor de eficiencia energética:  $2.64 \text{ W/m}^2 = 1.67 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $33.28 \text{ m}^2$ )

**Figura 42. Resultados de iluminación de la sala del Grupo Eléctrico**

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

Se fija un valor de cálculo para  $E_m$  de 150 lux para cumplir la normativa.

- Oficina tipo 1



Altura del local: 3.500 m, Altura de montaje: 3.500 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:47

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	514	328	638	0.637
Suelo	20	413	301	495	0.728
Techo	70	118	82	133	0.692
Paredes (4)	50	264	93	635	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m  
 Trama: 64 x 64 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	8	PHILIPS DN131B D217 1xLED20S/830 (1.000)	2100	2100	22.0
			Total: 16800	Total: 16800	176.0

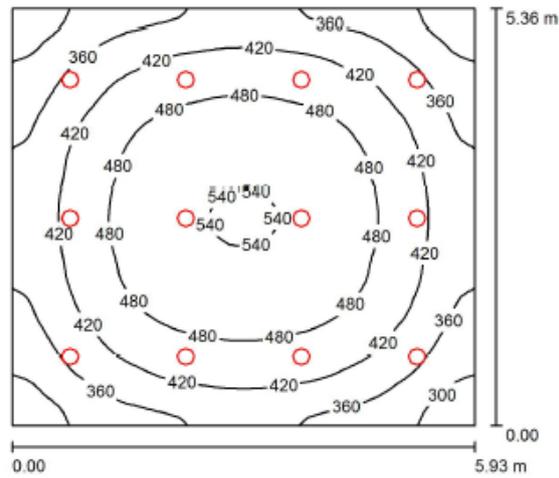
Valor de eficiencia energética:  $10.92 \text{ W/m}^2 = 2.12 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $16.12 \text{ m}^2$ )

Figura 43. Resultados de iluminación de sala Oficina tipo 1

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

Se fija un valor de cálculo para  $E_m$  de 500 lux para cumplir la normativa.

- Oficina tipo 2



Altura del local: 4.000 m, Altura de montaje: 4.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:69

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	428	263	544	0.613
Suelo	20	368	246	453	0.669
Techo	70	96	70	106	0.728
Paredes (4)	50	217	77	399	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m  
 Trama: 64 x 64 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	12	PHILIPS DN131B D217 1xLED20S/830 (1.000)	2100	2100	22.0
			Total: 25200	Total: 25200	264.0

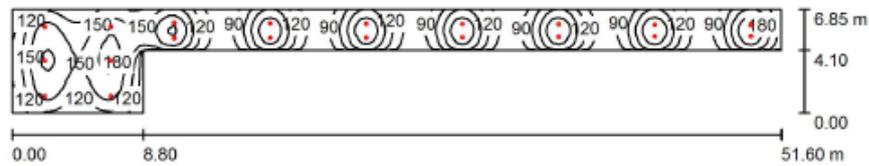
Valor de eficiencia energética:  $8.31 \text{ W/m}^2 = 1.94 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $31.78 \text{ m}^2$ )

Figura 44. Resultados de iluminación de sala Oficina tipo 2

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

Se fija un valor de cálculo para  $E_m$  de 500 lux para cumplir la normativa.

- Pasillo planta baja



Altura del local: 4.000 m, Altura de montaje: 4.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:369

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	133	66	215	0.495
Suelo	20	116	75	163	0.646
Techo	70	29	20	42	0.692
Paredes (6)	50	66	23	272	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m  
 Trama: 128 x 64 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	20	PHILIPS DN131B D217 1xLED20S/830 (1.000)	2100	2100	22.0
Total:			42000	Total: 42000	440.0

Valor de eficiencia energética:  $2.47 \text{ W/m}^2 = 1.86 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $177.98 \text{ m}^2$ )

Figura 45. Resultados de iluminación del pasillo de la planta baja

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

Se fija un valor de cálculo para  $E_m$  de 100 lux para cumplir la normativa.

- Pasillo primera planta

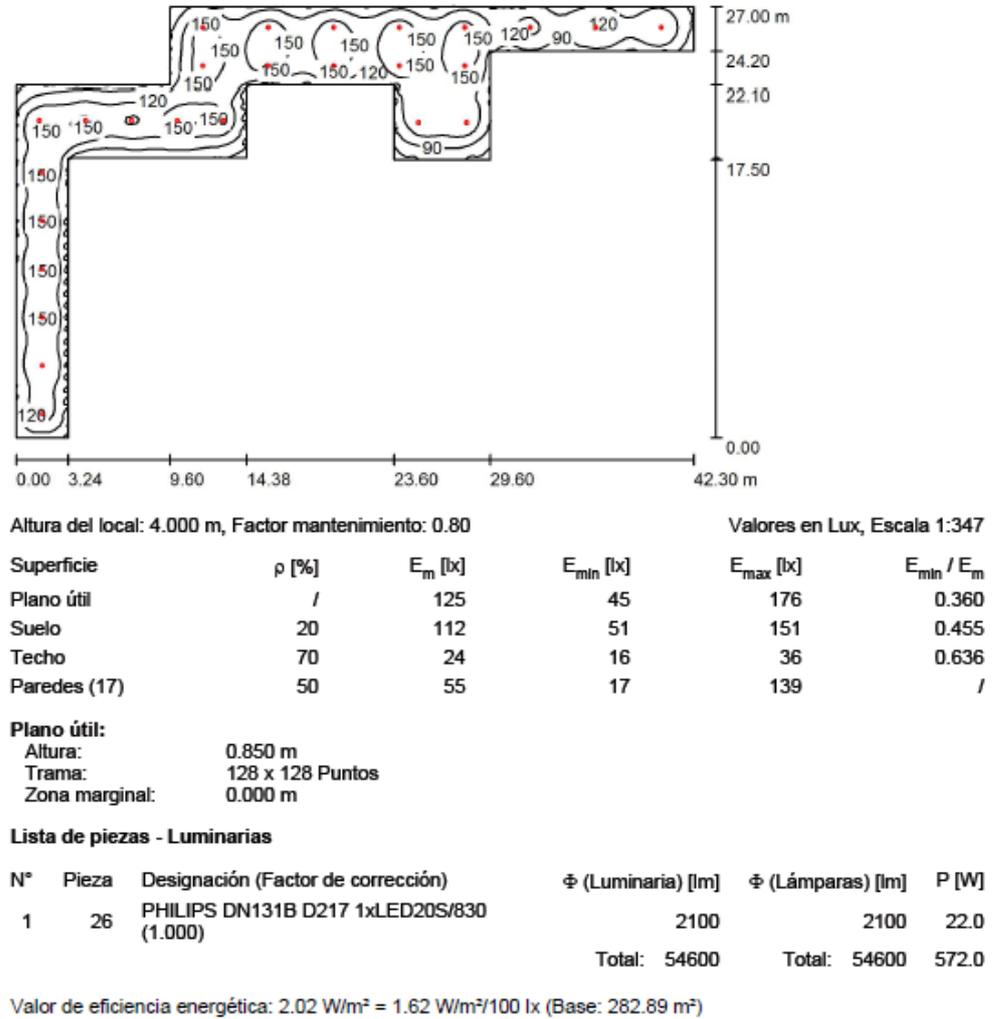
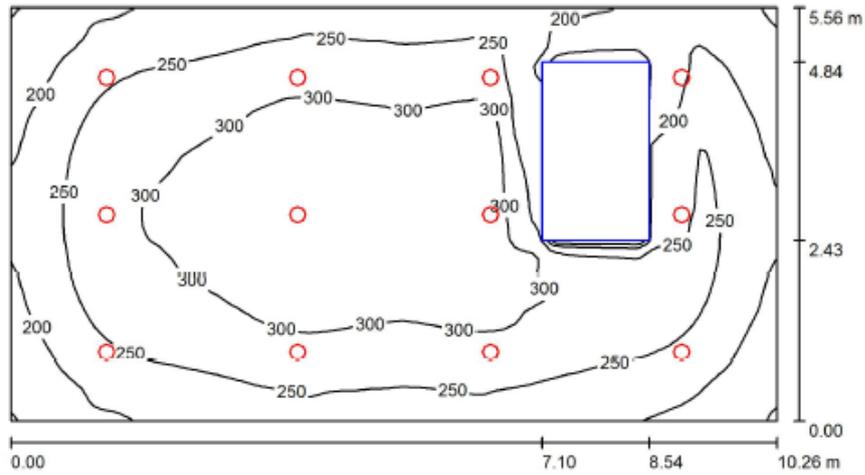


Figura 46. Resultados de iluminación del pasillo de la primera planta

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

Se fija un valor de cálculo para  $E_m$  de 100 lux para cumplir la normativa.

- Recepción y entrada



Altura del local: 4.000 m, Altura de montaje: 4.077 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:74

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	259	120	337	0.465
Suelo	20	210	6.90	296	0.033
Techo	70	58	46	66	0.793
Paredes (4)	50	127	48	251	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m  
 Trama: 128 x 64 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	12	PHILIPS DN131B D217 1xLED20S/830 (1.000)	2100	2100	22.0
Total:			25200	25200	264.0

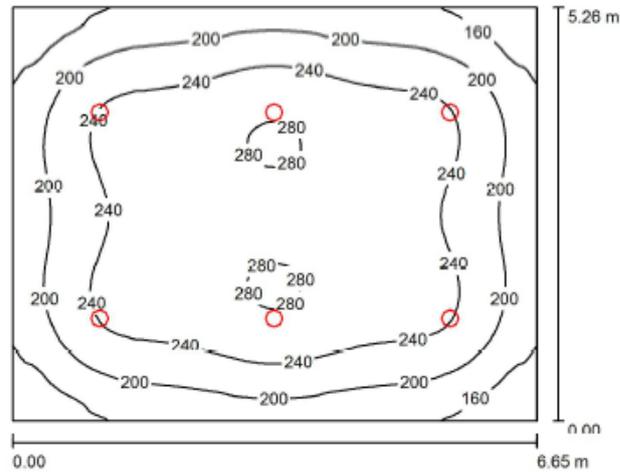
Valor de eficiencia energética:  $4.63 \text{ W/m}^2 = 1.79 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $57.05 \text{ m}^2$ )

Figura 47. Resultados de iluminación de recepción y entrada

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

Se fija un valor de cálculo para  $E_m$  de 200 lux para cumplir la normativa.

- Salas de caldera y mantenimiento



Altura del local: 3.500 m, Altura de montaje: 3.500 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:68

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	224	120	284	0.536
Suelo	20	193	119	240	0.617
Techo	70	44	31	49	0.701
Paredes (4)	50	100	35	180	/

Plano útil:	UGR	Longi-	Tran-	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq	27	27	
Trama: 128 x 128 Puntos	Pared inferior	27	27	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	PHILIPS DN131B D217 1xLED20S/830 (1.000)	2100	2100	22.0
			Total: 12600	Total: 12600	132.0

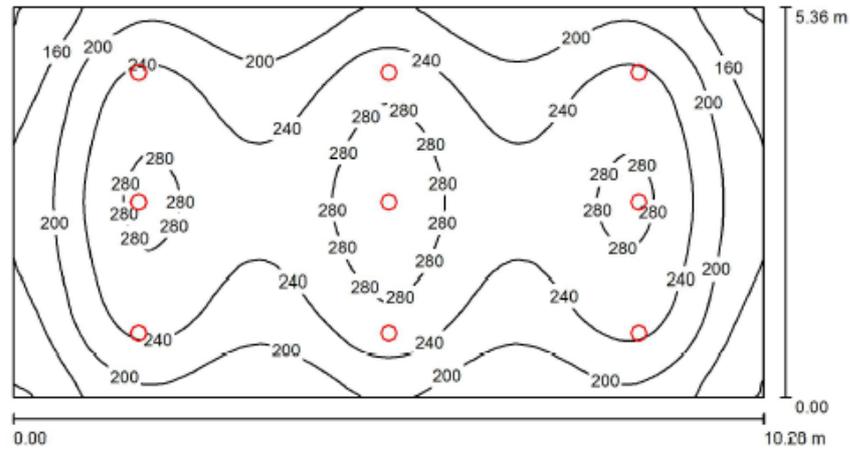
Valor de eficiencia energética:  $3.77 \text{ W/m}^2 = 1.68 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $34.98 \text{ m}^2$ )

Figura 48. Resultados de iluminación de Salas de caldera y mantenimiento

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

Se fija un valor de cálculo para  $E_m$  de 200 lux para cumplir la normativa.

- Sala de ping pong



Altura del local: 3.500 m, Altura de montaje: 3.500 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:74

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	227	115	307	0.506
Suelo	20	201	116	256	0.580
Techo	70	45	32	50	0.726
Paredes (4)	50	100	36	249	/

Plano útil:	UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq 27	27	27	
Trama: 128 x 64 Puntos	Pared inferior (CIE, SHR = 0.25.)	27	27	
Zona marginal: 0.000 m				

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	9	PHILIPS DN131B D217 1xLED20S/830 (1.000)		2100	22.0
			Total: 18900	Total: 18900	198.0

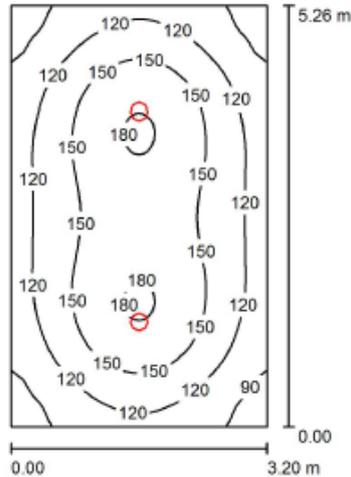
Valor de eficiencia energética:  $3.59 \text{ W/m}^2 = 1.58 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $55.10 \text{ m}^2$ )

Figura 49. Resultados de iluminación de sala de ping-pong

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

Se fija un valor de cálculo para  $E_m$  de 200 lux para cumplir la normativa.

- Salas de cuadros eléctricos



Altura del local: 3.500 m, Altura de montaje: 3.500 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:68

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	135	73	183	0.544
Suelo	20	107	71	131	0.661
Techo	70	26	19	30	0.724
Paredes (4)	50	60	19	120	/

Plano útil:	UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq 26	26	26	
Trama: 64 x 64 Puntos	Pared inferior 26	26	26	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	PHILIPS DN131B D217 1xLED20S/830 (1.000)	2100	2100	22.0
			Total: 4200	Total: 4200	44.0

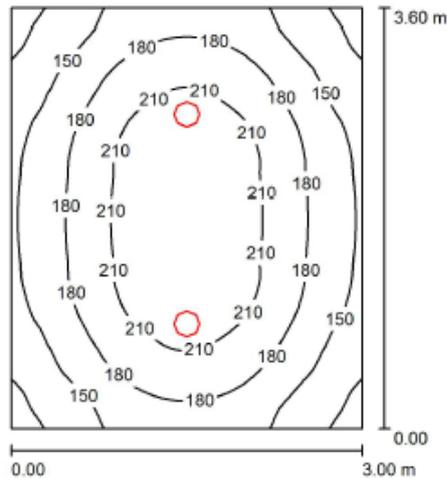
Valor de eficiencia energética:  $2.61 \text{ W/m}^2 = 1.94 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $16.83 \text{ m}^2$ )

Figura 50. Resultados de iluminación de salas de cuadros eléctricos

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

Se fija un valor de cálculo para  $E_m$  de 100 lux para cumplir la normativa.

- Salas de limpieza



Altura del local: 3.500 m, Altura de montaje: 3.500 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:47

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	180	107	234	0.597
Suelo	20	136	99	164	0.725
Techo	70	38	27	45	0.708
Paredes (4)	50	89	28	239	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m  
 Trama: 64 x 64 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	PHILIPS DN131B D217 1xLED20S/830 (1.000)	2100	2100	22.0
Total:			4200	Total: 4200	44.0

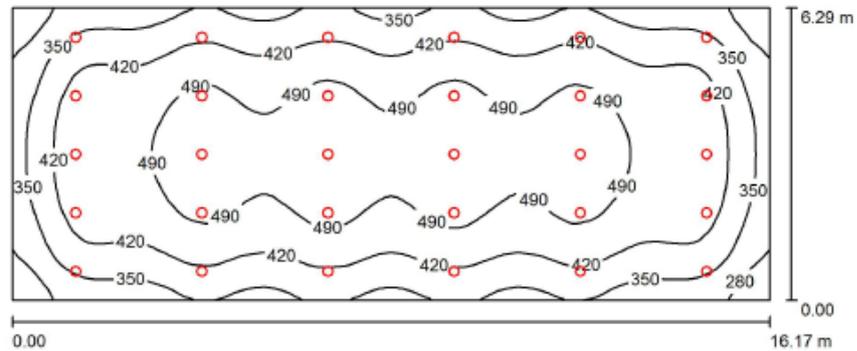
Valor de eficiencia energética:  $4.07 \text{ W/m}^2 = 2.26 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $10.80 \text{ m}^2$ )

Figura 51. Resultados de iluminación de salas de limpieza

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

Se fija un valor de cálculo para  $E_m$  de 100 lux para cumplir la normativa.

- Salón de actos



Altura del local: 3.500 m, Altura de montaje: 3.577 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:116

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	432	226	536	0.525
Suelo	20	393	222	483	0.565
Techo	70	88	71	104	0.809
Paredes (4)	50	196	76	493	/

Plano útil:	UGR	Longi-	Tran-	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq 27	27	27	
Trama: 128 x 64 Puntos	Pared inferior 27	27	27	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	30	PHILIPS DN131B D217 1xLED20S/830 (1.000)	2100	2100	22.0
			Total: 63000	Total: 63000	660.0

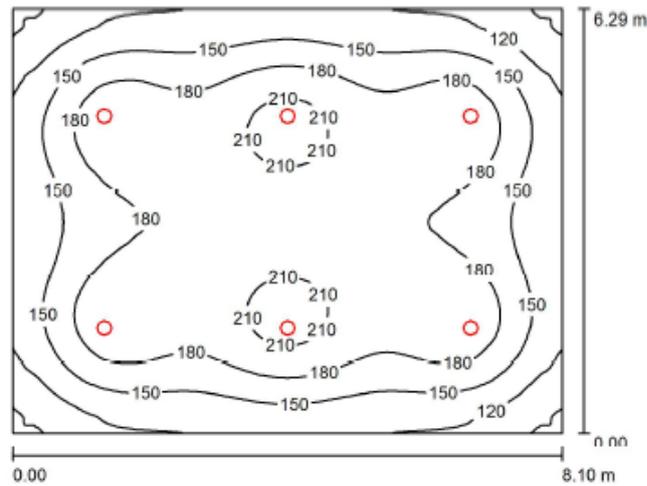
Valor de eficiencia energética:  $6.49 \text{ W/m}^2 = 1.50 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $101.71 \text{ m}^2$ )

Figura 52. Resultados de iluminación del Salón de actos

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

Se fija un valor de cálculo para  $E_m$  de 400 lux para cumplir la normativa.

- Vestuarios 1 y 2



Altura del local: 3.500 m, Altura de montaje: 3.500 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:81

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	167	83	221	0.498
Suelo	20	147	83	184	0.565
Techo	70	32	22	35	0.698
Paredes (4)	50	70	26	122	/

Plano útil:	UGR	Longi-	Tran-	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq	27	27	
Trama: 128 x 128 Puntos	Pared inferior	27	27	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	PHILIPS DN131B D217 1xLED20S/830 (1.000)	2100	2100	22.0
			Total: 12600	Total: 12600	132.0

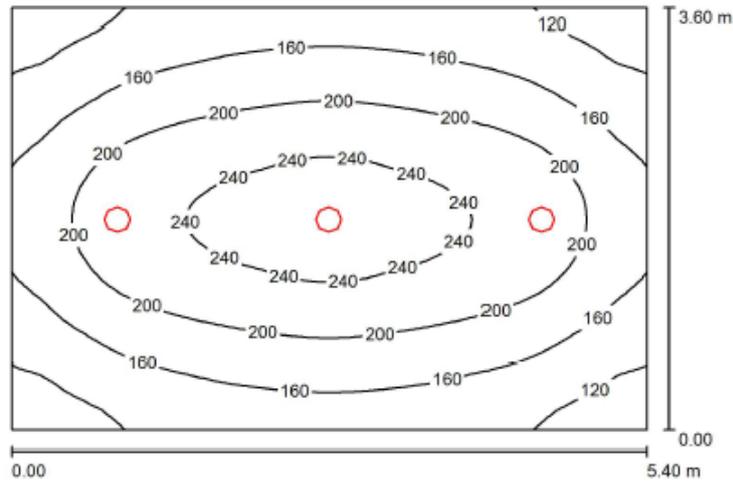
Valor de eficiencia energética:  $2.59 \text{ W/m}^2 = 1.55 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $50.95 \text{ m}^2$ )

Figura 53. Resultados de iluminación de vestuarios 1 y 2

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

Se fija un valor de cálculo para  $E_m$  de 150 lux para cumplir la normativa.

- Vestuarios de árbitros



Altura del local: 3.500 m, Altura de montaje: 3.500 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:47

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	182	96	260	0.528
Suelo	20	147	95	189	0.646
Techo	70	35	25	41	0.730
Paredes (4)	50	80	26	235	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m  
 Trama: 64 x 64 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	3	PHILIPS DN131B D217 1xLED20S/830 (1.000)	2100	2100	22.0
			Total: 6300	Total: 6300	66.0

Valor de eficiencia energética:  $3.40 \text{ W/m}^2 = 1.86 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $19.44 \text{ m}^2$ )

Figura 54. Resultados de iluminación de vestuarios de árbitros

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

Se fija un valor de cálculo para  $E_m$  de 150 lux para cumplir la normativa.



## 4 CÁLCULO DE ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA

### 4.1 PROCESO DE CÁLCULO

Para el cálculo de la iluminación de emergencia ha sido utilizado el programa Daisalux. Se ha elegido este programa ya permite importar los planos en formato .dxf de AutoCAD para poder trabajar con ellos. Para trabajar con Daisalux, una vez importados los planos, es necesario definir las superficies que coinciden con paredes y puertas para una aproximación en el cálculo. Posteriormente podemos ir colocando luminarias e a la vez la cobertura que tienen en la estancia en cuestión. De este modo podemos ir definiendo las luminarias necesarias e ir comprobando que cumplimos con la normativa específica para este campo.

Esta normativa mencionada será la ITC-BT-28 en la que se indica que debe haber una iluminancia mínima de 0,5 lux en todo el espacio entre el suelo y 1 metro de altura, además en las zonas que se consideren recorrido de evacuación la iluminación deberá ser de 1 lux a la altura del suelo. En los puntos donde se emplacen elementos contra incendios que exijan utilización manual y cuadros de distribución de alumbrado, la iluminancia mínima será de 5 lux. En los ejes de paso principales la relación entre la iluminancia máxima y la mínima no será mayor de 40.

### 4.2 LUMINARIAS UTILIZADAS

Tras exponer brevemente el proceso de cálculo, en las figuras posteriores se muestran las luminarias utilizadas en el proyecto para el alumbrado de emergencia. Todas ellas pertenecen a la marca Daisalux ya que también comercializan luminarias además de facilitar el programa de cálculo.

Estas luminarias disponen de una batería como fuente de energía ante corte de red. Durante el tiempo que las luminarias están conectadas a la red consumen energía para cargar la batería. Una vez que se produce el corte de red las luminarias descargan la batería encendiéndose la lámpara. Las baterías de las luminarias son de NI-MH con un microprocesador para saber cuando deben ser cargadas.

Por tanto funcionan de tal modo que durante las primeras 24 horas de conexión (recién colocada o después de una descarga) la batería se carga a una corriente constante. Una vez transcurridas estas 24 horas para mantener

la batería cargada es necesario darle pulsos de corriente de manera periódica.

Modelo: ARGOS-M LD N2

- Fabricante: Daisalux
- Serie: Argos empotrado
- Tipo producto: Luminarias de emergencia autónomas
- Descripción:

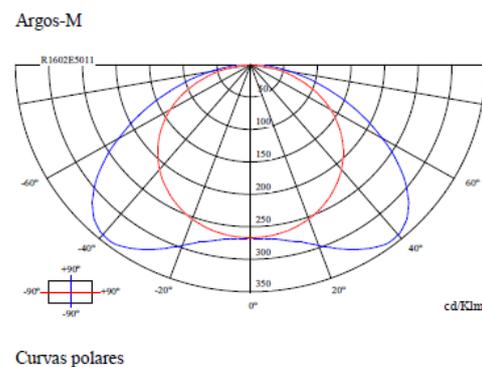
Cuerpo rectangular de ajuste empotrado con aristas redondeadas, que consta de una carcasa decorativa fabricada en ABS y difusor en policarbonato. Consta de una lámpara LED que se ilumina si falla el suministro de red.

- Características:
  - Formato: Argos-M
  - Funcionamiento: No permanente LED
  - Autonomía (h): 1
  - Lámpara en emergencia: LED
  - Grado de protección: IP44 IK04
  - Piloto testigo de carga: LED
  - Aislamiento eléctrico: Clase II
  - Dispositivo verificación: No
  - Conexión telemando: Si
  - Tipo batería: NiCd
  - Tensión de alimentación: 220-230V 50/60Hz
  - Potencia consumo carga de baterías: 1.57 W. <sup>1</sup>
  - Factor de potencia: 0.82
- Fotometría:
  - Flujo emerg. (lm):90



Figura 55. Luminaria ARGOS-M LD N2

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Daisalux.



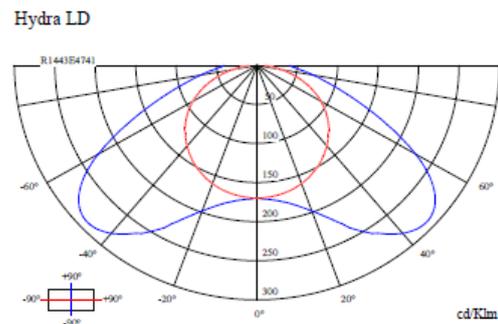
<sup>1</sup> Tanto el dato de potencia de consumo como de factor de potencia han sido facilitados por personal comercial de Daisalux para realizar un cálculo más exacto de la demanda de potencia de la instalación.

Modelo: HYDRA LD N3

- Fabricante: Daisalux
- Serie: Hydra
- Tipo producto: Luminarias de emergencia autónomas
- Descripción:

Cuerpo rectangular con aristas pronunciadas que consta de una carcasa fabricada en policarbonato y difusor en idéntico material. Consta de una lámpara LED que se ilumina si falla el suministro de red.

- Características:
  - Formato: Hydra
  - Funcionamiento: No permanente LED
  - Autonomía (h): 1
  - Lámpara en emergencia: ILMLED
  - Grado de protección: IP42 IK04
  - Piloto testigo de carga: LED
  - Aislamiento eléctrico: Clase II
  - Dispositivo verificación: No
  - Conexión telemando: Si
  - Tipo batería: NiCd
  - Tensión de alimentación: 220-230V 50/60Hz
  - Potencia consumo carga de baterías: 1.96 W
  - Factor de potencia: 0.78
- Fotometría:
  - Flujo emerg. (lm):160



Curvas polares

**Figura 56. Luminaria HYDRA LD N3**

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Daisalux.

Modelo : NOVA LD P6

- Fabricante: Daisalux
- Serie: Nova
- Tipo producto: Luminarias de emergencia autónomas
- Descripción:

Cuerpo rectangular con aristas redondeadas que consta de una carcasa fabricada en policarbonato y difusor en idéntico material. Contiene una única lámpara basada en LED, que está siempre encendida.

- Características:
  - Formato: Nova
  - Funcionamiento: Permanente LED
  - Autonomía (h): 1
  - Lámpara en emergencia: LED
  - Grado de protección: IP44 IK04
  - Lámpara en red: LED
  - Piloto testigo de carga: LED
  - Aislamiento eléctrico: Clase II
  - Dispositivo verificación: No
  - Conexión telemando: Si
  - Tipo batería: NiMH
  - Tensión de alimentación: 220-230V 50/60Hz
  - Potencia consumo carga de baterías: 6.15 W
  - Factor de potencia: 0.81
- Fotometría:
  - Flujo emerg. (lm):240
  - Flujo con red (lm):240

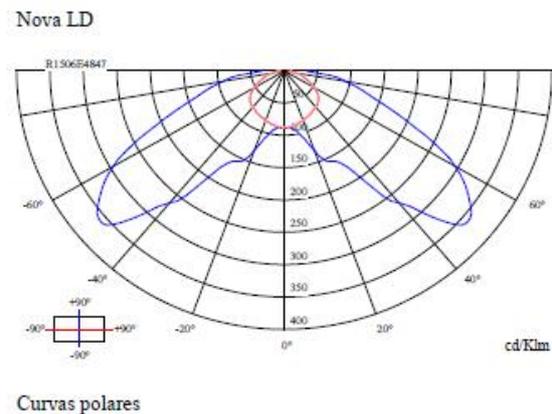


Figura 57. Luminaria NOVA LD P6

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Daisalux..

Modelo : Z LD-2311P A

- Fabricante: Daisalux
- Serie: Zenit PAR36 LD
- Tipo producto: Proyector autónomo de emergencia
- Descripción:

Bloque decorativo que consta de una caja pequeña fabricada en PC-ASA, en cuya parte superior se encuentran dos focos direccionables con lámparas LED circulares de vidrio prensado PAR36, unidos a la carcasa mediante rótulas cromadas. Consta de 2 ó 4 lámparas LED PAR36 que se iluminan si falla el suministro de red. Un microprocesador interno chequea el estado del aparato y realiza periódicamente test funcionales y de autonomía informando sobre su estado, mediante dos pilotos LED que incorpora. Los test pueden solicitarse manualmente mediante una orden de Telemando ON en presencia de red. El sistema de conexión es directo y dispone en su panel frontal de dos dispositivos ópticos que indican el estado de la luminaria.

- Características:
  - Formato: Zenit P LD
  - Funcionamiento: No permanente LED AutoTest
  - Autonomía (h): 1
  - Lámpara en emergencia: LED
  - Grado de protección: IP42 IK04
  - Piloto testigo de carga: LED
  - Aislamiento eléctrico: Clase II
  - Dispositivo verificación:
  - Conexión telemando: Si
  - Tipo batería: NiMH
  - Tensión de alimentación: 220-230V 50/60Hz
    - Potencia consumo carga de baterías: 1.93 W
  - Factor de potencia: 0.81

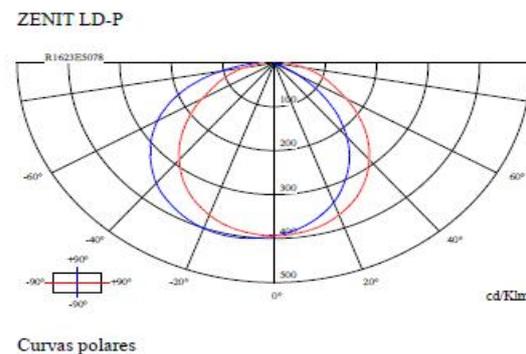


Figura 58. Luminaria Zenit Z LD-2311P A

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Daisalux.

- Fotometría:
  - Flujo emerg. (lm):620

Modelo : Z LD-4321G A

- Fabricante: Daisalux
- Serie: Zenit PAR36 LD
- Tipo producto: Proyectores autónomos de emergencia
- Descripción:

Bloque decorativo que consta de una caja grande fabricada en PC-ASA, en cuya parte superior se encuentran dos focos direccionables con lámparas LED circulares de vidrio prensado PAR36, unidos a la carcasa mediante rótulas cromadas. Consta de 2 ó 4 lámparas LED PAR36 que se iluminan si falla el suministro de red. Un microprocesador interno chequea el estado del aparato y realiza periódicamente test funcionales y de autonomía informando sobre su estado, mediante dos pilotos LED que incorpora. Los test pueden solicitarse manualmente mediante una orden de Telemando ON en presencia de red. El sistema de conexión es directo y dispone en su panel frontal de dos dispositivos ópticos que indican el estado de la luminaria.

- Características:
  - Formato: Zenit G 4F LD
  - Funcionamiento: No permanente LED AutoTest
  - Autonomía (h): 1
  - Lámpara en emergencia: LED
  - Grado de protección: IP42 IK04
  - Piloto testigo de carga: LED
  - Aislamiento eléctrico: Clase II
  - Conexión telemando: Si
  - Tipo batería: NiMH
  - Tensión de alimentación: 220-230V 50/60Hz

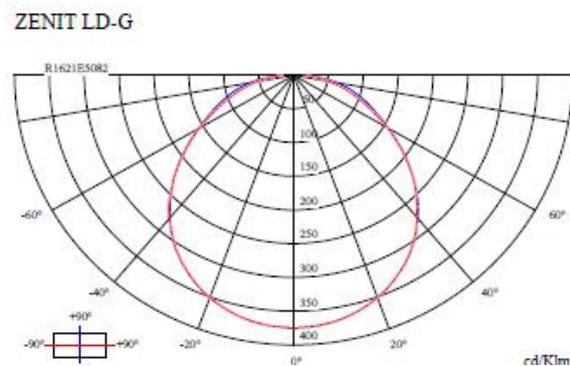


Figura 59. Luminaria Zenit Z LD-4321G A

Fuente: Programa de cálculo de iluminación Dialux.

- Potencia consumo carga de baterías: 2.07 W
- Factor de potencia: 0.81
- Fotometría:
  - Flujo emerg. (lm):1.240

### 4.3 RESUMEN DE CÁLCULOS

En las siguientes páginas se muestran los cálculos realizados con el programa mencionado y los resultados que obtenemos para las diferentes estancias del edificio.

- Planta baja
  - Situación de luminarias

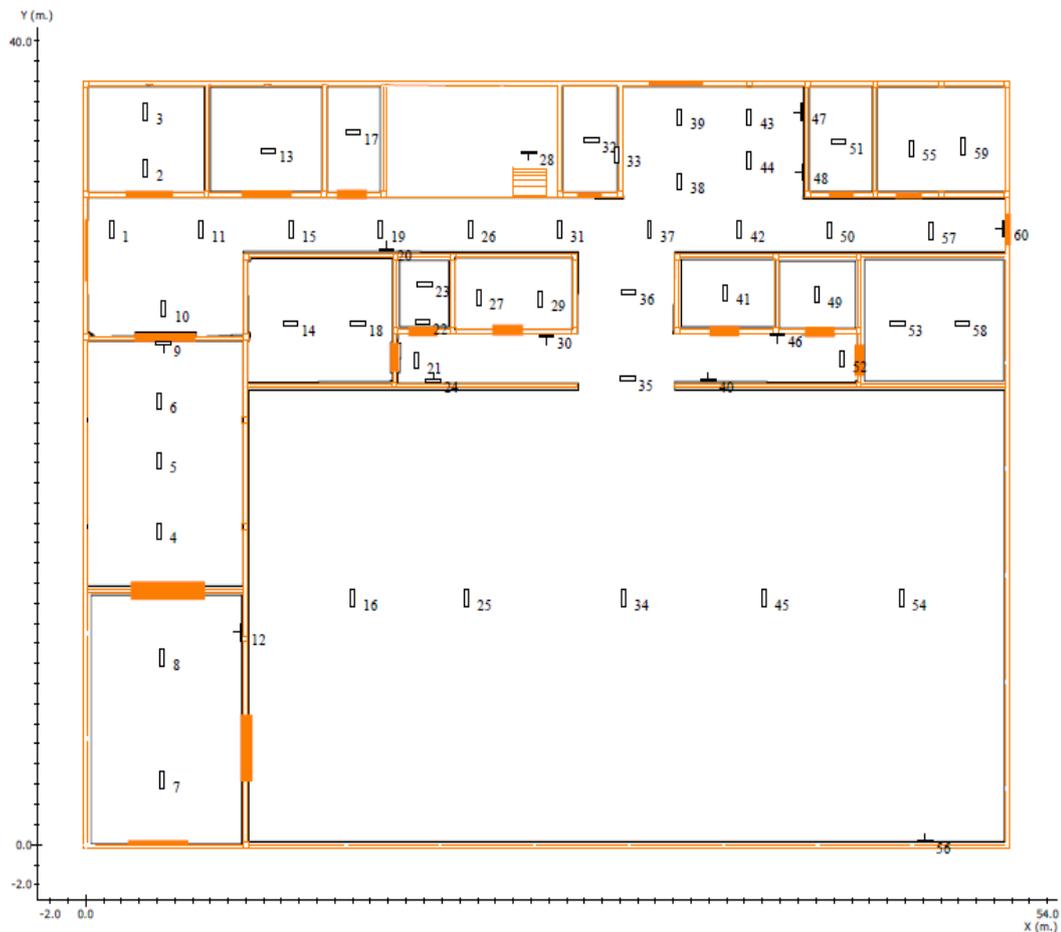


Figura 60. Situación de luminarias de emergencia de planta baja

Fuente: Programa de cálculo de iluminación de emergencia Daisalux.

## ■ Listado de luminarias

Nº	Ref.	Fabricante	x	y	z	$\gamma$	$\alpha$
1	HYDRA LD N3	Daisalux	1.46	30.59	4.00	90	0
2	ARGOS-M LD N2	Daisalux	3.34	33.64	3.50	90	0
3	ARGOS-M LD N2	Daisalux	3.34	36.46	3.50	90	0
4	NOVA LD P6	Daisalux	4.13	15.59	3.50	-	90
5	NOVA LD P6	Daisalux	4.13	19.11	3.50	-90	0
6	NOVA LD P6	Daisalux	4.13	22.03	3.50	-90	0
7	NOVA LD P6	Daisalux	4.28	3.22	3.50	-90	0
8	NOVA LD P6	Daisalux	4.28	9.29	3.50	-90	0
9	NOVA LD P6	Daisalux	4.37	24.94	3.00	-180	90
10	HYDRA LD N3	Daisalux	4.38	26.66	4.00	90	0
11	HYDRA LD N3	Daisalux	6.47	30.59	4.00	90	0
12	NOVA LD P6	Daisalux	8.70	10.56	3.00	90	90
13	ARGOS-M LD N2	Daisalux	10.23	34.55	3.50	0	0
14	ARGOS-M LD N2	Daisalux	11.49	25.94	3.50	0	0
15	HYDRA LD N3	Daisalux	11.53	30.59	4.00	90	0
16	Z LD-4321G A	Daisalux	14.98	12.29	9.40	-90	0
17	ARGOS-M LD N2	Daisalux	15.00	35.42	3.50	0	0
18	ARGOS-M LD N2	Daisalux	15.27	25.94	3.50	0	0
19	HYDRA LD N3	Daisalux	16.53	30.60	4.00	90	0
20	NOVA LD P6	Daisalux	16.90	29.62	3.00	0	90
21	HYDRA LD N3	Daisalux	18.55	24.09	4.00	90	0
22	ARGOS-M LD N2	Daisalux	18.91	26.02	3.50	0	0
23	ARGOS-M LD N2	Daisalux	19.03	27.88	3.50	0	0
24	NOVA LD P6	Daisalux	19.50	23.08	3.00	0	90
25	Z LD-4321G A	Daisalux	21.38	12.26	9.40	-90	0
26	HYDRA LD N3	Daisalux	21.59	30.60	4.00	90	0
27	ARGOS-M LD N2	Daisalux	22.05	27.23	3.50	-90	0

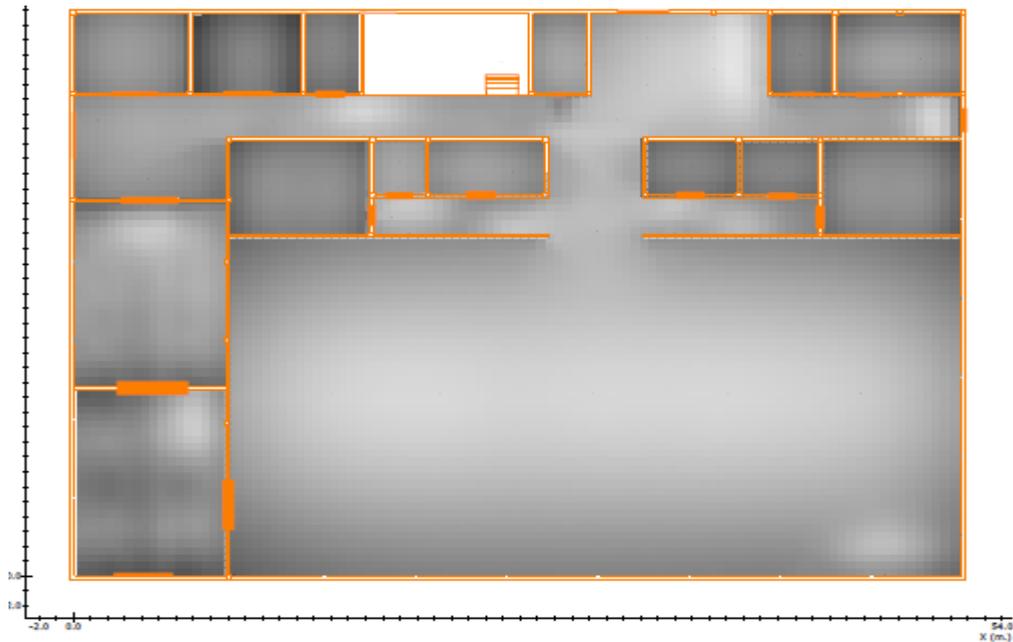


28	ARGOS-M LD N2	Daisalux	24.90	34.46	2.00	-180	90
29	ARGOS-M LD N2	Daisalux	25.53	27.14	3.50	90	0
30	NOVA LD P6	Daisalux	25.88	25.30	3.00	-180	90
31	HYDRA LD N3	Daisalux	26.62	30.60	4.00	90	0
32	ARGOS-M LD N2	Daisalux	28.39	35.06	3.50	0	0
33	ARGOS-M LD N2	Daisalux	29.79	34.33	3.50	90	0
34	Z LD-4321G A	Daisalux	30.21	12.26	9.40	-90	0
35	HYDRA LD N3	Daisalux	30.44	23.17	4.00	0	0
36	HYDRA LD N3	Daisalux	30.49	27.50	4.00	0	0
37	HYDRA LD N3	Daisalux	31.65	30.60	4.00	90	0
38	HYDRA LD N3	Daisalux	33.33	32.96	4.00	90	0
39	HYDRA LD N3	Daisalux	33.33	36.19	4.00	90	0
40	NOVA LD P6	Daisalux	34.96	23.09	3.00	0	90
41	ARGOS-M LD N2	Daisalux	35.92	27.45	3.50	90	0
42	HYDRA LD N3	Daisalux	36.71	30.60	4.00	90	0
43	HYDRA LD N3	Daisalux	37.25	36.18	4.00	90	0
44	HYDRA LD N3	Daisalux	37.25	34.06	4.00	90	0
45	Z LD-4321G A	Daisalux	38.08	12.26	9.40	-90	0
46	HYDRA LD N3	Daisalux	38.80	25.37	2.50	180	90
47	NOVA LD P6	Daisalux	40.18	36.44	3.00	90	90
48	NOVA LD P6	Daisalux	40.26	33.44	3.00	90	90
49	ARGOS-M LD N2	Daisalux	41.07	27.36	3.50	90	0
50	HYDRA LD N3	Daisalux	41.77	30.58	4.00	90	0
51	ARGOS-M LD N2	Daisalux	42.28	34.94	3.50	0	0
52	HYDRA LD N3	Daisalux	42.45	24.13	4.00	-90	0
53	ARGOS-M LD N2	Daisalux	45.58	25.92	3.50	0	0
54	Z LD-4321G A	Daisalux	45.80	12.26	9.40	-90	0
55	ARGOS-M LD N2	Daisalux	46.36	34.62	3.50	-90	0
56	NOVA LD P6	Daisalux	47.15	0.14	3.50	0	90
57	HYDRA LD N3	Daisalux	47.45	30.53	4.00	90	0
58	ARGOS-M LD N2	Daisalux	49.20	25.92	350	0	0

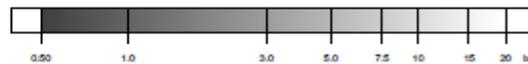
59	ARGOS-M LD N2	Daisalux	49.27	34.77	3.50	-90	0
60	NOVA LD P6	Daisalux	51.50	30.67	2.50	90	90

Tabla 31. Luminarias de emergencia Planta Baja

Fuente: Programa de cálculo de iluminación de emergencia Daisalux.



Legenda:



Factor de Mantenimiento: 1.000  
Resolución del Cálculo: 0.50 m.

	<u>Objetivos</u>	<u>Resultados</u>
Uniformidad:	40.0	23.9 mx/mn
Superficie cubierta:	con 0.50 lx. o más	100.0 % de 1776.2 m <sup>2</sup>
Lúmenes / m <sup>2</sup> :	5.0 lm/m <sup>2</sup>	8.33 lm/m <sup>2</sup>
Iluminación media:	---	4.15 lx

Figura 61. Gráfico de tramas de planta baja a 0.00 m.

Fuente: Programa de cálculo de iluminación de emergencia Daisalux.

## Plano de Situación de Puntos de Seguridad y Cuadros Eléctricos

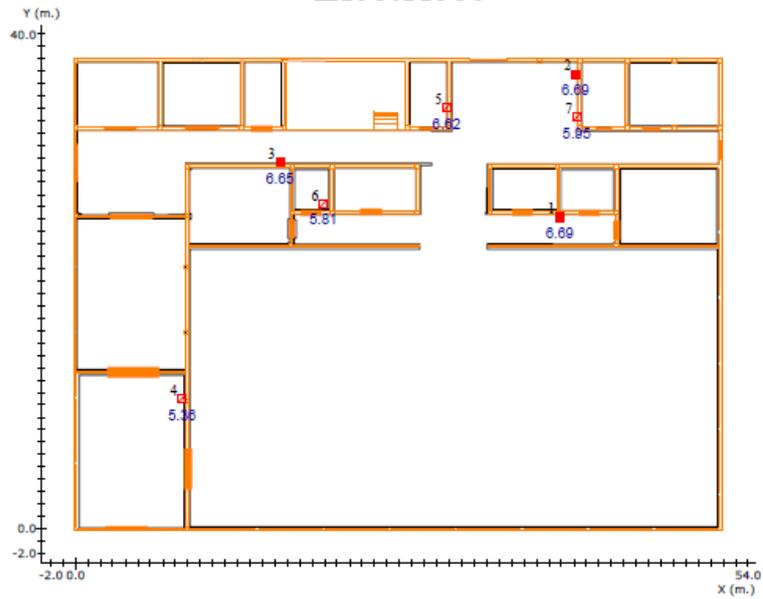


Figura 62. Plano de situación de Puntos de Seguridad y Cuadros Eléctricos

Fuente: Programa de cálculo de iluminación de emergencia Daisalux.

- Primera planta
  - Situación de luminarias

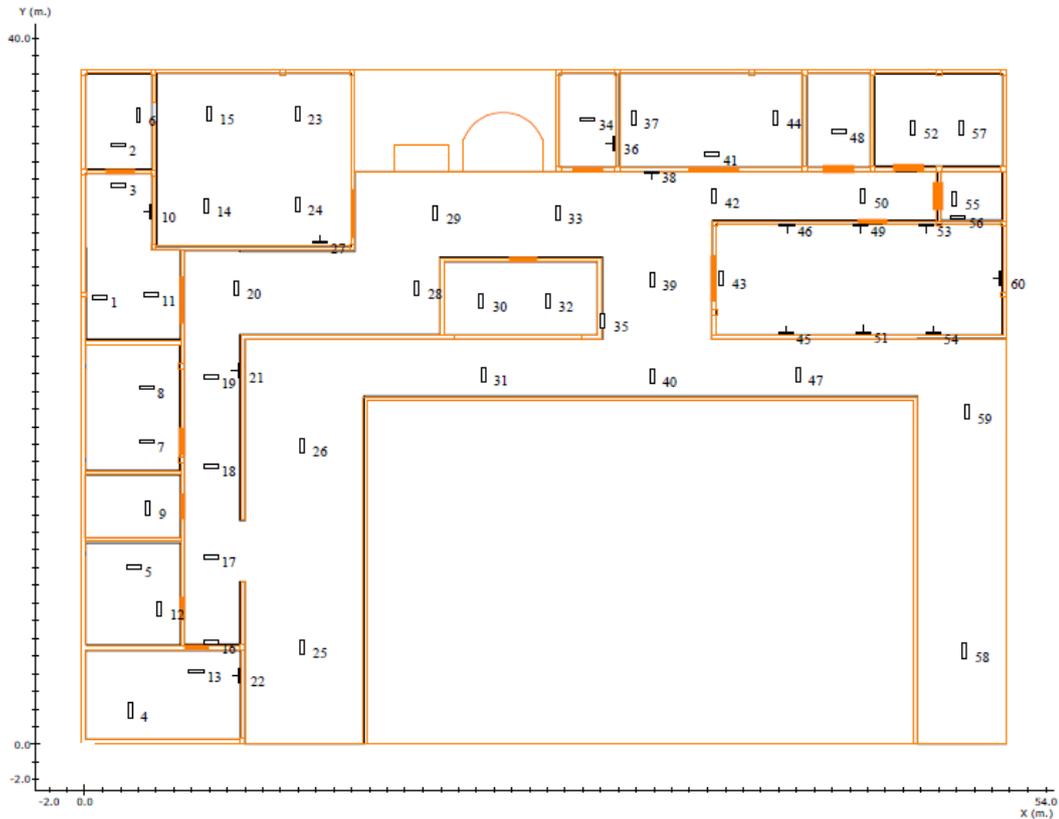


Figura 63. Situación de luminarias de emergencia de la primera planta

Fuente: Programa de cálculo de iluminación de emergencia Daisalux.

- Listado de luminarias

Nº	Ref.	Fabricante	x	y	z	γ	α
1	ARGOS-M LD N2	Daisalux	0.84	25.32	3.50	0	0
2	ARGOS-M LD N2	Daisalux	1.89	33.97	3.50	0	0
3	ARGOS-M LD N2	Daisalux	1.90	31.69	3.50	0	0
4	ARGOS-M LD N2	Daisalux	2.52	1.92	3.50	90	0
5	ARGOS-M LD N2	Daisalux	2.76	10.05	3.50	0	0
6	ARGOS-M LD N2	Daisalux	3.01	35.66	3.50	90	0
7	ARGOS-M LD N2	Daisalux	3.45	17.15	3.50	0	0

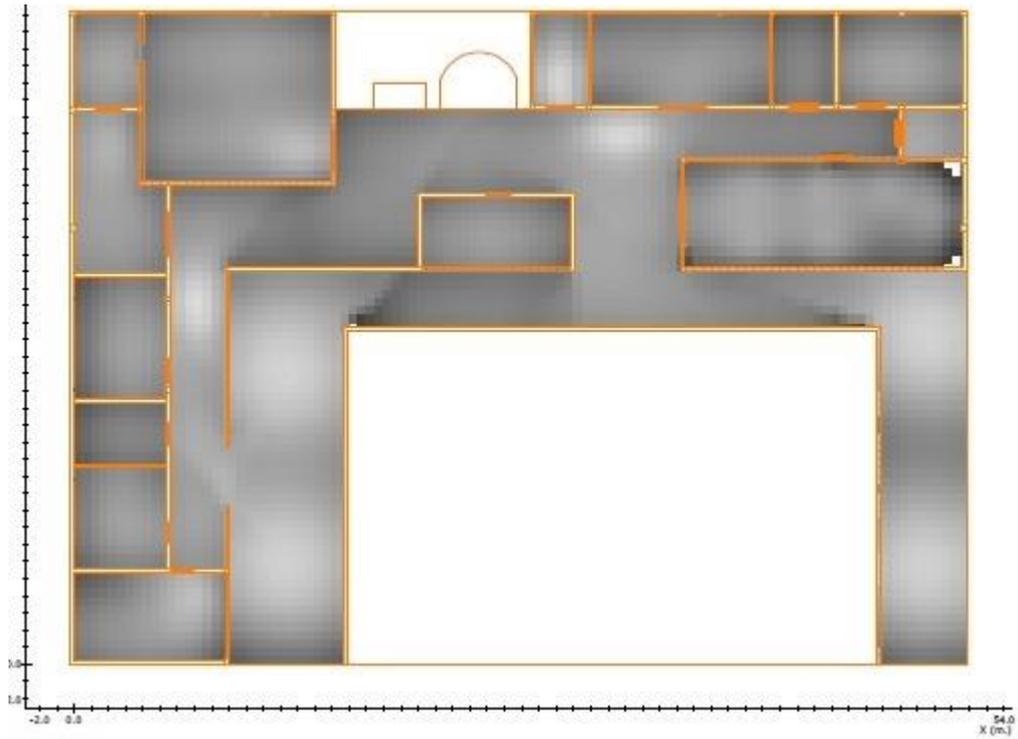


8	ARGOS-M LD N2	Daisalux	3.46	20.20	3.50	0	0
9	ARGOS-M LD N2	Daisalux	3.56	13.42	3.50	90	0
10	ARGOS-M LD N2	Daisalux	3.70	30.16	2.50	90	90
11	ARGOS-M LD N2	Daisalux	3.71	25.46	3.50	0	0
12	ARGOS-M LD N2	Daisalux	4.16	7.65	3.50	90	0
13	ARGOS-M LD N2	Daisalux	6.26	4.15	3.50	0	0
14	ARGOS-M LD N2	Daisalux	6.82	30.54	3.50	90	0
15	ARGOS-M LD N2	Daisalux	6.99	35.76	3.50	90	0
16	HYDRA LD N3	Daisalux	7.07	5.75	4.00	0	0
17	HYDRA LD N3	Daisalux	7.07	10.62	4.00	0	0
18	HYDRA LD N3	Daisalux	7.07	15.79	4.00	0	0
19	HYDRA LD N3	Daisalux	7.08	20.80	4.00	0	0
20	HYDRA LD N3	Daisalux	8.50	25.82	4.00	-90	0
21	NOVA LD P6	Daisalux	8.62	21.14	2.50	90	90
22	HYDRA LD N3	Daisalux	8.69	3.91	2.50	90	90
23	ARGOS-M LD N2	Daisalux	11.94	35.76	3.50	90	0
24	ARGOS-M LD N2	Daisalux	11.95	30.54	3.50	90	0
25	Z LD-2311P A	Daisalux	12.20	5.45	5.40	-90	0
26	Z LD-2311P A	Daisalux	12.20	16.88	5.40	-90	0
27	HYDRA LD N3	Daisalux	13.22	28.43	2.50	0	90
28	HYDRA LD N3	Daisalux	18.67	25.82	4.00	-90	0
29	HYDRA LD N3	Daisalux	19.71	30.09	4.00	-90	0
30	ARGOS-M LD N2	Daisalux	22.30	25.11	3.50	90	0
31	HYDRA LD N3	Daisalux	22.39	20.93	4.00	-90	0
32	ARGOS-M LD N2	Daisalux	26.02	25.11	3.50	90	0
33	HYDRA LD N3	Daisalux	26.57	30.10	4.00	-90	0
34	ARGOS-M LD N2	Daisalux	28.29	35.42	3.50	0	0
35	HYDRA LD N3	Daisalux	29.12	23.96	4.00	-90	0
36	NOVA LD P6	Daisalux	29.71	34.02	2.50	90	90
37	ARGOS-M LD N2	Daisalux	30.83	35.45	3.50	90	0
38	NOVA LD P6	Daisalux	31.81	32.40	2.50	180	90

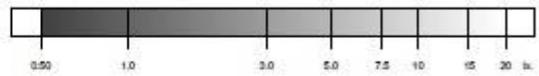
39	HYDRA LD N3	Daisalux	31.87	26.30	4.00	-90	0
40	HYDRA LD N3	Daisalux	31.87	20.83	4.00	-90	0
41	ARGOS-M LD N2	Daisalux	35.28	33.41	3.50	0	0
42	HYDRA LD N3	Daisalux	35.37	31.02	4.00	-90	0
43	ARGOS-M LD N2	Daisalux	35.77	26.40	3.50	-90	0
44	ARGOS-M LD N2	Daisalux	38.84	35.47	3.50	90	0
45	ARGOS-M LD N2	Daisalux	39.41	23.31	2.50	0	90
46	ARGOS-M LD N2	Daisalux	39.45	29.39	2.50	180	90
47	HYDRA LD N3	Daisalux	40.07	20.93	4.00	-90	0
48	ARGOS-M LD N2	Daisalux	42.40	34.69	3.50	0	0
49	ARGOS-M LD N2	Daisalux	43.57	29.39	2.50	-180	90
50	HYDRA LD N3	Daisalux	43.73	31.02	4.00	-90	0
51	ARGOS-M LD N2	Daisalux	43.75	23.34	2.50	0	90
52	ARGOS-M LD N2	Daisalux	46.54	34.93	3.50	-90	0
53	ARGOS-M LD N2	Daisalux	47.29	29.39	2.50	-180	90
54	ARGOS-M LD N2	Daisalux	47.67	23.30	2.50	0	90
55	ARGOS-M LD N2	Daisalux	48.88	30.91	3.50	-90	0
56	ARGOS-M LD N2	Daisalux	49.08	29.85	3.50	0	0
57	ARGOS-M LD N2	Daisalux	49.26	34.91	3.50	-90	0
58	Z LD-2311P A	Daisalux	49.42	5.31	5.40	-90	0
59	Z LD-2311P A	Daisalux	49.57	18.80	5.40	-90	0
60	ARGOS-M LD N2	Daisalux	51.44	26.38	2.50	90	90

**Tabla 32. Luminarias de emergencia Primera Planta**

Fuente: Programa de cálculo de iluminación de emergencia Daisalux.



Legenda:



Factor de Mantenimiento: 1.000  
Resolución del Cálculo: 0.50 m.

	<u>Objetivos</u>	<u>Resultados</u>
Uniformidad:	40.0	41.2 mx/mm
Superficie cubierta:	con 0.50 lx. o más	100.0 % de 1160.0 m <sup>2</sup>
Lúmenes / m <sup>2</sup> :	5.0 lm/m <sup>2</sup>	7.90 lm/m <sup>2</sup>
Iluminación media:	---	3.01 lx

Figura 64. Gráfico de tramas de primera planta a 0.00 m

Fuente: Programa de cálculo de iluminación de emergencia Daisalux.



## I.I ANEJO DE CÁLCULO DE APOORTE SOLAR MÍNIMO PARA ACS

### ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	158
2. PROCESO DE CÁLCULO.....	159
3. DEFINICIÓN DE LA INSTALACIÓN .....	172



## 1. INTRODUCCIÓN

Como se ha mencionado anteriormente en este documento, para el cumplimiento de la normativa respecto a eficiencia energética vigente que se corresponde con el apartado 4 del Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía», del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, con respecto al aporte de energía solar mínimo para Agua Caliente Sanitaria, se va a proceder a calcular la instalación necesaria para satisfacer esta normativa.

Para ello se va a diseñar una instalación de captación solar con apoyo de un sistema convencional de energía.

El sistema estará formado por:

- Un circuito primario de captación solar que constará de un conjunto de paneles solares con sus respectivos accesorios además de un intercambiador de placas de separación con el circuito secundario.
- Un circuito secundario que estará formado por un depósito de acumulación de energía solar y un interacumulador para separar los circuitos.
- Un circuito de distribución que llevará el agua caliente a los diferentes puntos de consumo del polideportivo.

En el circuito primario los colectores a instalar se conectarán en paralelo, equilibrados hidráulicamente mediante retorno invertido o válvulas de equilibrado. Se instalarán dos bombas en paralelo para asegurar el caudal y la presión necesarios.

Para realizar el intercambio de calor del circuito primario al secundario se utilizará un intercambiador de placas que cumpla con las especificaciones de la norma. El volumen de acumulación necesario se dividirá en dos depósitos; un acumulador y un intercambiador que incorpora un serpentín a mayores y sobre el cual actuará, solamente en caso necesario, el sistema de apoyo de energía convencional. Para este caso se ha elegido una caldera de condensación de gasóleo.

Para el cálculo se ha empezado empleando el programa online Konstruir que basa el cálculo en el Documento Básico del CTE citado. Este Documento Básico del CTE (DB-HE4) fue modificado por la Orden FOM/1635/2013 de 10 de septiembre y el programa Konstruir indica que no tiene en cuenta esta última modificación. Por este motivo, tras realizar un dimensionamiento previo con este programa, posteriormente se utilizará una segunda aplicación gratuita creada por el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) y ASIT (Asociación Solar de la Industria Térmica) llamada CHEQ4 que sirve para comprobar que una instalación de ACS cumple con los requisitos establecidos en la última modificación del CTE-DB-HE4.

Los principales cambios que incluye la Orden FOM/1635/2013 respecto del anterior documento de eficiencia energética son los siguientes:

- Se amplía el ámbito de aplicación.
- Se simplifican y modifican las contribuciones solares mínimas.
- Se define como sustituir la contribución solar mínima por otras tecnologías renovables.
- Se incorporan mecanismos que permitirán mejorar el control del funcionamiento de las instalaciones por parte de los usuarios.
- El cálculo de la demanda energética correspondiente al ACS se hará conforme a las normas existentes.
- Se extrae el contenido técnico que ya contemplan documentos reconocidos del RITE.
- Desaparece el mapa de Zonas Climáticas.

Por otra parte, Konstruir utiliza el método de cálculo F-Chart para hallar la contribución mínima necesaria. Este procedimiento se trata de un método estático que ha sido utilizado durante muchos años pero que tiene algunas limitaciones. Las principales son:

- Es válido únicamente para una configuración de sistema solar térmico.
- No incorpora el coeficiente de pérdidas de segundo orden del captador (coeficiente propio del captador que tiene en cuentas las pérdidas por irradiación y convección del mismo)
- El rango de aplicación está limitado, en principio, a un consumo de unos 560 kg/día.
- No contempla que el captador o acumulador solar alcancen su temperatura máxima.
- No contempla el circuito de distribución de la instalación.

A causa de estas limitaciones y de los cambios en la normativa se han ido implementando nuevos métodos para un cálculo más preciso. A raíz de esto, el programa CHEQ4 anteriormente citado basa sus comprobaciones en el método MetaSol que se trata de un método dinámico, que aunque tiene como base el método F-Chart, también se alimenta del método TranSol, el cual se trata de un procedimiento dinámico tiene en cuenta mayor número de variables (en los anexos de este documento se define este método).

## 2. PROCESO DE CÁLCULO

Una vez introducido brevemente los programas utilizados, a continuación se indica el procedimiento a seguir para el cálculo:

Dimensionado con Konstruir:

1. Datos de las características del consumo.
2. Cálculo de la demanda de energía.
3. Características y dimensionamiento de los sistemas de captación y acumulación.
4. Cálculo energético mediante el método F-Chart.
5. Comprobación de los resultados obtenidos.

Comprobación con CHEQ4:

6. Datos de localización.
7. Tipo de configuración.
8. Datos de demanda
9. Elección de captadores y sistema de apoyo energético.
10. Datos de sistema de distribución y acumulación.
11. Comprobación de resultados

Dimensionado con Konstruir:

1. Datos de las características del consumo

En el polideportivo proyectado se estima que el mayor número de servicios (contando servicios como duchas) que se darán al día serán unos 250. Este dato está sobredimensionado para así incluir gastos puntuales en lavabos y otros posibles usos. Por tanto según la tabla extraída del DB-HE-4 multiplicaremos este valor por los 15 litros/servicio y obtendremos un consumo estimado al día de **3750 litros/día**.

Tabla 3.1. Demanda de referencia a 60°C (1)

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

(1) Los litros de ACS/día a 60°C de la tabla se han calculado a partir de la tabla 1 (Consumo unitario diario medio) de la norma UNE 94002:2005 "Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria: cálculo de la demanda energética".

Figura 65. Tabla 3.1 del CTE HE4

Fuente: Documento Básico del CTE HE4

El programa Konstruir también nos permite introducir datos según la variación de la ocupación a lo largo del año y la ubicación de nuestro edificio para así elegir la zona climática a la que está asociada. La normativa indica un valor mínimo de contribución solar dependiendo la zona en la que nos encontremos. A continuación se muestra la estimación realizada junto con la definición de la zona en la que se ubica:

**DATOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL CONSUMO.**

La tipología de edificio es : **Vestuarios/Duchas colectiva**  
 En el establecimiento se preveen 250 servicios.  
 Con un consumo previsto de 15 litros por servicio.  
 La Temperatura de utilización prevista es de 60 °C.  
 Consumo total = 3750 litros por día.



DATOS GEOGRÁFICOS	
Provincia:	LEON
Latitud de cálculo:	43°
Zona Climática :	III

Los porcentajes de utilización a lo largo del año previstos son:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	Jul	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
% de ocupación:	80	100	100	100	80	90	100	100	100	90	90	90

**Figura 66. Características de consumo ACS con programa Konstruir**

Fuente: Programa de cálculo Konstruir

Por tanto, según la normativa aprobada por el Real Decreto 314/2006 tenemos que la contribución solar mínima tiene que ser de un **50%** de la demanda total para la zona climática III.

2. Cálculo de la demanda de energía.

En la siguiente tabla se muestra la demanda de energía a lo largo de un año:

**CÁLCULO DE LA DEMANDA DE ENERGIA**

	CÁLCULO ENERGÉTICO											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	Jul	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Días por mes:	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Consumo de agua [L/día]:	3000	3750	3750	3750	3000	3375	3750	3750	3750	3375	3375	3375
Tª. media agua red [°C]:	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4
Incremento Ta, [°C]:	56	55	53	51	50	49	48	49	50	51	53	56
Deman. Ener. [KWh]:	6,041	6,699	7,147	6,656	5,394	5,755	6,473	6,608	6,525	6,190	6,225	6,796
<b>Total demanda energética anual: 76.508 KWh</b>												

**Figura 67. Cálculo de la demanda de energía con programa Konstruir**

Fuente: Programa de cálculo Konstruir

### 3. Características y dimensionamiento de los sistemas de captación y acumulación.

Llegados a este punto nos disponemos a elegir el captador que será utilizado en la instalación. En este caso se ha elegido el modelo T20 US del fabricante español Termicol que está en la base de datos del programa utilizado. Con estos datos el mismo programa nos realiza el cálculo del número de captadores necesarios. También debemos introducir la inclinación de los paneles y su orientación para que pueda realizar un cálculo más preciso en función de las pérdidas por sombras. Nuestro sistema estará orientado al sur y los paneles se colocaran de tal forma que su inclinación sea de 45°. También debemos elegir el volumen de almacenamiento para el sistema de acumulación ya que se tendrá que cumplir la siguiente expresión:

$$50 < \frac{V}{A} < 180$$

Siendo:

- V: volumen del depósito de acumulación solar (l).
- A: área total de los captadores (m<sup>2</sup>).

En la siguiente imagen se muestra la propuesta elegida por el programa:

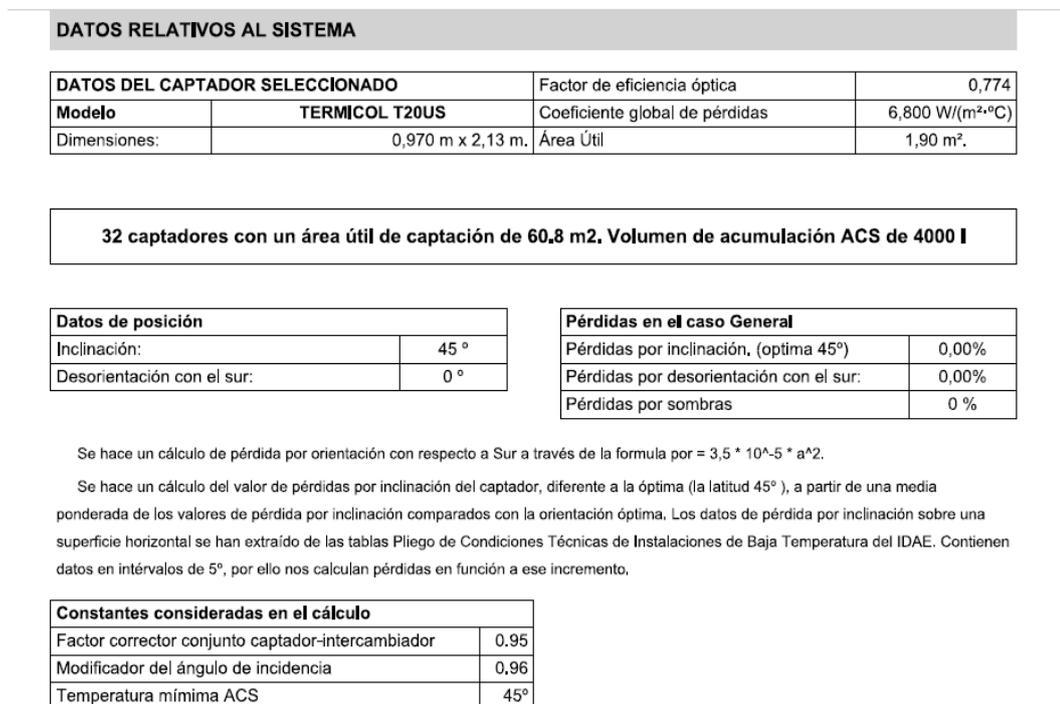


Figura 68. Datos del sistema de captación y acumulación de ACS con programa Konstruir

Fuente: Programa de cálculo Konstruir

#### 4. Cálculo energético mediante el método F-Chart.

Con todos estos datos se realiza el cálculo por el método anteriormente mencionado obteniéndose los siguientes resultados:

CALCULO ENERGÉTICO MEDIANTE EL METODO F-CHART												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JuI	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Rad. horiz. [kWh/m <sup>2</sup> ·mes]:	49,91	67,76	118,73	143,40	168,02	184,20	208,32	180,11	143,40	89,59	58,20	41,23
Coef. K. incl[45°] lat[43°]	1,45	1,33	1,19	1,05	0,95	0,91	0,95	1,06	1,24	1,45	1,59	1,57
Rad. inclin. [kWh/m <sup>2</sup> ·mes]:	72,37	90,12	141,29	150,57	159,62	167,62	197,90	190,92	177,82	129,91	92,54	64,73
Deman. Ener. [KWh]:	6,041	6,699	7,147	6,656	5,394	5,755	6,473	6,608	6,525	6,190	6,225	6,796
Ener. Ac. Cap. [KWh/mes]:	3,106	3,868	6,064	6,462	6,851	7,194	8,494	8,194	7,632	5,575	3,972	2,778
D1=EA/DE	0,51	0,58	0,85	0,97	1,27	1,25	1,31	1,24	1,17	0,90	0,64	0,41
K1	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
K2	0,75	0,78	0,80	0,85	0,86	0,82	0,81	0,78	0,77	0,81	0,81	0,74
Ener. Per. Cap. [KWh/mes]:	22,097	20,378	22,091	22,278	22,785	19,788	19,512	19,047	18,661	21,620	22,056	21,396
D2=EP/DE	3,66	3,04	3,09	3,35	4,22	3,44	3,01	2,88	2,86	3,49	3,54	3,15
f	0,25	0,34	0,53	0,59	0,71	0,74	0,80	0,77	0,73	0,54	0,35	0,19
EU=f*DE	1,532	2,248	3,760	3,929	3,847	4,277	5,161	5,074	4,774	3,335	2,208	1,321
<b>Total producción energética útil anual: 41,465 KWh</b>												

Figura 69. Cálculo energético mediante método F-Chart con programa Kontruir

Fuente: Programa de cálculo Kontruir

#### 5. Comprobación de los resultados obtenidos.

Por último el programa nos muestra un resumen de los resultados obtenidos indicándonos si se cumplen la normativa.

**RESULTADOS**

RESULTADO OBTENIDOS	
Total demanda energética anual:	76.508 kWh
Total producción energética útil anual:	41.465 kWh
Factor F anual aportado de:	54%

EXIGENCIAS DEL CTE	
Zona climática tipo:	III
Sistema de energía de apoyo tipo:	General: gasóleo, propano, gas natural, u otras
Contribución Solar Mínima:	50%

**CUMPLE LAS EXIGENCIAS DEL CTE**

EXIGENCIAS DEL CTE Respecto al limite de pérdidas por orientación o inclinación			
	Orien. e incl.	Sombras.	Total
Pérdida permitidas en CTE. Caso General	10%	10%	15%
Pérdida en el proyecto	0,00%	0,00%	0,00%

**CUMPLE LAS EXIGENCIAS DEL CTE**

	CÁLCULO ENERGÉTICO											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	Jul	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Demanda, Ener.[kWh/mes]:	6,041	6,699	7,147	6,656	5,394	5,755	6,473	6,608	6,525	6,190	6,225	6,796
Ener. Util cap.[kWh/mes]:	1,532	2,248	3,760	3,929	3,847	4,277	5,161	5,074	4,774	3,335	2,208	1,321
% ENERGIA APORTADA	25%	34%	53%	59%	71%	74%	80%	77%	73%	54%	35%	19%

Cumple la condición del CTE, no existe ningún mes que se produzca más del 110% de la energía demandada.

Cumple la condición del CTE, no existen 3 meses consecutivos que se produzca más de un 100% de la energía demandada.

**Figura 70. Resultados de cálculo con programa Konstruir**

Fuente: Programa de cálculo Konstruir

Comprobación con CHEQ4

Como se ha indicado con anterioridad, como la normativa utilizada por este programa estaba obsoleta vamos a proceder a utilizar el CHEQ4 para la comprobación de los resultados con la normativa actualizada.

6. Datos de localización.

Para comenzar el cálculo, el programa nos pide la localización de nuestra instalación para la asignación de la zona climática se hará según los nuevos datos de Radiación Solar Global media diaria anual de las capitales de provincia según el “Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT”, publicado en el año 2012 por la Agencia Estatal de Meteorología.

Las localidades distintas de las capitales de provincia emplearán el dato de radiación correspondiente a la capital de provincia.

También nos permite incluir la altura a la que se encontrarán los captadores; en el caso estudiado se ha puesto una altura de unos 13 metros que será aproximadamente a la que estarán teniendo en cuenta su montaje y sistema de apoyo.

**CHEQ4** Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

Provincia: León | Municipio: Valderas | Zona climática: Zona III | Latitud: 42° 4'

Mapa provincia

Altura municipio seleccionado (m): 752

Altura de la instalación (m): 765

	Rad(MJ/m2)	T.Red (°C)	T.Amb (°C)
Enero	6,7	6,5	3,8
Febrero	10,3	6,5	5,1
Marzo	15,4	8,5	7,3
Abril	19,3	9,5	9,3
Mayo	22,4	12,5	12,8
Junio	26,6	14,5	17,1
Julio	27,3	16,5	20,4
Agosto	23,7	16,5	19,8
Septiembre	18,0	15,5	17,4
Octubre	11,3	11,5	12,4
Noviembre	7,5	8,5	7,5
Diciembre	5,6	6,5	4,5
Promedio	16,2	11,1	11,5

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

Figura 71. Ubicación de la instalación de ACS en programa CHEQ4

Fuente: Programa de comprobación de cálculo de ACS CHEQ4

## 7. Tipo de configuración.

Para el tipo de instalación, el programa proporciona 8 configuraciones tipo para intentar cubrir la mayoría de las instalaciones posibles. En el caso estudiado se elige una instalación con todo centralizado ya que es la que más se asemeja con la instalación deseada.



Figura 72. Asignación de sistema elegido de ACS con programa CHEQ4

Fuente: Programa de comprobación de cálculo de ACS CHEQ4

## 8. Datos de demanda

Para introducir los datos la demanda prevista, el programa se basa en cálculo de viviendas por tanto aproximaremos el cálculo al hecho con el programa “Konstruir” para poder comparar los resultados. Para la aproximación sobredimensionamos los datos para asegurarnos que una demanda menor cumpliría la normativa si la sobredimensionada la cumple.

**CHEQ4** Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

ALIT

**CONSUMO ÚNICO**

Aplicación:

Número de...:

Demanda calculada (l/día a 60 °C):

**CONSUMO MÚLTIPLE**

	Viviendas	Dormitorios	Personas	Litros/día
Tipo A	<input type="text" value="25"/>	<input type="text" value="6"/>	150,0	3.570
Tipo B	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="10"/>	7,0	167
Tipo C	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	0,0	0
Tipo D	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	0,0	0

Demanda calculada (l/día a 60 °C): 3.737

**CONSUMO TOTAL**

Otras demandas (l/día a 60°C):

Demanda total (l/día a 60°C): 3.737

**OCUPACIÓN ESTACIONAL (%)**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
100	100	100	100	100	100	100
100	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
100	100	100	100	100	100	100

**CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA EXIGIDA**

Localización, Configuración, Demanda, Solar/Apoyo, Otros parámetros, Resultados

Figura 73. Determinación de la demanda de ACS en programa CHEQ4

Fuente: Programa de comprobación de cálculo de ACS CHEQ4

Como se puede observar la contribución mínima exigida en la nueva normativa disminuye respecto de la anterior. Recordemos que era del 50 % y que tras el nuevo Real Decreto de 2013 pasa a ser de un 40 %.

## 9. Elección de captadores y sistema de apoyo energético.

En la siguiente pestaña tenemos que definir el modelo del captador elegido, el sistema de apoyo y las características del circuito primario. Las dimensiones de las tuberías se eligen un función del caudal que transcurre por ellas y cumpliendo las especificaciones del RITE. Para poder comparar resultados con el cálculo anterior se han elegido también 32 captadores del mismo modelo. A diferencia del anterior programa, aquí nos permite indicar la disposición de los captadores para así hacer un cálculo más preciso y poder definir las características de las conducciones. Se han dispuesto los 32 captadores en paralelo debido a su mayor rendimiento.

El programa también nos permite elegir el caudal del circuito primario. Este valor ha sido elegido en función del caudal óptimo del panel elegido que según su ficha técnica es de 40 l/h\*m<sup>2</sup>.

**CHEQ4** Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

**CAPTADORES**

Empresa:

Marca/Modelo:

**Datos de ensayo**

Área (m2)	1,9
n0 (-)	0,8
a1 (W/m2K)	3,93
a2 (W/m2K2)	0,026
Qtest(l/hm2)	72
k50	0,82
Laboratorio	INTA
Certificación	NPS-15112

**AVISO:**  
Verificar la existencia y vigencia de la certificación del captador seleccionado.

**CAMPO DE CAPTADORES**

Núm. captadores:  Captadores en serie:  Pérdidas sombras (%):

Orientación (°):  Inclinación (°):  Área total captadores (m2): 60,80

**CIRCUITO PRIMARIO / SECUNDARIO**

Caudal prim.(l/h):  Anticongelante (%):  Long. circuito (m):

Diám. tubería (mm):  Esp. aislante (mm):  Aislante:

**SISTEMA DE APOYO**

Tipo de sistema:

Tipo de combustible:

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

Figura 74. Determinación de características del sistema de captación distribución y apoyo en programa CHEQ4

Fuente: Programa de comprobación de cálculo de ACS CHEQ4

Se ha elegido una caldera de condensación que tendrá que cumplir con la normativa. En este caso se opta por el gasóleo como combustible debido principalmente a que en la zona en la que se sitúa el emplazamiento no dispone de canalización de gas.

#### 10. Datos de sistema de distribución y acumulación.

Por último se elige el volumen de acumulación del depósito que será instalado y el resto de parámetros de los circuitos hidráulicos de la instalación para una mayor precisión en el cálculo. En el apartado de la temperatura de impulsión se ha elegido una temperatura de 65 °C teniendo en cuenta que queremos una temperatura de 60 °C en el circuito y habrá pérdidas durante el recorrido.

Figura 75. Determinación de características de acumulación y distribución de ACS en programa CHEQ4

Fuente: Programa de comprobación de cálculo de ACS CHEQ4

## 11. Comprobación de resultados

En la última pestaña la aplicación nos indica si hemos cumplido la normativa y muestra un resumen de los resultados.

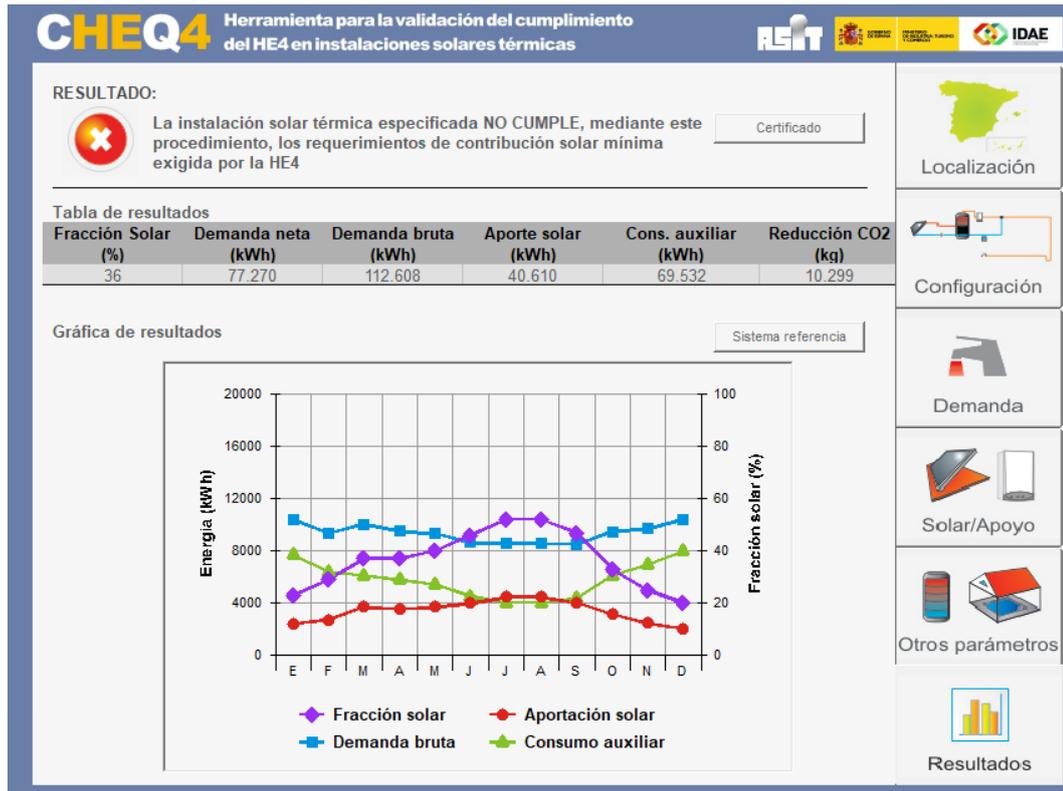


Figura 76. Resultados obtenidos con programa CHEQ4

Fuente: Programa de comprobación de cálculo de ACS CHEQ4

Como se puede observar, al realizar los cálculos con datos más precisos y con un método dinámico no llegamos al 40 % de fracción solar mínima exigida por la nueva normativa.

Tras analizar los cálculos y mediante el método de prueba y error buscaremos una nueva configuración que cumpla con los requisitos establecidos.

Una vez modificado el número de paneles para conseguir llegar al 40 % mínimo obtenemos los siguientes resultados.

**CHEQ4** Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

**CAPTADORES**

Empresa:    
 Marca/Modelo:    
**AVISO:** Verificar la existencia y vigencia de la certificación del captador seleccionado.

**Datos de ensayo**

Área (m2)	1,9
n0 (-)	0,8
a1 (W/m2K)	3,93
a2 (W/m2K2)	0,026
Qtest(l/hm2)	72
k50	0,82
Laboratorio	INTA
Certificación	NPS-15112

**CAMPO DE CAPTADORES**

Núm. captadores:  Captadores en serie:  Pérdidas sombras (%):    
 Orientación (°):  Inclinación (°):  Área total captadores (m2): 79,80

**CIRCUITO PRIMARIO / SECUNDARIO**

Caudal prim.(l/h):  Anticongelante (%):  Long. circuito (m):    
 Diám. tubería (mm):  Esp. aislante (mm):  Aislante:

**SISTEMA DE APOYO**

Tipo de sistema:    
 Tipo de combustible:

Localización, Configuración, Demanda, Solar/Apoyo, Otros parámetros, Resultados

Figura 77. Reajuste del sistema de captación con programa CHEQ4

Fuente: Programa de comprobación de cálculo de ACS CHEQ4

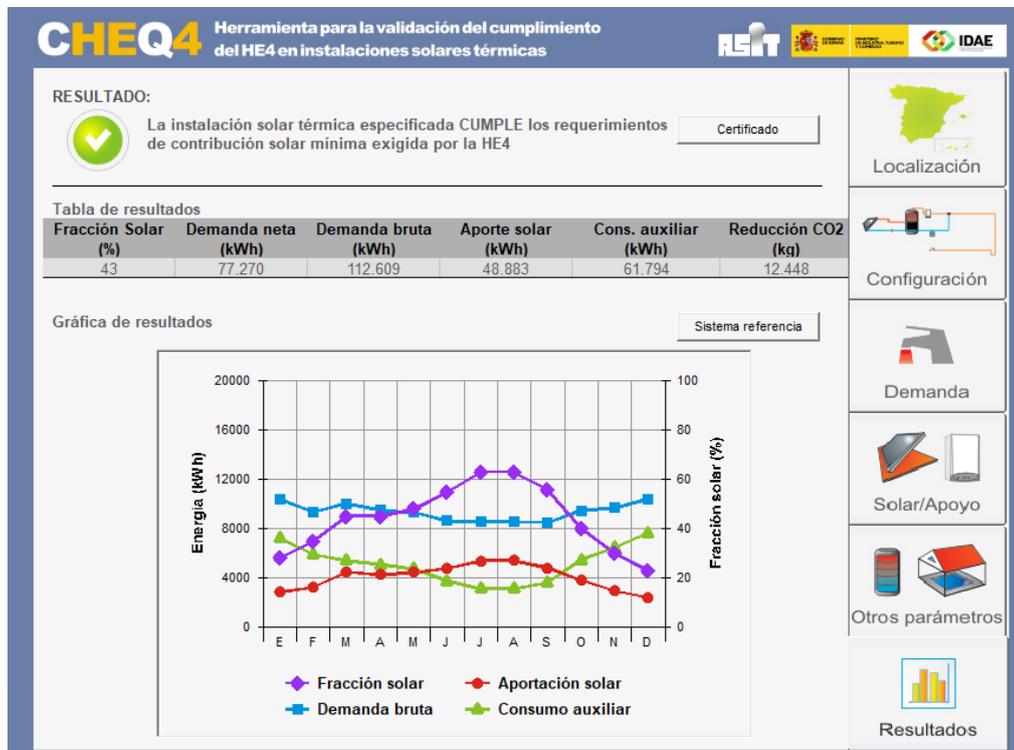


Figura 78. Resultados finales con programa CHEQ4

Fuente: Programa de comprobación de cálculo de ACS CHEQ4

Por tanto nuestro campo de captación estará compuesto por 42 paneles Termicol T20US conectados en paralelo con los que conseguimos una fracción solar del 43 % cumpliendo con el 40 % mínimo exigido.

### 3. DEFINICIÓN DE LA INSTALACIÓN

Una vez realizados los cálculos se procede a definir la instalación que se va a proyectar indicando los componentes, sus características y su disposición.

#### Circuito primario

Como se ha indicado en los cálculos se van a necesitar 42 paneles Termicol T20US. Su disposición será en baterías de 7 paneles formando así 6 baterías y dispuestas en 3 filas como indica la Figura 76 y se colocarán en la cubierta del polideportivo orientados al sur.

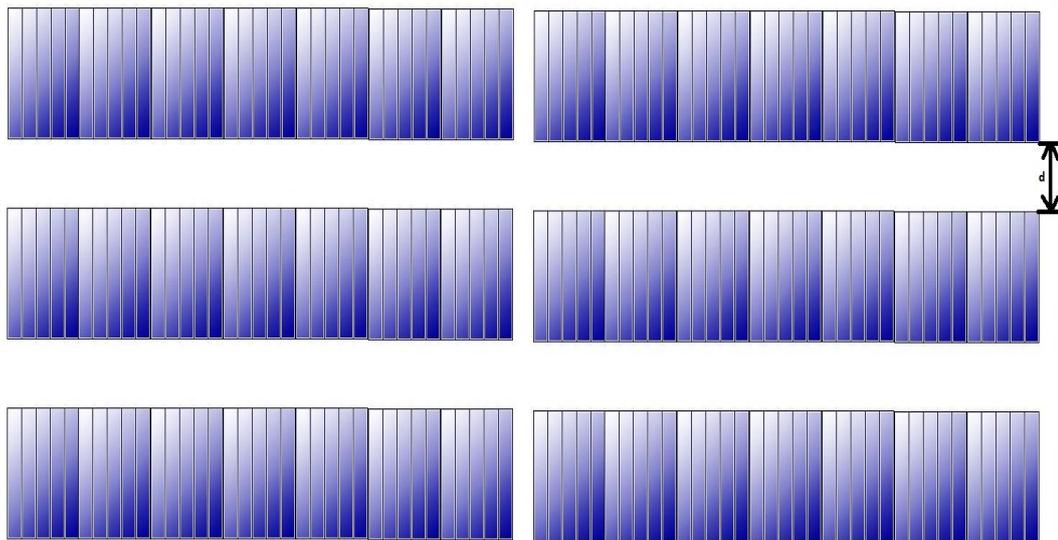


Figura 79. Croquis de situación de colectores solares

Elaboración propia

Los paneles estarán apoyados en una base metálica proporcionada por el fabricante de tal forma que todos formen  $45^\circ$  con la horizontal. Ya que esta base es regulable se ajustará hasta obtener la inclinación deseada. Por otro lado, para el cálculo de la distancia  $d$  indicada en la Figura 78, la cual asegura que no se produzcan sombras entre las filas de paneles, se va a emplear la siguiente expresión:

$$d = \frac{h}{\operatorname{tg}(61 - \textit{latitud})}$$

En nuestro caso tendremos:

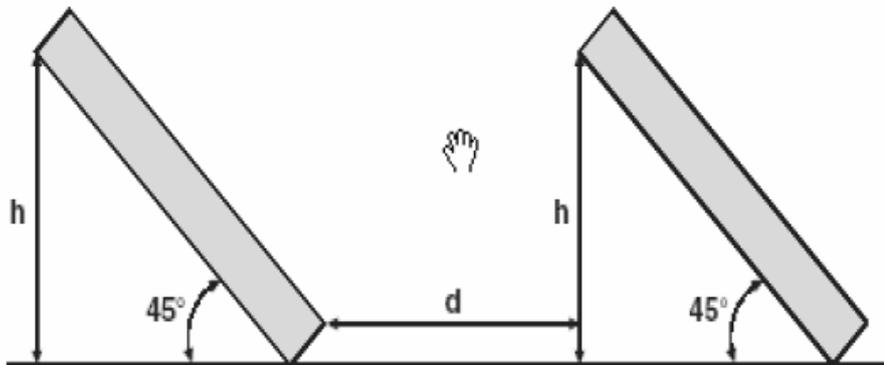


Figura 80. Representación de distancia mínima para evitar sombras entre captadores

Fuente: INSTALACIONES SOLARES TÉRMICAS

Predimensionado y Dimensionado

[http://www.coavn.org/coavn/cte/cursonavarra/he4\\_03\\_dimensionado.pdf](http://www.coavn.org/coavn/cte/cursonavarra/he4_03_dimensionado.pdf)

El valor de  $h$  lo sacaremos mediante trigonometría sabiendo que el largo del panel elegido mide 2.13 m. Por tanto el valor de  $h$  será de 1.51 m.

Por lo que la distancia mínima tendrá que ser:

$$d = \frac{1.51}{\text{tg}(61 - 42.4)} = 4.48 \text{ m}$$

El fluido utilizado será una mezcla de agua y propilenglicol al 45% como anticongelante.

Para cumplir las especificaciones del CTE donde indica que el circuito primario deberá estar hidráulicamente equilibrado, se realizará la conexión conocida como retorno invertido para igualar las longitudes de entrada y salida de las tuberías. Es por este motivo que en cálculo de con “CHEQ4” se estimara una longitud tan grande (80 m.) ya que este tipo de conexión requiere mayor dimensiones de tubería.

Para este circuito se estima un diámetro exterior de tubería de 30 mm. de cobre con aislamiento de lana de vidrio. El RITE establece el grosor mínimo del aislamiento de las tuberías en función de la temperatura máxima del fluido que circula por su interior y el diámetro de la tubería. A continuación se muestran los espesores mínimos de aislamiento para tuberías en función de la temperatura del fluido y de si están en exterior o en interior:

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 < D$	35	40	50

Figura 81. Tabla con espesores mínimos de aislamiento según RITE

Fuente: RITE

Además se precisa de la instalación de un vaso de expansión cerrado dimensionado de tal forma que, incluso después de una interrupción del suministro de potencia a la bomba de circulación del circuito de captadores, justo cuando la radiación solar sea máxima, se pueda restablecer la operación automáticamente cuando la potencia esté disponible de nuevo.

Según el CTE, en instalaciones que cuenten con más de 10 m<sup>2</sup> de captación correspondiendo a un solo circuito primario, éste será de circulación forzada por lo que instalaremos una bomba en nuestro circuito primario. Además también se indica que en instalaciones superiores a 50 m<sup>2</sup> se montarán dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario.

En este caso se preverá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.

Las bombas se elegirán en función del caudal, las pérdidas de carga y la longitud de cada circuito.

En este documento se hará un cálculo estimativo del circuito hidráulico (dimensionado de tuberías, bombas, pérdidas de carga, etc.) ya que el fin último es el diseño de la instalación eléctrica y para que sea más exacto necesitamos la potencia consumida por las bombas.

Estimando unas pérdidas de carga no superiores a 8 m.c.a. y para el caudal elegido anteriormente de 3.19 m<sup>3</sup>/h se ha elegido instalar un grupo hidráulico compuesto por dos bombas idénticas en paralelo de la marca Termicol modelo BOMBAD-P05 recomendada por la marca para utilizarla hasta con 50 paneles. Se estima la potencia consumida mediante la siguiente fórmula:



$$P(W) = \frac{Q \left( \frac{m^3}{s} \right) * H(m) * \rho \left( \frac{Kg}{m^3} \right) * g \left( \frac{m}{s^2} \right)}{\eta}$$

Siendo:

P = Potencia absorbida por la bomba (W).

H = Altura de pérdidas del circuito (m).

$\rho$  = Densidad del fluido (se despreciará la densidad de propilenglicol (1000 Kg/m<sup>3</sup> para el agua)

g = gravedad terrestre (m/s<sup>2</sup>)

$\eta$  = rendimiento de la bomba

Suponiendo que la bomba trabaje por un encima de un 60% de rendimiento obtendremos una potencia:

$$P = \frac{\frac{3.19}{3600} * 8 * 1000 * 9.8}{0.6} = 115.78 W$$

Y dejaremos, a mayores del rendimiento que hemos supuesto, un margen de un 10 % por lo que reservaremos una potencia para la bomba del circuito primario de 130 W.

Este circuito estará separado del circuito secundario por un intercambiador de placas el cual deberá tener una potencia mínima según especifica el CTE de:

$$P \geq 500 * A$$

Siendo:

P = potencia mínima de intercambio (W).

A = área de captación (m<sup>2</sup>).

Por lo que se tendrá que instalar un intercambiador con una potencia mínima de:

$$P \geq 500 * 79.8 = 39900 W = \mathbf{39.9 kW}$$

El intercambiador elegido es de la marca Termicol con referencia INTERC-04 recomendado para un número de captadores entre 36 a 50 y su potencia de intercambio está entre 43 y 60 kW.



### Circuito secundario

Las tuberías del circuito secundario serán de cobre, al igual que en primario. Para el aislamiento de las tuberías se utilizará lana de vidrio.

Para la impulsión desde el circuito secundario hasta los colectores se instalará una bomba de impulsión para la que se reservará una potencia en la demanda de energía de 1 CV.

Se instalará un depósito de acumulación de 2000 litros y un interacumulador (depósito que incluirá un intercambiador adicional) del mismo volumen de tal forma que consigamos los 4000 litros de acumulación necesarios. Se elegirá un acumulador modelo ATK2000S que suministra el fabricante de los captadores de 2000 litros y un acumulador con intercambiador del mismo fabricante modelo ATK2000S2.

### Sistema de apoyo convencional

Como se ha comentado anteriormente, se deberá instalar un sistema de apoyo convencional de energía. En este caso se ha elegido una caldera de condensación debido a su alta eficiencia energética ya que aprovecha el calor latente del paso de gas a líquido del vapor de agua expulsado con los gases de salida para recalentar el agua del circuito principal.

Sólo entrará en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario y de forma que se aproveche lo máximo posible la energía extraída del campo de captación.

### Sistema de control

Toda la instalación deberá ir regida por un sistema de control que a través de sensores de temperatura, presión, etc. controlará que todos los procesos se lleven a cabo bajo las premisas establecidas.

Por una parte, será el encargado de poner en funcionamiento el sistema auxiliar de energía en caso necesario.

La precisión del sistema de control, asegurará que las bombas estén en marcha con saltos de temperatura superiores a 7°C y paradas con diferencias de temperatura menores de 2°C.





## I.I.I ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

### ÍNDICE

1. OBJETO DEL ESTUDIO.....	180
2. NORMATIVA.....	181
3. DEFINICIÓN DE LAS PROTECCIONES .....	181
3.1 PROTECCIONES COLECTIVAS (SPC) .....	181
3.2 PROTECCIONES INDIVIDUALES (EPI) .....	181
4. DEFINICIÓN DE LOS RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS.....	182
4.1 RIESGOS EVITABLES COMPLETAMENTE.....	182
4.2 RIESGOS NO EVITABLES.....	182
5. PREVISIÓN PARA TRABAJOS POSTERIORES.....	185
6. PRIMEROS AUXILIOS. ....	185
7. PREVENCIÓN DE RIESGOS DE DAÑOS A TERCEROS. ....	186
8. PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD .....	186
9. LIBRO DE INCIDENCIAS.....	187
10. INSTALACIONES DE ASISTENCIA SANITARIA Y SALUBRIDAD.....	187





## 1. OBJETO DEL ESTUDIO

El objeto de este estudio es la aplicación del Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, identificando, analizando y estudiando los posibles riesgos laborales que puedan ser evitados, identificando las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos que no pueden eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos.

El Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre, establece en el apartado 2 del Artículo 4 que en los proyectos de obra no incluidos en los supuestos previstos en el apartado 1 del mismo Artículo, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un Estudio Básico de Seguridad y Salud. Los supuestos previstos son los siguientes:

- El presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto es igual o superior a 450.759,08 euros.
- La duración estimada de la obra es superior a 30 días o se emplea a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- El volumen de mano de obra estimada es superior a 500 trabajadores/día
- Es una obra de túneles, galerías, conducciones subterráneas o presas.

Al no darse ninguno de los supuestos previstos en el apartado 1 del Artículo 4 del R.D.1627/1997 se redacta el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud.

Así mismo este Estudio Básico de Seguridad y Salud da cumplimiento a la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de prevención de Riesgos Laborales en lo referente a la obligación del empresario titular de un centro de trabajo de informar y dar instrucciones adecuadas, en relación con los riesgos existentes en el centro de trabajo y las medidas de protección y prevención correspondientes.

En base a este Estudio Básico de Seguridad y al artículo 7 del R.D. 1627/1997, cada contratista elaborará un Plan de Seguridad y Salud en función de su propio sistema de ejecución de la obra y en el que se tendrán en cuenta las circunstancias particulares de los trabajos objeto del contrato.



## 2. NORMATIVA

- Real Decreto 1627/1997 del 24 de Octubre que fija las disposiciones máximas de seguridad y salud en las obras.
- Ley 31/1995 de 8 de Noviembre sobre Protección de Riesgos Laborales.
- Lo dispuesto en la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo del 9 de marzo de 1971, y su adecuación en la construcción, vigente hasta la fecha de hoy.

## 3. DEFINICIÓN DE LAS PROTECCIONES

Las protecciones pueden ser clasificadas como:

### **3.1 PROTECCIONES COLECTIVAS (SPC)**

Son aquellas técnicas de seguridad cuyo objetivo es la protección simultánea de varios trabajadores expuestos a un determinado riesgo.

- La principal protección colectiva para ser empleada será cerrar debidamente todo el ámbito de la obra para dificultar el acceso a personas ajenas a ellas e impedir colisiones con el exterior
- Instalar todo tipo de plataformas móviles homologadas dispuestas con barandillas y zócalos, escaleras de mano con capacidad de desplazamiento, plataformas de elevación y presentación a la altura para el montaje.

### **3.2 PROTECCIONES INDIVIDUALES (EPI)**

Un equipo de protección individual o EPI son los equipos pensados para ser llevados o sujetados por el trabajador para que le proteja de riesgos que puedan amenazar su seguridad o salud, así como cualquier complemento o accesorio con la misma función.

- Cascos: Para todas las personas que participan en la obra.
- Guantes: De uso general contra cortes, guantes aislantes eléctricamente hasta 430V.
- Botas aislantes y con refuerzo contra impactos.
- Monos de trabajo.
- Protectores auditivos.
- Mascarillas anti-polvo.
- Cinturón de seguridad de sujeción.
- Herramientas manuales con agarraderas aislantes eléctricamente.



- Mosquetones para fijar las herramientas manuales.
- Gafas especiales para soldadura.
- Ropa contra la lluvia.

Todos ellos correctamente homologados por el organismo competente.

Todos los equipos de protección individual (EPI) y sistemas de protección colectiva (SPC) tendrán fijado un periodo de vida útil.

Si por circunstancias de trabajo se produce un deterioro más rápido de una determinada pieza o equipo, será repuesta, independientemente de la duración prevista o de la fecha de entrega.

Aquellas piezas que por su uso hayan adquirido más juego o tolerancias de las admitidas por el fabricante, serán repuestas inmediatamente.

El uso de una pieza o de un equipo de protección nunca representará un riesgo por sí mismo.

#### **4. DEFINICIÓN DE LOS RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS**

A continuación se especifican los tipos de riesgos así como las medidas oportunas que hay que tomar para evitarlos o reducirlos:

##### **4.1 RIESGOS EVITABLES COMPLETAMENTE**

- Derivados de la rotura de instalaciones existentes: Adoptar medidas de neutralización de las instalaciones existentes.
- Caídas desde cubierta debido a condiciones climatológicas adversas: Prohibición de ejecución de los trabajos en cubierta en condiciones de viento, lluvia, nieve o hielo.
- Presencia de líneas eléctricas de alta tensión aéreas o subterráneas: Corte del fluido, puesta a tierra y cortocircuito de los cables.
- Trabajos con poca iluminación: Cuando se trabaje en horarios de poca luz, o dentro del edificio ya cubierto y cerrado se dispondrá de un sistema de alumbrado que de 50 lux a todo el ámbito y 250 lux en la zona de trabajo.

##### **4.2 RIESGOS NO EVITABLES**

###### **4.2.1 RIESGOS GENERALES MÁS FRECUENTES**

- Caídas de operarios al mismo nivel.
- Caídas de operarios a distinto nivel.
- Caídas de objetos sobre operarios.
- Caídas de objetos sobre terceros.
- Choques o golpes contra objetos.



- Fuertes vientos.
- Trabajos en ambientes con gran cantidad de polvo suspendido.
- Trabajos en condición de humedad.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Sobreesfuerzos.

Medidas de prevención y protecciones colectivas:

- Orden y limpieza de las vías de circulación de la obra.
- Orden y limpieza de los lugares de trabajo.
- Recubrimiento, o distancia de seguridad (1m) a líneas eléctricas de B.T.
- Recubrimiento, o distancia de seguridad (3 - 5 m) a líneas eléctricas de A.T.
- Iluminación adecuada y suficiente (alumbrado de obra).
- No permanecer en el radio de acción de las máquinas.
  - Puesta a tierra en cuadros, masas y máquinas sin doble aislamiento.
  - Señalización de la obra (señales y carteles).
  - Cintas de señalización y balizamiento a 10 m de distancia
  - Vallado del perímetro completo de la obra, resistente y de altura 2m.
  - Marquesinas rígidas sobre accesos a la obra.
  - Pantalla inclinada rígida sobre aceras, vías de circulación o colindantes.
  - Extintor de polvo seco, de eficacia 21<sup>a</sup> - 113B.
  - Evacuación de escombros.
  - Escaleras auxiliares.
  - Información específica.
  - Grúa parada y en posición veleta.

Protecciones individuales:

- Cascos de seguridad.
- Calzado protector.
- Ropa de trabajo.
- Casquetes anti ruidos.
- Gafas de seguridad.
- Cinturones de protección.

#### **4.2.2 MOVIMIENTOS DE TIERRAS**

- Desplomes, hundimientos y desprendimientos del terreno.
- Caídas de materiales transportados.
- Caídas de operarios al vacío.



- Atrapamientos y aplastamientos.
- Ruidos, Vibraciones.
- Interferencia con instalaciones enterradas.
- Electrocutaciones.

Medidas de prevención y protecciones colectivas:

- Observación y vigilancia del terreno.
- Limpieza de bolos y viseras.
- Achique de aguas.
- Pasos o pasarelas.
- Separación de tránsito de vehículos y operarios.
- No acopiar junto al borde de la excavación.
- No permanecer bajo el frente de excavación.
- Barandillas en bordes de excavación (0,9 m).
- Acotar las zonas de acción de las máquinas.
- Topes de retroceso para vertido y carga de vehículos.

#### **4.2.3 DESCARGA Y MONTAJE DE ELEMENTOS PREFABRICADOS**

- Vuelco de la grúa.
- Atrapamientos contra objetos, elementos auxiliares o la propia carga.
- Precipitación de la carga.
- Proyección de partículas.
- Caídas de objetos.
- Contacto eléctrico.
- Sobreesfuerzos.
- Quemaduras o ruidos de la maquinaria.
- Choques o golpes.
- Viento excesivo.

Medidas de prevención y protecciones colectivas:

- Trayectoria de la carga señalizada y libre de obstáculos.
- Correcta disposición de los apoyos de la grúa.
- Revisión de los elementos elevadores de cargas y de sus sistemas de seguridad.
- Correcta distribución de cargas.
- Prohibición de circulación bajo cargas en suspensión.
- Trabajo dentro de los límites máximos de los elementos elevadores.

#### **4.2.4 PUESTA DE ELEMENTOS BAJO TENSIÓN ELÉCTRICA**

- Contacto eléctrico directo e indirecto en A.T. y B.T.
- Arco eléctrico en A.T. y B.T.
- Elementos candentes y quemaduras.



Medidas de prevención y protecciones colectivas:

- Coordinar con la empresa suministradora, definiendo las maniobras eléctricas a realizar.
- Apantallar los elementos de tensión.
- Enclavar los aparatos de maniobra.
- Informar de la situación en la que se encuentra la zona de trabajo y ubicación de los puntos en tensión más cercanos.
- Abrir con corte visible las posibles fuentes de tensión.

Protecciones individuales:

- Calzado de seguridad aislante.
- Herramientas de gran poder aislante.
- Guantes eléctricamente aislantes.
- Pantalla que proteja la zona facial.

## 5. PREVISIÓN PARA TRABAJOS POSTERIORES

El apartado 3 del artículo 6 del R.D. 1627/1997, establece que en el Estudio Básico se contemplarán también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

En el Proyecto de Ejecución se han especificado una serie de elementos que han sido previstos para facilitar las futuras labores de mantenimiento y reparación del edificio en condiciones de seguridad y salud, y que una vez colocados, también servirán para la seguridad durante el desarrollo de las obras.

Los elementos que se detallan a continuación son los previstos a tal fin:

- Ganchos de servicio.
- Elementos de acceso a cubierta (puertas, trampillas)
- Barandilla en cubiertas planas.
- Grúas desplazables para limpieza de fachada.
- Ganchos de ménsula (pescantes)
- Pasarelas de limpieza.

## 6. PRIMEROS AUXILIOS.

Se dispondrá de un botiquín con el material necesario el cual se revisará mensualmente con el fin de la reposición de los materiales caducados y consumidos.

Se tendrá que informar con un rótulo visible en la obra de la situación más cercana de los diversos centros médicos (servicios propios, mutuas patronales, mutualidades laborales, ambulatorios, hospitales, etc.) donde avisar o, si es el caso, llevar el posible accidentado para que reciba un tratamiento rápido y efectivo.

#### 7. PREVENCIÓN DE RIESGOS DE DAÑOS A TERCEROS.

Se señalará, de acuerdo con la normativa vigente, el enlace de la zona de obras con la calle, y se adoptarán las medidas de seguridad que cada caso requiera.

Se señalarán los accesos naturales a la obra, y se prohibirá el paso a toda persona ajena, colocando un cierre y las indicaciones necesarias.

Se tendrá en cuenta, principalmente:

- a) La circulación de la maquinaria cerca de la obra.
- b) La interferencia de trabajos y operaciones.
- c) La circulación de vehículos cerca de la obra.

#### 8. PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD

En cumplimiento del artículo 7 del Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre de 1997, el contratista, antes del inicio de la obra, elaborará un Plan de Seguridad y Salud en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este Estudio Básico y en función de su propio sistema de ejecución de obra. En dicho Plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, y que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en este Estudio Básico.

El Plan de Seguridad y Salud deberá ser aprobado, antes del inicio de la obra, por el Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. Este podrá ser modificado por el contratista en función del proceso de ejecución de la misma, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir a lo largo de la obra, pero que siempre con la aprobación expresa del Coordinador. Cuando no fuera necesaria la designación del Coordinador, las funciones que se le atribuyen serán asumidas por la Dirección Facultativa.

Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito y de manera razonada, las



sugerencias y alternativas que estimen oportunas. El Plan estará en la obra a disposición de la Dirección Facultativa.

#### 9. LIBRO DE INCIDENCIAS

En la obra habrá un libro de incidencias, bajo el control del coordinador de seguridad en fase de ejecución, y a disposición de la dirección facultativa, la autoridad laboral o el representante de los trabajadores, los cuales pueden hacer las anotaciones que consideren oportunas con la finalidad de control de cumplimiento del Plan de Seguridad y Salud.

Efectuada una anotación en el Libro de Incidencias, el Coordinador estará obligado a enviar en el plazo de veinticuatro horas una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará dichas anotaciones al contratista y a los representantes de los trabajadores.

#### 10. INSTALACIONES DE ASISTENCIA SANITARIA Y SALUBRIDAD.

La obra dispondrá de los servicios higiénicos que se indican en el R.D. 1627/97 tales como vestuarios con asientos y taquillas individuales provistas de llave, lavabos con agua fría, caliente y espejo, duchas y retretes, teniendo en cuenta la utilización de los servicios higiénicos de forma no simultánea en caso de haber operarios de distintos sexos.

De acuerdo con el apartado A 3 del Anexo VI del R.D. 486/97, la obra dispondrá de un botiquín portátil debidamente señalizado y de fácil acceso, con los medios necesarios para los primeros auxilios en caso de accidente y estará a cargo de él una persona capacitada designada por la empresa constructora.

La dirección de la obra acreditará la adecuada formación del personal de la obra en materia de prevención y primeros auxilios. Así como la de un Plan de emergencia para atención del personal en caso de accidente y la contratación de los servicios asistenciales adecuados (Asistencia primaria y asistencia especializada).



# 2. PLIEGO DE CONDICIONES





## **1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES**

### **1.1 DISPOSICIONES GENERALES**

#### **1.1.1 NATURALEZA Y OBJETO DEL PLIEGO GENERAL.**

El pliego general de condiciones es complementario al pliego de condiciones particulares de este proyecto descrito en este documento.

El objetivo de ambos es reglar la realización de las obras fijando los niveles técnicos y de calidad que son exigidos según el contrato y con arreglo a la legislación aplicable, al promotor o dueño de la obra, al contratista o constructor de la misma, sus técnicos y encargados.

#### **1.1.2 DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA.**

El contrato está compuesto por los siguientes documentos ordenados por grado de importancia en cuanto al valor de sus especificaciones en caso de ausencia o contradicción:

- a) Las condiciones fijadas en el propio documento de contrato de empresa o arrendamiento de obra, si existiera.
- b) El pliego de condiciones particulares.
- c) El presente pliego general de condiciones.
- d) El resto de la documentación de proyecto (memoria, planos y presupuesto).

En las obras que lo requieran, también formarán parte el estudio de seguridad y salud y el proyecto de control de calidad de la edificación.

Las órdenes e instrucciones de la dirección facultativa de la obra se incorporan al proyecto como interpretación, complemento o precisión de sus determinaciones.

En cada documento, las especificaciones literales predominan sobre las gráficas y en los planos, la cota prevalece sobre la medida a escala.

#### **1.1.3 PRESCRIPCIONES GENERALES RELATIVAS A TRABAJOS**

##### **1.1.3.1 Caminos y accesos.**

El constructor dispondrá por su cuenta los accesos a la obra, el cerramiento o vallado de ésta y su mantenimiento durante la ejecución de la obra. El aparejador o arquitecto técnico podrá exigir su modificación o mejora.

##### **1.1.3.2 Inicio de la obra. Ritmo de ejecución de los trabajos.**

El constructor dará comienzo a las obras en el plazo marcado en el pliego de condiciones particulares, desarrollándolas en la forma necesaria para que dentro de los períodos parciales señalados queden ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido en el contrato.



Obligatoriamente y por escrito, deberá el contratista dar cuenta al ingeniero y al aparejador o arquitecto técnico del comienzo de los trabajos al menos con 3 días de antelación.

#### **1.1.3.3 Orden de los trabajos.**

En general, la determinación del orden de los trabajos es labor de la contrata, salvo aquellos casos en que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la dirección facultativa.

#### **1.1.3.4 Facilidades para otros contratistas.**

De acuerdo con lo que requiera la dirección facultativa, el contratista general deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a todos los demás contratistas que intervengan en la obra. Ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar entre contratistas por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos.

En caso de disputa, ambos contratistas estarán a lo que resuelva la dirección facultativa.

#### **1.1.3.5 Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor.**

Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar el proyecto, no se interrumpirán los trabajos, sino que se continuarán según las instrucciones dadas por el ingeniero en tanto se formula o se tramita el proyecto reformado.

El constructor está obligado a realizar con su personal y sus materiales cuanto la dirección de las obras disponga para apuntalamientos, derribos, recalzos o cualquier otra obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que se convenga.

#### **1.3.2.7 Prórroga por causa de fuerza mayor.**

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del constructor, éste no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable del ingeniero. Para ello, el constructor expondrá, en escrito dirigido al ingeniero, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

#### **1.3.2.8 Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra.**

El contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de

la dirección facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubiesen proporcionado.

## **1.2 DISPOSICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVO**

### **1.2.1 DELIMITACIÓN DE FUNCIONES DE LOS AGENTES QUE INTERVIENEN**

La Ley de Ordenación de la Edificación (LOE) es de aplicación al proceso de la edificación, entendiéndose por tal la acción y el resultado de construir un edificio de carácter permanente, público o privado, cuyo uso principal está comprendido en el siguiente grupo de edificaciones destinadas a uso aeronáutico; agropecuario; de la energía; de la hidráulica; minero; de telecomunicaciones (referido a la ingeniería de las telecomunicaciones); del transporte terrestre, marítimo, fluvial y aéreo; forestal; industrial; naval; de la ingeniería de saneamiento e higiene, y accesorio a las obras de ingeniería y su explotación.

La titulación académica y profesional habilitante, con carácter general, será la de ingeniero, ingeniero técnico o arquitecto y vendrá determinada por las disposiciones legales vigentes para cada profesión, de acuerdo con sus respectivas especialidades y competencias específicas.

### **1.2.2 EL PROMOTOR.**

Será promotor cualquier persona, física o jurídica, pública o privada, que, individual o colectivamente decida, impulse, programe o financie, con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Son obligaciones del promotor:

- a) Tener sobre el solar la titularidad de un derecho que le habilite para construir en él.
- b) Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al director de obra las posteriores modificaciones del mismo.
- c) Obtener las correspondientes licencias y autorizaciones administrativas, así como suscribir el acta de recepción de la obra.
- d) Designar al coordinador de seguridad y salud para el proyecto y la ejecución de la obra.
- e) Suscribir los seguros previstos en la LOE.
- f) Entregar al adquirente, en su caso, la documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las administraciones competentes.

### **1.2.3 EL PROYECTISTA.**

Son obligaciones del proyectista:

- a) Estar en posesión de la titulación académica y profesional y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico redactor del proyecto que tenga la titulación profesional habilitante.
- b) Redactar el proyecto con sujeción a la normativa vigente y a lo que se haya establecido en el contrato y entregarlo, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- c) Acordar, en su caso, con el promotor la contratación de colaboraciones parciales.

#### 1.2.5 EL DIRECTOR DE OBRA.

Corresponde al director de obra:

- a) Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante, cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico director de obra que tenga la titulación profesional habilitante.
- b) Verificar el replanteo y la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectada a las características geotécnicas del terreno.
- c) Dirigir la obra coordinándola con el proyecto de ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica y estética.
- d) Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan en la obra y consignar en el libro de órdenes y asistencias las instrucciones precisas para la correcta interpretación del proyecto.
- e) Elaborar, a requerimiento del promotor o con su conformidad, eventuales modificaciones del proyecto, que vengán exigidas por la marcha de la obra siempre que las mismas se adapten a las disposiciones normativas contempladas y observadas en la redacción del proyecto.
- f) Coordinar, junto al aparejador o arquitecto técnico, el programa de desarrollo de la obra y el proyecto de control de calidad de la obra, con sujeción al Código Técnico de la Edificación (CTE) y a las especificaciones del proyecto.
- g) Comprobar, junto al aparejador o arquitecto técnico, los resultados de los análisis e informes realizados por laboratorios y/o entidades de control de calidad.
- h) Coordinar la intervención en obra de otros técnicos que, en su caso, concurran a la dirección con función propia en aspectos de su especialidad.
- i) Dar conformidad a las certificaciones parciales de obra y la liquidación final.
- j) Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como conformar las certificaciones parciales y la

- liquidación final de las unidades de obra ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- k) Asesorar al promotor durante el proceso de construcción y especialmente en el acto de la recepción.
  - l) Preparar con el contratista la documentación gráfica y escrita del proyecto definitivamente ejecutado para entregarlo al promotor.
  - m) A dicha documentación se adjuntará, al menos, el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación. Esta documentación constituirá el libro del edificio y será entregada a los usuarios finales del edificio.

#### 1.2.6 EL DIRECTOR DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA.

Es labor del aparejador o arquitecto técnico la dirección de la ejecución de la obra, que formando parte de la dirección facultativa, asume la función técnica de dirigir la ejecución material de la obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y la calidad de lo edificado. Siendo sus funciones específicas:

- a) Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico director de la ejecución de la obra que tenga la titulación profesional habilitante.
- b) Redactar el documento de estudio y análisis del proyecto para elaborar los programas de organización y de desarrollo de la obra.
- c) Planificar, a la vista del proyecto arquitectónico, del contrato y de la normativa técnica de aplicación, el control de calidad y económico de las obras.
- d) Redactar, cuando se le requiera, el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el Estudio de seguridad y salud para la aplicación del mismo.
- e) Redactar, cuando se le requiera, el proyecto de control de calidad de la edificación, desarrollando lo especificado en el proyecto de ejecución.
- f) Efectuar el replanteo de la obra y preparar el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del ingeniero y del constructor.
- g) Comprobar las instalaciones provisionales, medios auxiliares y medidas de seguridad y salud en el trabajo, controlando su correcta ejecución.



- h) Realizar o disponer las pruebas y ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al constructor, impartiendo, en su caso, las órdenes oportunas; de no resolverse la contingencia adoptará las medidas que corresponda, dando cuenta al ingeniero.
- i) Realizar las mediciones de obra ejecutada y dar conformidad, según las relaciones establecidas, a las certificaciones valoradas y a la liquidación final de la obra.
- j) Verificar la recepción en obra de los productos de construcción, ordenando la realización de ensayos y pruebas precisas.
- k) Dirigir la ejecución material de la obra comprobando los replanteos, los materiales, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, de acuerdo con el proyecto y con las instrucciones del director de obra.
- l) Consignar en el libro de órdenes y asistencias las instrucciones precisas.
- m) Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como elaborar y suscribir las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas.
- n) Colaborar con los restantes agentes en la elaboración de la documentación de la obra ejecutada, aportando los resultados del control realizado.

#### 1.2.7 EL COORDINADOR DE SEGURIDAD Y SALUD.

El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra deberá desarrollar las siguientes funciones:

- a) Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad.
- b) Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y los trabajadores autónomos apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra.
- c) Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- d) Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La dirección facultativa



asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de coordinador.

- e) Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.

#### 1.2.8 REPLANTEO.

El constructor iniciará las obras con el replanteo de las mismas en el terreno, señalando las referencias principales que mantendrá como base de ulteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerará a cargo del contratista e incluidos en su oferta.

El constructor someterá el replanteo a la aprobación del aparejador o arquitecto técnico y una vez esto haya dado su conformidad preparará un acta acompañada de un plano que deberá ser aprobada por el ingeniero, siendo responsabilidad del constructor la omisión de este trámite.

#### 1.2.9 LIBRO DE ÓRDENES

Existirá en obra el Libro de Órdenes, debidamente diligenciado, al que se refiere el Pliego de Condiciones del Proyecto, el cual será el Libro Oficial de la obra. La Contrata tendrá en todo momento en la oficina de la obra el Libro de Órdenes a disposición de la Dirección Facultativa, así como copia de los Proyectos y sus posteriores modificaciones, debiendo facilitarse a la Propiedad siempre que lo requiera. De las órdenes o instrucciones que se produzcan de cada visita a la obra de alguno o de todos los miembros de la Dirección Facultativa, se dará debida cuenta en el Libro de Órdenes, debiendo ser aceptadas por la Contrata con la firma en dicho Libro del Jefe de la obra, o de la persona que ostente la representación de la contrata para tal fin.

#### 1.2.10 CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entreguen el ingeniero o el aparejador o arquitecto técnico al constructor, dentro de las limitaciones presupuestarias.

#### 1.2.11 TRABAJOS DEFECTUOSOS.

El constructor debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las condiciones generales y particulares de índole técnica del pliego de condiciones y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que le exonere de responsabilidad el control que compete al aparejador o arquitecto técnico,



ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra, que siempre se entenderán extendidas y abonadas a buena cuenta.

### **1.3 DISPOSICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICO.**

#### **1.3.1 PRINCIPIO GENERAL.**

Todos los que intervienen en el proceso de construcción tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades económicas por su correcta actuación, con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas.

La propiedad, el contratista y, en su caso, los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

#### **1.3.2 RECEPCIONES DE EDIFICIOS Y OBRAS ANEJAS.**

##### **1.3.2.1 Acta de recepción.**

La recepción de la obra es el acto por el cual el constructor, una vez concluida ésta, hace entrega de la misma al promotor y es aceptada por éste. Podrá realizarse con o sin reservas y deberá abarcar la totalidad de la obra o fases completas y terminadas de la misma, cuando así se acuerde por las partes.

La recepción deberá consignarse en un acta firmada, al menos, por el promotor y el constructor, y en la misma se hará constar:

- a) Las partes que intervienen.
- b) La fecha del certificado final de la totalidad de la obra o de la fase completa y terminada de la misma.
- c) El coste final de la ejecución material de la obra.
- d) La declaración de la recepción de la obra con o sin reservas, especificando, en su caso, éstas de manera objetiva, y el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados. Una vez subsanados los mismos, se hará constar en un acta aparte, suscrita por los firmantes de la recepción.
- e) Las garantías que, en su caso, se exijan al constructor para asegurar sus responsabilidades.
- f) Se adjuntará el certificado final de obra suscrito por el director de obra (ingeniero) y el director de la ejecución de la obra (aparejador) y la documentación justificativa del control de calidad realizado.

El promotor podrá rechazar la recepción de la obra por considerar que la misma no está terminada o que no se adecua a las condiciones contractuales. En todo caso, el rechazo deberá ser motivado por escrito en el acta, en la que se fijará el nuevo plazo para efectuar la recepción.

Salvo pacto expreso en contrario, la recepción de la obra tendrá lugar dentro de los 30 días siguientes a la fecha de su terminación, acreditada en el certificado final de obra, plazo que se contará a partir de la notificación efectuada por escrito al promotor. La recepción se entenderá tácitamente producida si transcurridos 30 días desde la fecha indicada el promotor no hubiera puesto de manifiesto reservas o rechazo motivado por escrito.

#### **1.3.2.2 Recepción provisional.**

Ésta se realizará con la intervención de la propiedad, del constructor, del ingeniero y del aparejador o arquitecto técnico. Se convocará también a los restantes técnicos que, en su caso, hubiesen intervenido en la dirección con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas.

Practicado un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta con tantos ejemplares como intervinientes y firmados por todos ellos. Desde esta fecha empezará a correr el plazo de garantía, si las obras se hallasen en estado de ser admitidas. Seguidamente, los técnicos de la dirección facultativa extenderán el correspondiente certificado de final de obra.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta y se darán al constructor las oportunas instrucciones para remediar los defectos observados, fijando un plazo para subsanarlos, expirado el cual, se efectuará un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Si el constructor no hubiese cumplido, podrá declararse resuelto el contrato con pérdida de la fianza.

#### **1.3.2.3 Documentación final.**

El ingeniero, asistido por el contratista y los técnicos que hubieren intervenido en la obra, redactarán la documentación final de las obras, que se facilitará a la propiedad. Dicha documentación se adjuntará, al acta de recepción, con la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación. Esta documentación constituirá el libro del edificio, que ha de ser encargado por el promotor y será entregado a los usuarios finales del edificio.

A su vez dicha documentación se divide en:



a) Documentación de seguimiento de obra.

Dicha documentación según el CTE se compone de:

- Libro de órdenes y asistencias, de acuerdo con lo previsto en el Decreto 461/1971, de 11 de marzo.
- Libro de incidencias en materia de seguridad y salud, según el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre.
- Proyecto, con sus anejos y modificaciones debidamente autorizadas por el director de la obra.
- Licencia de obras, de apertura del centro de trabajo y, en su caso, de otras autorizaciones administrativas.

La documentación de seguimiento será depositada por el director de la obra en su colegio de ingenieros.

b) Documentación de control de obra

Su contenido, cuya recopilación es responsabilidad del director de ejecución de obra, se compone de:

- Documentación de control, que debe corresponder a lo establecido en el proyecto, más sus anejos y modificaciones.
- Documentación, instrucciones de uso y mantenimiento, así como garantías de los materiales y suministros, que debe ser proporcionada por el constructor, siendo conveniente recordárselo fehacientemente.
- En su caso, documentación de calidad de las unidades de obra, preparada por el constructor y autorizada por el director de ejecución en su colegio profesional.

c) Certificado final de obra

Éste se ajustará al modelo publicado en el Decreto 462/1971, de 11 de marzo, en donde el director de la ejecución de la obra certificará haber dirigido la ejecución material de las obras y controlado cuantitativa y cualitativamente la construcción y la calidad de lo edificado de acuerdo con el proyecto, la documentación técnica que lo desarrolla y las normas de buena construcción.

El director de la obra certificará que la edificación ha sido realizada bajo su dirección, de conformidad con el proyecto objeto de la licencia y la documentación técnica que lo complementa, hallándose dispuesta para su adecuada utilización con arreglo a las instrucciones de uso y mantenimiento.

Al certificado final de obra se le unirán como anejos los siguientes documentos:



Descripción de las modificaciones que, con la conformidad del promotor, se hubiesen introducido durante la obra, haciendo constar su compatibilidad con las condiciones de la licencia.

Relación de los controles realizados.

#### **1.3.2.4 Medición definitiva de los trabajos y liquidación provisional de la obra.**

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente por el aparejador o arquitecto técnico a su medición definitiva, con precisa asistencia del constructor o de su representante. Se extenderá la oportuna certificación por triplicado que, aprobada por el ingeniero con su firma, servirá para el abono por la propiedad del saldo resultante salvo la cantidad retenida en concepto de fianza (según lo estipulado en el artículo 6 de la LOE).

#### **1.3.2.5 Plazo de garantía.**

El plazo de garantía deberá estipularse en el pliego de condiciones particulares y en cualquier caso nunca deberá ser inferior a 9 meses (1 año en contratos con las administraciones públicas).

#### **1.3.2.6 Conservación de las obras recibidas provisionalmente.**

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisional y definitiva, correrán a cargo del contratista.

Si el edificio fuese ocupado o utilizado antes de la recepción definitiva, la guardería, limpieza y reparaciones causadas por el uso correrán a cargo del propietario y las reparaciones por vicios de obra o por defectos en las instalaciones, serán a cargo de la contrata.

#### **1.3.2.7 Recepción definitiva.**

La recepción definitiva se verificará después de transcurrido el plazo de garantía en igual forma y con las mismas formalidades que la provisional, a partir de cuya fecha cesará la obligación del constructor de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación de los edificios y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran alcanzarle por vicios de la construcción.

#### **1.3.2.8- Prórroga del plazo de garantía.**

Si al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el ingeniero director marcará al constructor los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias y, de no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con pérdida de la fianza.

#### **1.3.2.9 Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida.**

En el caso de resolución del contrato, el contratista vendrá obligado a retirar, en el plazo que se fije en el pliego de condiciones particulares, la maquinaria, medios auxiliares, instalaciones, etc., a resolver los subcontratos

que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudada por otra empresa.

Las obras y trabajos terminados por completo se recibirán provisionalmente con los trámites establecidos en este pliego de condiciones. Transcurrido el plazo de garantía se recibirán definitivamente según lo dispuesto en este pliego.

Para las obras y trabajos no determinados, pero aceptables a juicio del ingeniero director, se efectuará una sola y definitiva recepción.

### 1.3.3 FIANZAS.

El contratista prestará fianza con arreglo a alguno de los siguientes procedimientos según se estipule:

- a) Depósito previo, en metálico, valores, o aval bancario, por importe entre el 4% y el 10% del precio total de contrata.
- b) Mediante retención en las certificaciones parciales o pagos a cuenta en igual proporción.

El porcentaje de aplicación para el depósito o la retención se fijará en el pliego de condiciones particulares.

#### 1.3.3.1 Fianza en subasta pública.

En el caso de que la obra se adjudique por subasta pública, el depósito provisional para tomar parte en ella se especificará en el anuncio de la misma y su cuantía será de ordinario, y salvo estipulación distinta en el pliego de condiciones particulares vigente en la obra, de un 4% como mínimo, del total del presupuesto de contrata.

El contratista a quien se haya adjudicado la ejecución de una obra o servicio para la misma, deberá depositar en el punto y plazo fijados en el anuncio de la subasta, o el que se determine en el pliego de condiciones particulares del proyecto, la fianza definitiva que se señale y, en su defecto, su importe será el 10% de la cantidad por la que se haga la adjudicación de las formas especificadas en el apartado anterior.

El plazo señalado en el párrafo anterior, y salvo condición expresa establecida en el pliego de condiciones particulares, no excederá de 30 días naturales a partir de la fecha en que se le comunique la adjudicación, y dentro de él deberá presentar el adjudicatario la carta de pago o recibo que acredite la constitución de la fianza a que se refiere el mismo párrafo.

La falta de cumplimiento de este requisito dará lugar a que se declare nula la adjudicación, y el adjudicatario perderá el depósito provisional que hubiese hecho para tomar parte en la subasta.

#### 1.3.3.2 Ejecución de trabajos con cargo a la fianza.

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el ingeniero director, en nombre y representación del propietario, los ordenará ejecutar a un tercero, o, podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el propietario, en el caso de que el importe de la fianza no bastara para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

#### 1.3.3.3 Devolución de fianzas.

La fianza retenida será devuelta al contratista en un plazo que no excederá de 30 días una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra. La propiedad podrá exigir que el contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros, subcontratos...

#### 1.3.3.4 Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales.

Si la propiedad, con la conformidad del ingeniero director, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

### 1.3.4 PRECIOS.

#### 1.3.4.1 Composición de los precios unitarios.

El cálculo de los precios de las distintas unidades de obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

##### **a) Costes directos**

La mano de obra, con sus pluses y cargas y seguros sociales, que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.

Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.

Los equipos y sistemas técnicos de seguridad y salud para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.

Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.



Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

**b) Costes indirectos**

Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos.

**c) Gastos generales**

Los gastos generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la administración, legalmente establecidas. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos (en los contratos de obras de la administración pública este porcentaje se establece entre un 13% y un 17%).

**d) Beneficio industrial**

El beneficio industrial del contratista se establece en el 6% sobre la suma de las anteriores partidas en obras para la administración.

**e) Precio de ejecución material**

Se denominará precio de ejecución material el resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos a excepción del beneficio industrial.

**f) Precio de contrata**

El precio de contrata es la suma de los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

El IVA se aplica sobre esta suma (precio de contrata) pero no integra el precio.

**1.3.4.2 Precios de contrata. Importe de contrata.**

En el caso de que los trabajos a realizar en un edificio u obra aneja cualquiera se contratasen a riesgo y ventura, se entiende por precio de contrata el que importa el coste total de la unidad de obra, es decir, el precio de ejecución material, más el % sobre este último precio en concepto de beneficio industrial del contratista. El beneficio se estima normalmente en el 6%, salvo que en las condiciones particulares se establezca otro distinto.

**1.3.4.3 Precios contradictorios.**

Se producirán precios contradictorios sólo cuando la propiedad por medio del ingeniero decida introducir unidades o cambios de calidad en

alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El contratista estará obligado a efectuar los cambios.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el ingeniero y el contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determine el pliego de condiciones particulares. Si subsiste la diferencia se acudirá, en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto, y en segundo lugar al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiere se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato.

#### **1.3.4.4- Reclamación de aumento de precios.**

Si el contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras.

#### **1.3.4.5- Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios.**

En ningún caso podrá alegar el contratista los usos y costumbres del país respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obras ejecutadas, se estará a lo previsto en primer lugar, al pliego general de condiciones técnicas y en segundo lugar, al pliego de condiciones particulares técnicas.

#### **1.3.4.6. Revisión de los precios contratados.**

Contratándose las obras a riesgo y ventura, no se admitirá la revisión de los precios en tanto que el incremento no alcance, en la suma de las unidades que falten por realizar de acuerdo con el calendario, un montante superior al 3% del importe total del presupuesto de contrato.

En caso de producirse variaciones en alza superiores a este porcentaje, se efectuará la correspondiente revisión de acuerdo con la fórmula establecida en el pliego de condiciones particulares, percibiendo el contratista la diferencia en más que resulte por la variación del IPC superior al 3%.

No habrá revisión de precios de las unidades que puedan quedar fuera de los plazos fijados en el calendario de la oferta.

#### **1.3.4.7 Acopio de materiales.**

El contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que la propiedad ordene por escrito.



Los materiales acopiados, una vez abonados por el propietario son, de la exclusiva propiedad de éste; de su guarda y conservación será responsable el contratista.

### 1.3.5 ABONO DE LA OBRA

#### 1.3.5.1 Formas de abono de las obras

Según la modalidad elegida para la contratación de las obras, y salvo que en el pliego particular de condiciones económicas se preceptúe otra cosa, el abono de los trabajos se efectuará así:

a) Tipo fijo o tanto alzado total. Se abonará la cifra previamente fijada como base de la adjudicación, disminuida en su caso en el importe de la baja efectuada por el adjudicatario.

b) Tipo fijo o tanto alzado por unidad de obra. Este precio por unidad de obra es invariable y se haya fijado de antemano, pudiendo variar solamente el número de unidades ejecutadas.

Previa medición y aplicando al total de las diversas unidades de obra ejecutadas, del precio invariable estipulado de antemano para cada una de ellas, estipulado de antemano para cada una de ellas, se abonará al contratista el importe de las comprendidas en los trabajos ejecutados y ultimados con arreglo y sujeción a los documentos que constituyen el proyecto, los que servirán de base para la medición y valoración de las diversas unidades.

c) Tanto variable por unidad de obra. Según las condiciones en que se realice y los materiales diversos empleados en su ejecución de acuerdo con las órdenes del ingeniero director.

Se abonará al contratista en idénticas condiciones al caso anterior.

d) Por listas de jornales y recibos de materiales, autorizados en la forma que el presente pliego general de condiciones económicas determina.

e) Por horas de trabajo, ejecutado en las condiciones determinadas en el contrato.

#### 1.3.5.2 Relaciones valoradas y certificaciones.

En cada una de las épocas o fechas que se fijen en el contrato o en los pliegos de condiciones particulares que rijan en la obra, formará el contratista una relación valorada de las obras ejecutadas durante los plazos previstos, según la medición que habrá practicado el aparejador.

Lo ejecutado por el contratista en las condiciones preestablecidas, se valorará aplicando al resultado de la medición general, cúbica, superficial,

lineal, ponderada o numeral correspondiente para cada unidad de obra, los precios señalados en el presupuesto para cada una de ellas, teniendo presente además lo establecido en el presente pliego general de condiciones económicas respecto a mejoras o sustituciones de material y a las obras accesorias y especiales, etc.

Al contratista, que podrá presenciar las mediciones necesarias para extender dicha relación, se le facilitarán por el aparejador los datos correspondientes de la relación valorada, acompañándolos de una nota de envío, al objeto de que, dentro del plazo de 10 días a partir de la fecha del recibo de dicha nota, pueda el contratista examinarlos y devolverlos firmados con su conformidad o hacer, en caso contrario, las observaciones o reclamaciones que considere oportunas.

Dentro de los 10 días siguientes a su recibo, el ingeniero director aceptará o rechazará las reclamaciones del contratista si las hubiere, dando cuenta al mismo de su resolución, pudiendo éste, en el segundo caso, acudir ante el propietario contra la resolución del ingeniero director en la forma referida en los pliegos generales de condiciones facultativas y legales.

Tomando como base la relación valorada indicada en el párrafo anterior, expedirá el ingeniero director la certificación de las obras ejecutadas. De su importe se deducirá el tanto por cien que para la construcción de la fianza se haya preestablecido.

El material acopiado a pie de obra por indicación expresa y por escrito del propietario, podrá certificarse hasta el 90% de su importe, a los precios que figuren en los documentos del proyecto, sin afectarlos del % de contrata.

Las certificaciones se remitirán al propietario, dentro del mes siguiente al período a que se refieren, y tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la liquidación final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere. En el caso de que el ingeniero director lo exigiera, las certificaciones se extenderán al origen.

#### **1.3.5.3 Mejoras de obras libremente ejecutadas.**

Cuando el contratista, incluso con autorización del ingeniero director, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el proyecto o sustituyese una clase de fábrica con otra que tuviese asignado mayor precio o ejecutase con mayores dimensiones cualquiera parte de la obra, o, en general, introdujese en ésta y sin pedírsela, cualquiera otra modificación que sea beneficiosa a juicio del ingeniero

director, no tendrá derecho, sin embargo, más que al abono de lo que pudiera corresponder en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

#### **1.3.5.4 Abono de trabajos presupuestados con partida alzada.**

Salvo lo preceptuado en el pliego de condiciones particulares de índole económica, vigente en la obra, el abono de los trabajos presupuestados en partida alzada, se efectuará de acuerdo con el procedimiento que corresponda entre los que a continuación se expresan:

a) Si existen precios contratados para unidades de obras iguales, las presupuestadas mediante partida alzada, se abonarán previa medición y aplicación del precio establecido.

b) Si existen precios contratados para unidades de obra similares, se establecerán precios contradictorios para las unidades con partida alzada, deducidos de los similares contratados.

c) Si no existen precios contratados para unidades de obra iguales o similares, la partida alzada se abonará íntegramente al contratista, salvo el caso de que en el presupuesto de la obra se exprese que el importe de dicha partida debe justificarse, en cuyo caso el ingeniero director indicará al contratista y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que de seguirse para llevar dicha cuenta, que en realidad será de administración, valorándose los materiales y jornales a los precios que figuren en el presupuesto aprobado o, en su defecto, a los que con anterioridad a la ejecución convengan las dos partes, incrementándose su importe total con el porcentaje que se fije en el pliego de condiciones particulares en concepto de gastos generales y beneficio industrial del contratista.

#### **1.3.5.5 Abono de agotamientos y otros trabajos especiales no contratados.**

Cuando fuese preciso efectuar agotamientos, inyecciones y otra clase de trabajos de cualquiera índole especial y ordinaria, que por no estar contratados no sean de cuenta del contratista, y si no se contratasen con tercera persona, tendrá el contratista la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionen, los cuales le serán abonados por el propietario por separado de la contrata.

Además de reintegrar mensualmente estos gastos al contratista, se le abonará juntamente con ellos el tanto por cien del importe total que, en su caso, se especifique en el pliego de condiciones particulares.

### **1.4 DISPOSICIONES DE ÍNDOLE LEGAL.**

### 1.4.1 RESPONSABILIDAD CIVIL DE LOS AGENTES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE LA EDIFICACIÓN

#### 1.4.1.1 Daños materiales.

Las personas físicas o jurídicas que intervienen en el proceso de la edificación responderán frente a los propietarios y los terceros adquirentes de los edificios o partes de los mismos, en el caso de que sean objeto de división, de los siguientes daños materiales ocasionados en el edificio dentro de los plazos indicados, contados desde la fecha de recepción de la obra, sin reservas o desde la subsanación de éstas:

- a) Durante 10 años, de los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos que afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales, y que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio.
- b) Durante 3 años, de los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos de los elementos constructivos o de las instalaciones que ocasionen el incumplimiento de los requisitos de habitabilidad del artículo 3 de la LOE.

El constructor también responderá de los daños materiales por vicios o defectos de ejecución que afecten a elementos de terminación o acabado de las obras dentro del plazo de 1 año.

#### 1.4.1.2 Responsabilidad civil.

La responsabilidad civil será exigible en forma personal e individualizada, tanto por actos u omisiones de propios, como por actos u omisiones de personas por las que se deba responder.

No obstante, cuando pudiera individualizarse la causa de los daños materiales o quedase debidamente probada la concurrencia de culpas sin que pudiera precisarse el grado de intervención de cada agente en el daño producido, la responsabilidad se exigirá solidariamente. En todo caso, el promotor responderá solidariamente con los demás agentes intervinientes ante los posibles adquirentes de los daños materiales en el edificio ocasionados por vicios o defectos de construcción.

Cuando el proyecto haya sido contratado conjuntamente con más de un proyectista, los mismos responderán solidariamente.



Los proyectistas que contraten los cálculos, estudios, dictámenes o informes de otros profesionales, serán directamente responsables de los daños que puedan derivarse de su insuficiencia, incorrección o inexactitud, sin perjuicio de la repetición que pudieran ejercer contra sus autores.

El constructor responderá directamente de los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos derivados de la impericia, falta de capacidad profesional o técnica, negligencia o incumplimiento de las obligaciones atribuidas al jefe de obra y demás personas físicas o jurídicas que de él dependan.

Cuando el constructor subcontrate con otras personas físicas o jurídicas la ejecución de determinadas partes o instalaciones de la obra, será directamente responsable de los daños materiales por vicios o defectos de su ejecución, sin perjuicio de la repetición a que hubiere lugar.

El director de obra y el director de la ejecución de la obra que suscriban el certificado final de obra serán responsables de la veracidad y exactitud de dicho documento.

Quien acepte la dirección de una obra cuyo proyecto no haya elaborado él mismo, asumirá las responsabilidades derivadas de las omisiones, deficiencias o imperfecciones del proyecto, sin perjuicio de la repetición que pudiere corresponderle frente al proyectista.

Cuando la dirección de obra se contrate de manera conjunta a más de un técnico, los mismos responderán solidariamente sin perjuicio de la distribución que entre ellos corresponda.

Las responsabilidades por daños no serán exigibles a los agentes que intervengan en el proceso de la edificación, si se prueba que aquellos fueron ocasionados por caso fortuito, fuerza mayor, acto de tercero o por el propio perjudicado por el daño.

Las responsabilidades a que se refiere este apartado se entienden sin perjuicio de las que alcanzan al vendedor de los edificios o partes edificadas frente al comprador conforme al contrato de compraventa suscrito entre ellos, a los artículos 1.484 y siguientes del Código Civil y demás legislación aplicable a la compraventa.



## 1.4.2 OBLIGACIONES Y DERECHOS GENERALES DEL CONSTRUCTOR O CONTRATISTA.

### 1.4.2.1 Verificación de los documentos del proyecto.

Antes de dar comienzo a las obras, el constructor consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada, o en caso contrario, solicitará las aclaraciones pertinentes.

### 1.4.2.2 Plan de seguridad y salud.

El constructor, a la vista del proyecto de ejecución conteniendo, en su caso, el estudio de seguridad y salud, presentará el plan de seguridad y salud de la obra a la aprobación del aparejador o arquitecto técnico de la dirección facultativa.

### 1.4.2.3 Proyecto de control de calidad.

El constructor tendrá a su disposición el proyecto de control de calidad, si para la obra fuera necesario, en el que se especificarán las características y requisitos que deberán cumplir los materiales y unidades de obra, y los criterios para la recepción de los materiales, según estén avalados o no por sellos y marcas de calidad; ensayos, análisis y pruebas a realizar, determinación de lotes y otros parámetros definidos en el proyecto por el ingeniero o aparejador de la dirección facultativa.

### 1.4.2.4 Oficina en la obra.

El constructor habilitará en la obra una oficina en la que existirá una mesa o tablero adecuado, en el que puedan extenderse y consultarse los planos. En dicha oficina tendrá siempre el contratista a disposición de la dirección facultativa:

- a) El proyecto de ejecución completo, incluidos los complementos que en su caso redacte el ingeniero.
- b) La licencia de obras.
- c) El libro de órdenes y asistencias.
- d) El plan de seguridad y salud y su libro de incidencias, si hay para la obra.
- e) El proyecto de control de calidad y su libro de registro, si hay para la obra.
- f) El reglamento y ordenanza de seguridad y salud en el trabajo.
- g) La documentación de los seguros suscritos por el constructor.

### 1.4.2.5 Representación del contratista. Jefe de obra.

El constructor viene obligado a comunicar a la propiedad la persona designada como delegado suyo en la obra, que tendrá el carácter de jefe de obra de la misma, con dedicación plena y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas decisiones competan a la contrata.



Cuando la importancia de las obras lo requiera y así se consigne en el pliego de condiciones particulares de índole facultativa, el delegado del contratista será un facultativo de grado superior o grado medio, según los casos.

El pliego de condiciones particulares determinará el personal facultativo o especialista que el constructor se obligue a mantener en la obra como mínimo, y el tiempo de dedicación comprometido.

El incumplimiento de esta obligación o, en general, la falta de cualificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al ingeniero para ordenar la paralización de las obras sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

#### **1.4.2.6 Presencia del constructor en la obra.**

El jefe de obra, por sí o por medio de sus técnicos, o encargados estará presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará al ingeniero o al aparejador o arquitecto técnico, en las visitas que hagan a las obras, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrándoles los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

#### **1.4.2.7 Trabajos no estipulados expresamente.**

Es obligación de la contrata el ejecutar cuando sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente determinado en los documentos de proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el arquitecto dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

En defecto de especificación en el pliego de condiciones particulares, se entenderá que requiere reformado de proyecto con consentimiento expreso de la propiedad, promotor, toda variación que suponga incremento de precios de alguna unidad de obra en más del 20% del total del presupuesto en más de un 10%.



#### **1.4.2.8 Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto.**

El constructor podrá requerir del ingeniero o del aparejador o arquitecto técnico, según sus respectivos cometidos, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los pliegos de condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán precisamente por escrito al constructor, estando éste obligado a su vez a devolver los originales o las copias suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba tanto del aparejador o arquitecto técnico como del ingeniero.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos crea oportuno hacer el constructor, habrá de dirigirla, dentro precisamente del plazo de 3 días, a quién la hubiere dictado, el cual dará al constructor el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

#### **1.4.2.9 Reclamaciones contra las órdenes de la dirección facultativa.**

Las reclamaciones que el contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones dimanadas de la dirección facultativa, sólo podrá presentarlas, a través del ingeniero, ante la propiedad, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los pliegos de condiciones correspondientes.

Contra disposiciones de orden técnico del ingeniero o del aparejador o arquitecto técnico, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al ingeniero, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

#### **1.4.2.10 Recusación por el contratista del personal nombrado por el ingeniero.**

El constructor no podrá recusar a los ingenieros, aparejadores o personal encargado por éstos de la vigilancia de las obras, ni pedir que por



parte de la propiedad se designen otros facultativos para los reconocimientos y mediciones.

Cuando se crea perjudicado por la labor de éstos procederá de acuerdo con lo estipulado en el artículo precedente, pero sin que por esta causa puedan interrumpirse ni perturbarse la marcha de los trabajos.

#### **1.4.2.11 Faltas del personal.**

El ingeniero, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir al contratista para que aparte de la obra a los dependientes u operarios causantes de la perturbación.

#### **1.4.2.12 Subcontratas.**

El contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a otros contratistas e industriales, con sujeción en su caso, a lo estipulado en el pliego de condiciones particulares y sin perjuicio de sus obligaciones como contratista general de la obra.

#### **1.4.3 ACCIDENTES DE TRABAJO Y DAÑOS A TERCEROS**

El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes preceptúan para evitar, en lo posible, accidentes a los obreros o viandantes, no sólo en los andamios, sino en todos los lugares peligrosos de la obra.

De los accidentes o perjuicios de todo género que, por no cumplir el contratista lo legislado sobre la materia, pudieran producirse o sobrevenir, será éste el único responsable, o sus representantes en la obra, ya que se considera que en los precios contratados están incluidos todos los gastos precisos para cumplimentar debidamente dichas disposiciones legales. El contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la edificación donde se efectúen las obras como en las contiguas. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiera lugar, de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de las obras. El contratista cumplirá los requisitos que prescriben las disposiciones vigentes sobre la materia, debiendo exhibir, cuando a ello fuera requerido, el justificante de tal cumplimiento.



## **2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS**

### **2.1 INSTALACIÓN ELÉCTRICA**

Están recogidas las condiciones de las instalaciones eléctricas de baja tensión. Todas estas condiciones estarán regidas según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, RD 842/2002 del 2 de agosto de 2002.

#### **2.1.1 CONDUCTORES**

Los conductores de baja tensión tendrán que seguir las normas UNE correspondientes y la ITC-BT-19 y estarán homologados.

Respecto a la red subterránea de distribución de baja tensión, que va desde el centro de transformación hasta la caja general de protección, seguirán la ITC-BT-07. La red subterránea va proyecto aparte según la empresa suministradora.

Las derivaciones individuales cumplirán lo establecido en la ITC-BT-15, aunque para la elección del tubo iremos a la ITC-BT-14.

Los conductores se meterán en los tubos por sí solos o con ayuda de guías.

Los conductores serán de cobre, aislados con una tensión nominal de 450/750 V para las todas las instalaciones.

Los conductores de protección serán de cobre y tendrán el mismo aislamiento que los conductores activos. Se pueden instalar en las mismas canalizaciones que los activos o independientemente, siguiendo el REBT.

Los conductores estarán identificados mediante el código de colores:

- a) Azul para el conductor neutro.
- b) Marrón, negro y gris para fases.
- c) Amarillo o verde para el conductor de tierra o protección.

#### **2.1.2 CAJAS DE EMPALME, DERIVACIÓN Y TUBOS PROTECTORES.**

Se utilizaran tubos protectores curvables de PVC, estancos, no propagadores de llama y con un grado de protección 7. Los diámetros mínimos están descritos en el apartado de cálculos y según la ITC-BT-21. Los tubos tendrán un revestimiento mínimo de 1 cm de material de obra, formaran una canalización continua desde caja a caja y desde estas a los mecanismos.

Las cajas se colocaran de tal forma que queden enrasadas con la superficie exterior de revestimiento de la pared o del techo.

Las cajas y los tubos no se instalaran con los conductores dentro de ellos. Las cajas estarán constituidas por materiales aislantes de PVC con un

grado de protección mínimo de 3, la capacidad será adecuada al número de conductores que irán en dicha caja. La profundidad será un 50 % superior a la del diámetro el tubo, con un mínimo de 40 mm de profundidad y 80 mm de lado. En las instalaciones de superficies se usaran cajas con un grado de protección IP347.

Se usaran regletas de conexión para los empalmes de los conductores, estos se harán dentro de las cajas de derivación.

Las cajas de derivación serán de plástico resistente o metálicas, en este caso estarían protegidas contra la oxidación.

### 2.1.3 ROZAS PARA LA INSTALACIÓN DE TUBOS, CAJAS DE DERIVACIÓN Y MECANISMOS.

A los interruptores le corresponderá una altura de entre 1,10 y 1.30 m desde el suelo, y una distancia de entre 15 y 20 cm de las puertas.

Para las tomas de corriente habrá una distancia al suelo de 20 a 30 cm.

Para la realización de rozas se seguirán caminos verticales y horizontales.

### 2.1.4 CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN Y MEDIDA

Se instalaran sobre las fachadas exteriores, en un lugar de libre y permanente acceso. Se fijara su instalación donde la propiedad y la empresa suministradora asignen.

Si la acometida fuera subterránea se instalaría en un nicho en la pared, cerrándose con una puerta preferentemente metálica con un grado de protección IK 10 según UNE-EN 50.102, revestida con las características del entorno, protegida contra la corrosión, disponiendo de una cerradura o candado normalizado por la empresa suministradora.

La parte inferior de la puerta estará como mínimo a 30 cm del suelo.

Se procurara que el lugar de colocación este lo más próxima posible a la red de distribución publica y que quede protegida contra otras instalaciones como la de agua, teléfono, gas... según la ITC-BT-06 y la ITC-BT-07.

### 2.1.5 CUADROS ELÉCTRICOS

Los cuadros eléctricos estarán aislados y serán no propagadores de llama. Disponen como mínimo de un interruptor de corte omnipolar con un poder de corte como mínimo de 4,5 KA y de dispositivos de protección contra cortocircuitos y sobrecarga así como de protección diferencial necesarios, también interruptores de control de potencia en el interior, propiedad de la compañía suministradora.

El cuadro de mando y protección estará situado lo más cerca posible de la derivación individual, su altura será de 1,5 a 1,8 m respecto al suelo. Los

interruptores diferenciales de sensibilidad elevada (30 mA de corriente de defecto máxima).

Se instalara un interruptor diferencial por cada circuito.

Los elementos interiores estarán cableados siguiendo un orden estipulado mediante materiales homologados y según REBT.

#### 2.1.6 APARATOS DE MANDO

Son interruptores y conmutadores de mando y maniobra que pueden cortar la corriente máxima en un circuito sin dar lugar a la formación del arco permanente.

Los aparatos estarán homologados y en ellos no se podrán producir temperaturas superiores a los 65°C. Todos los aparatos estarán compuestos de materiales aislantes y con una carga mínima de 10.000 maniobras de apertura y cierre en carga nominal.

Los elementos tendrán información de su intensidad nominal y estarán probados a tensión de 1 kV.

#### 2.1.7 APARATOS DE PROTECCIÓN

Son los disyuntores eléctricos, fusibles e interruptores diferenciales.

Los disyuntores serán de tipo magnetotérmico, de accionamiento manual y cortaran la corriente máxima del circuito en el que estén emplazados sin dar lugar a la formación del arco eléctrico.

La protección térmica actuara a temperaturas superiores de 65°C. Todos los elementos constaran de indicadores de intensidad y tensión nominal así como el signo que indica la conexión y desconexión. Los interruptores serán de corte omnipolar y de alta sensibilidad.

Los fusibles de protección de los circuitos secundarios estarán calibrados a la intensidad del circuito a la que protegen.

#### 2.1.8 INTERRUPTORES

Se instalaran interruptores unipolares o bipolares según la línea sobre la que actué. Se interrumpirá siempre el conductor de fase y nunca el neutro. Se colocaran verticalmente.

#### 2.1.9 TOMAS DE CORRIENTE

Las tomas de corriente instaladas estarán homologadas, dispondrán de bornes de conexión de puesta a tierra, su intensidad variara según el receptor (se establece en el apartado de cálculos) teniendo que poder soportar un régimen permanente la intensidad nominal establecida por el fabricante.



Las tomas de corriente para usos generales se instalarán a 20 o 30 cm respecto al suelo.

#### 2.1.10 RECEPTORES

Se cumplirá todas las normas y características correspondientes a: ITC-BT-18, ITC-BT-19, ITC-BT-26, ITC-BT-27, ITC-BT-43, ITC-BT-44, ITC-BT-46, ITC-BT-47, ITC-BT-48 y ITC-BT 49.

#### 2.1.11 ALUMBRADO

Para el alumbrado, se tendrán en consideración las normas de la ITC-BT-44.

#### 2.1.12 TOMAS DE TIERRA.

En la presente instalación se establecerá una toma de tierra de protección, de acuerdo con la ITC BT 26, siguiéndose para ello el siguiente sistema:

- Se instalará en el fondo de las zanjas de cimentación de los edificios, y antes de empezar ésta, un cable rígido de cobre desnudo de una sección mínima según lo indicado en la ITC, formando un anillo cerrado que interese a todo el perímetro del edificio. A este anillo deberá conectarse electrodos verticalmente hincados en el terreno cuando se prevea la necesidad de disminuir la resistencia de tierra que pueda presentar el conductor de puesta a tierra en anillo.

Cuando se trate de construcciones que comprendan varios edificios próximos, se procurará unir entre sí los anillos que forman la toma de tierra de cada uno de ellos, con objeto de formar una malla de la mayor extensión posible.

##### **2.1.12.1 Elementos a conectar a tierra.**

A la toma de tierra establecida se conectará todo el sistema de tuberías metálicas accesibles, destinadas a la conducción, distribución y desagüe de agua o gas del edificio; toda masa metálica importante existente en la zona de la instalación, y las masas metálicas accesibles de los aparatos receptores, cuando su clase de aislamiento o condiciones de instalación así lo exijan.

A esta misma toma de tierra deberán conectarse, para su puesta a tierra, los depósitos de fuel-oil, calefacción general, antenas de radio y televisión, y, eventualmente, el conductor neutro.

##### **2.1.12.2 Puntos de puesta a tierra.**

Los puntos de puesta a tierra se situarán:

- En los patios y locales destinados a instalaciones y en los cuadros eléctricos etc.



- En el local o lugar de la centralización de contadores, si la hubiere.
- En la base de las estructuras metálicas de los ascensores y montacargas, si los hubiere.
- En el punto de ubicación del cuadro general de protección.
- En cualquier local donde se prevea la instalación de elementos destinados a servicios generales o especiales, y que por su clase de aislamiento o condiciones de instalación, deban ponerse a tierra.

## **2.2 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

### **2.2.1 OBRA CIVIL**

Se efectuará la excavación con arreglo a las dimensiones y características del centro y hasta la cota necesaria indicada en el Proyecto. La carga y transporte a vertedero de las tierras sobrantes será por cuenta del Contratista.

### **2.2.2 PRESCRIPCIONES SOBRE EDIFICIOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN.**

Los edificios de este tipo tendrán que amoldarse a las especificaciones de la compañía suministradora y cumplir los siguientes puntos:

- Se preverán, en lugares apropiados del edificio, orificios para el paso del interior al exterior de los cables destinados a la toma de tierra, y cables de B.T. y M.T. Los orificios estarán inclinados y desembocarán hacia el exterior a una profundidad de 0,40 m del suelo como mínimo.
- También se preverán los agujeros de empotramiento para herrajes del equipo eléctrico y el emplazamiento de los carriles de rodamiento de los transformadores. Asimismo se tendrán en cuenta los pozos de aceite, sus conductos de drenaje, las tuberías para conductores de tierra, registros para las tomas de tierra y canales para los cables A.T. y B.T. En los lugares de paso, estos canales estarán cubiertos por losas amovibles.
- Los muros prefabricados de hormigón podrán estar constituidos por paneles convenientemente ensamblados, o bien formando un conjunto con la cubierta y la solera, de forma que se impida totalmente el riesgo de filtraciones.
- La cubierta estará debidamente impermeabilizada de forma que no quede comprometida su estanquidad, ni haya riesgo de filtraciones. Su cara interior podrá quedar como resulte después del desencofrado. No se efectuará en ella ningún empotramiento que comprometa su estanquidad.
- El acabado exterior del centro será normalmente liso y preparado para ser recubierto por pinturas de la debida calidad y del color que mejor se adapte al medio ambiente. Cualquier otra terminación: canto rodado, recubrimientos especiales, etc., podrá ser aceptada. Las puertas y recuadros metálicos estarán protegidos contra la oxidación.

- La cubierta estará calculada para soportar la sobrecarga que corresponda a su destino, para lo cual se tendrá en cuenta lo que al respecto fija la Norma UNE-EN 61330.
- Las puertas de acceso al centro de transformación desde el exterior cumplirán íntegramente lo que al respecto fija la Norma UNE-EN 61330. En cualquier caso, serán incombustibles, suficientemente rígidas y abrirán hacia afuera de forma que puedan abatirse sobre el muro de fachada.

De acuerdo con la Recomendación UNESA 1303-A, el edificio prefabricado estará construido de tal manera que, una vez instalado, su interior sea una superficie equipotencial. Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial, estarán unidas entre sí mediante soldaduras eléctricas. Las conexiones entre varillas metálicas pertenecientes a diferentes elementos, se efectuarán de forma que se consiga la equipotencialidad entre éstos.

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial podrá ser accesible desde el exterior del edificio, excepto las piezas que, insertadas en el hormigón, estén destinadas a la manipulación de las paredes y de la cubierta, siempre que estén situadas en las partes superiores de éstas.

Cada pieza de las que constituyen el edificio deberán disponer de dos puntos metálicos, lo más separados entre sí, y fácilmente accesibles, para poder comprobar la continuidad eléctrica de la armadura. La continuidad eléctrica podrá conseguirse mediante los elementos mecánicos del ensamblaje.

### 2.2.3 VENTILACIÓN

Los locales estarán provistos de ventilación para evitar la condensación y, cuando proceda, refrigerar los transformadores.

Normalmente se recurrirá a la ventilación natural, aunque en casos excepcionales podrá utilizarse también la ventilación forzada.

Cuando se trate de ubicaciones de superficie, se empleará una o varias tomas de aire del exterior, situadas a 0,20 m. del suelo como mínimo, y en la parte opuesta una o varias salidas, situadas lo más altas posible.

En ningún caso las aberturas darán sobre locales a temperatura elevada o que contengan polvo perjudicial, vapores corrosivos, líquidos, gases, vapores o polvos inflamables.

Todas las aberturas de ventilación estarán dispuestas y protegidas de tal forma que se garantice un grado de protección mínimo de personas contra el acceso a zonas peligrosas, contra la entrada de objetos sólidos extraños y contra la entrada del agua IP23D, según Norma UNE-EN 61330.



#### 2.2.4 APARAMENTA DE A.T.

Las celdas empleadas serán prefabricadas, con envolvente metálica y tipo "modular". De esta forma, en caso de avería, será posible retirar únicamente la celda afectada.

Utilizarán el hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ) como elemento de corte y extinción ya que es más seguro que el aire. El aislamiento integral en  $\text{SF}_6$  confiere a la aparamenta sus características de resistencia al medio ambiente, bien sea a la polución del aire, a la humedad, o incluso a la eventual sumersión del centro de transformación por efecto de riadas. Por ello, esta característica es esencial especialmente en las zonas con alta polución, en las zonas con clima agresivo (costas marítimas y zonas húmedas) y en las zonas más expuestas a riadas o entrada de agua en el centro.

Las celdas empleadas deberán permitir la extensibilidad in situ del centro de transformación, de forma que sea posible añadir más líneas o cualquier otro tipo de función, sin necesidad de cambiar la aparamenta previamente existente en el centro.

Las celdas podrán incorporar protecciones del tipo autoalimentado, es decir, que no necesitan imperativamente alimentación. Igualmente, estas protecciones serán electrónicas, dotadas de curvas CEI normalizadas (bien sean normalmente inversas, muy inversas o extremadamente inversas), y entrada para disparo por termostato sin necesidad de alimentación auxiliar.

Los cables se conectarán desde la parte frontal de las cabinas. Los accionamientos manuales irán reagrupados en el frontal de la celda a una altura ergonómica a fin de facilitar la explotación.

El interruptor y el seccionador de puesta a tierra será un único aparato, de tres posiciones (cerrado, abierto y puesto a tierra), asegurando así la imposibilidad de cierre simultáneo del interruptor y seccionador de puesta a tierra.

La posición de seccionador abierto y seccionador de puesta a tierra cerrado serán visibles directamente a través de mirillas, a fin de conseguir una máxima seguridad de explotación en cuanto a la protección de personas se refiere.

Las características generales de las celdas son las siguientes, en función de la tensión nominal ( $U_n$ ):

Un menos o igual a 20 kV

- Tensión asignada: 24 kV

- Tensión soportada a frecuencia industrial durante 1 minuto:

- A tierra y entre fases: 50 kV



- A la distancia de seccionamiento: 60 kV.
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo (valor de cresta):
  - A tierra y entre fases: 125 kV
  - A la distancia de seccionamiento: 145 kV.

Un entre 20 y 30 kV incluido.

- Tensión asignada: 36 kV
- Tensión soportada a frecuencia industrial durante 1 minuto:
  - A tierra y entre fases: 70 kV
  - A la distancia de seccionamiento: 80 kV.
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo (valor de cresta):
  - A tierra y entre fases: 170 kV
  - A la distancia de seccionamiento: 195 kV.

#### 2.2.5 TRANSFORMADORES

El transformador o transformadores serán trifásicos, con neutro accesible en el secundario, refrigeración natural, en baño de aceite preferiblemente, con regulación de tensión primaria mediante conmutador.

Estos transformadores se instalarán, en caso de incluir un líquido refrigerante, sobre una plataforma ubicada encima de un foso de recogida, de forma que en caso de que se derrame e incendie, el fuego quede confinado en la celda del transformador, sin difundirse por los pasos de cables ni otras aberturas al resto del centro.

Los transformadores, para mejor ventilación, estarán situados en la zona de flujo natural de aire, de forma que la entrada de aire esté situada en la parte inferior de las paredes adyacentes al mismo, y las salidas de aire en la zona superior de esas paredes.

#### 2.2.6 EQUIPOS DE MEDIDA

Cuando el centro de transformación sea tipo "abonado", se instalará un equipo de medida compuesto por transformadores de medida, ubicados en una celda de medida de A.T., y un equipo de contadores de energía activa y reactiva, ubicado en el armario de contadores, así como de sus correspondientes elementos de conexión, instalación y precintado.

Los transformadores de medida deberán tener las dimensiones adecuadas de forma que se puedan instalar en la celda de A.T. guardando las distancias correspondientes a su aislamiento. Por ello será preferible que sean suministrados por el propio fabricante de las celdas, ya instalados en

ellas. En el caso de que los transformadores no sean suministrados por el fabricante de las celdas se le deberá hacer la consulta sobre el modelo exacto de transformadores que se van a instalar, a fin de tener la garantía de que las distancias de aislamiento, pletinas de interconexión, etc. serán las correctas.

Los contadores de energía activa y reactiva estarán homologados por el organismo competente.

Los cables de los circuitos secundarios de medida estarán constituidos por conductores unipolares, de cobre de 1 kV de tensión nominal, del tipo no propagador de la llama, de polietileno reticulado o etileno-propileno, de 4 mm<sup>2</sup> de sección para el circuito de intensidad y para el neutro y de 2,5 mm<sup>2</sup> para el circuito de tensión. Estos cables irán instalados bajo tubos de acero (uno por circuito) de 36 mm de diámetro interior, cuyo recorrido será visible o registrable y lo más corto posible.

La tierra de los secundarios de los transformadores de tensión y de intensidad se llevarán directamente de cada transformador al punto de unión con la tierra para medida y de aquí se llevará, en un solo hilo, a la regleta de verificación.

La tierra de medida estará unida a la tierra del neutro de Baja Tensión constituyendo la tierra de servicio, que será independiente de la tierra de protección.

En general, para todo lo referente al montaje del equipo de medida, precintabilidad, grado de protección, etc. se tendrán en cuenta lo indicado a tal efecto en la normativa de la compañía suministradora.

#### 2.2.7 ACOMETIDAS SUBTERRÁNEAS

Los cables de alimentación subterránea entrarán en el centro, alcanzando la celda que corresponda, por un canal o tubo. Las secciones de estos canales y tubos permitirán la colocación de los cables con la mayor facilidad posible. Los tubos serán de superficie interna lisa, siendo su diámetro 1,6 veces el diámetro del cable como mínimo, y preferentemente de 15 cm. La disposición de los canales y tubos será tal que los radios de curvatura a que deban someterse los cables serán como mínimo igual a 10 veces su diámetro, con un mínimo de 0,60 m.

Después de colocados los cables se obstruirá el orificio de paso por un tapón al que, para evitar la entrada de roedores, se incorporarán materiales duros que no dañen el cable.

En el exterior del centro los cables estarán directamente enterrados, excepto si atraviesan otros locales, en cuyo caso se colocarán en tubos o canales. Se tomarán las medidas necesarias para asegurar en todo momento la protección mecánica de los cables, y su fácil identificación.



Los conductores de alta tensión y baja tensión estarán constituidos por cables unipolares de aluminio con aislamiento seco termoestable, y un nivel de aislamiento acorde a la tensión de servicio.

#### 2.2.8. PUESTAS A TIERRA

Las puestas a tierra se realizarán en la forma indicada en el proyecto, debiendo cumplirse estrictamente lo referente a separación de circuitos, forma de constitución y valores deseados para las puestas a tierra.

Las condiciones de los circuitos de puesta a tierra serán las siguientes:

- No se unirán al circuito de puesta a tierra las puertas de acceso y ventanas metálicas de ventilación del CT.

- La conexión del neutro a su toma se efectuará, siempre que sea posible, antes del dispositivo de seccionamiento B.T.

- En ninguno de los circuitos de puesta a tierra se colocarán elementos de seccionamiento.

- Cada circuito de puesta a tierra llevará un borne para la medida de la resistencia de tierra, situado en un punto fácilmente accesible.

- Los circuitos de tierra se establecerán de manera que se eviten los deterioros debidos a acciones mecánicas, químicas o de otra índole.

- La conexión del conductor de tierra con la toma de tierra se efectuará de manera que no haya peligro de aflojarse o soltarse.

- Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea continua, en la que no podrán incluirse en serie las masas del centro. Siempre la conexión de las masas se efectuará por derivación.

- Los conductores de tierra enterrados serán de cobre, y su sección nunca será inferior a 50 mm<sup>2</sup>.

- Cuando la alimentación a un centro se efectúe por medio de cables subterráneos provistos de cubiertas metálicas, se asegurará la continuidad de éstas por medio de un conductor de cobre lo más corto posible, de sección no inferior a 50 mm<sup>2</sup>. La cubierta metálica se unirá al circuito de puesta a tierra de las masas.

- La continuidad eléctrica entre un punto cualquiera de la masa y el conductor de puesta a tierra, en el punto de penetración en el suelo, satisfará la condición de que la resistencia eléctrica correspondiente sea inferior a 0,4 ohmios.

## 2.3 INSTALACIÓN A.C.S.

### 2.3.1 PRESCRIPCIONES GENERALES

En general, a las instalaciones recogidas bajo este documento le son de aplicación el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), y sus Instrucciones Técnicas (IT), junto con la serie de normas UNE sobre referentes a energía solar térmica, así como lo dispuesto en el Código Técnico de la Edificación (CTE) sobre energía solar térmica.

En cualquier caso, si se aprecian posibles discrepancias entre este PCT y lo dispuesto en el RITE o CTE, o bien estos resultaran más restrictivos que aquél en cualquier punto específico, siempre prevalecerán sobre las condiciones técnicas expuestas en el PCT.

Este Pliego de Condiciones Técnicas (PCT) es de aplicación para instalaciones con captadores cuyo coeficiente global de pérdidas sea inferior o igual a  $9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{A}^\circ\text{C})$ .

A efectos de requisitos mínimos, se consideran las siguientes clases de instalaciones:

- Sistemas solares de calentamiento prefabricados son lotes de productos con una marca registrada, que son vendidos como equipos completos y listos para instalar, con configuraciones fijas. Los sistemas de esta categoría se consideran como un solo producto y se evalúan en un laboratorio de ensayo como un todo.
- Si un sistema es modificado cambiando su configuración o cambiando uno o más de sus componentes, el sistema modificado se considera como un nuevo sistema, para el cual es necesario una nueva evaluación en el laboratorio de ensayo.
- Sistemas solares de calentamiento a medida o por elementos son aquellos sistemas construidos de forma única o montados eligiéndolos de una lista de componentes. Los sistemas de esta categoría son considerados como un conjunto de componentes. Los componentes se ensayan de forma separada y los resultados de los ensayos se integran en una evaluación del sistema completo. Los sistemas solares de calentamiento a medida se subdividen en dos categorías:
  - o Sistemas grandes a medida, que son diseñados únicamente para una situación específica. En general son diseñados por ingenieros, fabricantes y otros expertos.
  - o Sistemas pequeños a medida, que son ofrecidos por una Compañía y descritos en el así llamado archivo de clasificación, en el cual se especifican todos los componentes y posibles

configuraciones de los sistemas fabricados por la Compañía. Cada posible combinación de una configuración del sistema con componentes de la clasificación se considera un solo sistema a medida.

## 2.3.2 REQUISITOS SOBRE PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN

### 2.3.2.1 Fluido de trabajo

Como fluido de trabajo en el circuito primario se utilizará agua de la red, o agua desmineralizada, o agua con aditivos, según las características climatológicas del lugar y del agua utilizada. Los aditivos más usuales son los anticongelantes, aunque en ocasiones se puedan utilizar aditivos anticorrosivos.

La utilización de otros fluidos térmicos requerirá incluir su composición y calor específico en la documentación del sistema y la certificación favorable de un laboratorio acreditado.

En cualquier caso el pH a 20 °C del fluido de trabajo estará comprendido entre 5 y 9, y el contenido en sales se ajustará a los señalados en los puntos siguientes:

- a. La salinidad del agua del circuito primario no excederá de 500 mg/l totales de sales solubles. En el caso de no disponer de este valor se tomará el de conductividad como variable limitante, no sobrepasando los 650  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
- b. El contenido en sales de calcio no excederá de 200 mg/l. expresados como contenido en carbonato cálcico. c) El límite de dióxido de carbono libre contenido en el agua no excederá de 50 mg/l.

Fuera de estos valores, el agua deberá ser tratada.

El diseño de los circuitos evitará cualquier tipo de mezcla de los distintos fluidos que pueden operar en la instalación. En particular, se prestará especial atención a una eventual contaminación del agua potable por el fluido del circuito primario.

### 2.3.2.2 Protección contra heladas

El fabricante, instalador o diseñador del sistema deberá fijar la mínima temperatura permitida en el sistema. Todas las partes del sistema que estén expuestas al exterior deberán ser capaces de soportar la temperatura especificada sin daños permanentes en el sistema.

Cualquier componente que vaya a ser instalado en el interior de un recinto donde la temperatura pueda caer por debajo de los 0 °C, deberá estar protegido contra heladas.

El fabricante deberá describir el método de protección anti-heladas usado por el sistema. A los efectos de este documento, como sistemas de protección anti-heladas podrán utilizarse:

1. Mezclas anticongelantes.
2. Recirculación de agua de los circuitos.
3. Drenaje automático con recuperación de fluido.
4. Drenaje al exterior (sólo para sistemas solares prefabricados).

#### Mezclas anticongelantes

Como anticongelantes podrán utilizarse los productos, solos o mezclados con agua, que cumplan la reglamentación vigente y cuyo punto de congelación sea inferior a 0°C teniendo en cuenta la localización de la instalación. En todo caso, su calor específico no será inferior a 3 kJ/(kgAK), equivalentes a 0,7 kcal/(kgA°C), medido a una temperatura 5°C menor que la mínima histórica registrada.

Se deberán tomar precauciones para prevenir posibles deterioros del fluido anticongelante como resultado de condiciones altas de temperatura. Estas precauciones deberán de ser comprobadas de acuerdo con UNE-EN 12976-2.

La instalación dispondrá de los sistemas necesarios para facilitar el llenado de la misma y para asegurar que el anticongelante está perfectamente mezclado.

En cualquier caso, el sistema de llenado no permitirá las pérdidas de concentración producidas por fugas del circuito y resueltas con reposición de agua de red.

#### **2.3.2.3 Protección contra sobrecalentamientos**

El sistema deberá estar diseñado de tal forma que con altas radiaciones solares prolongadas sin consumo de agua caliente, no se produzcan situaciones en las cuales el usuario tenga que realizar alguna acción especial para llevar al sistema a su normal funcionamiento.

Cuando el sistema disponga de la posibilidad de drenajes como protección ante sobrecalentamientos, la construcción deberá realizarse de tal forma que el agua caliente o vapor del drenaje no supongan ningún peligro para las personas y no se produzcan daños en el sistema, ni en ningún otro material en el edificio.

Cuando las aguas sean duras se realizarán las previsiones necesarias para que la temperatura de trabajo de cualquier punto del circuito de consumo no sea superior a 60°C, sin perjuicio de la aplicación de los



requerimientos necesarios contra la legionella. En cualquier caso, se dispondrán los medios necesarios para facilitar la limpieza de los circuitos.

#### **2.3.2.4 Protección contra quemaduras**

En sistemas donde la temperatura de agua caliente en los puntos de consumo pueda exceder de 60 °C deberá ser instalado un sistema que limite la temperatura de suministro a 60°C, aunque en la parte solar pueda alcanzar una temperatura superior para sufragar las pérdidas. Este sistema deberá ser capaz de soportar la máxima temperatura posible de extracción del sistema solar.

#### **2.3.2.5 Resistencia a presión**

Se deberán cumplir los requisitos de la norma UNE-EN 12976-1.

En caso de sistemas de consumo abiertos con conexión a la red, se tendrá en cuenta la máxima presión de la misma para verificar que todos los componentes del circuito de consumo soportan dicha presión.

#### **2.3.2.6 Prevención de flujo inverso**

La instalación del sistema deberá asegurar que no se produzcan pérdidas energéticas relevantes debidas a flujos inversos no intencionados en ningún circuito hidráulico del sistema.

La circulación natural que produce el flujo inverso se puede favorecer cuando el acumulador se encuentra por debajo del captador, por lo que habrá que tomar, en esos casos, las precauciones oportunas para evitarlo.

En sistemas con circulación forzada se aconseja utilizar una válvula anti-retorno para evitar flujos inversos.

#### **2.3.2.7 Prevención de la legionelosis**

Se deberá cumplir, cuando sea de aplicación, el Real Decreto 865/2003, por lo que la temperatura del agua en el circuito de distribución de agua caliente no deberá ser inferior a 50°C en el punto más alejado y previo a la mezcla necesaria para la protección contra quemaduras o en la tubería de retorno al acumulador. La instalación permitirá que el agua alcance una temperatura de 70°C. En consecuencia, no se admite la presencia de componentes de acero galvanizado.

### **2.3.1 COMPONENTES**

#### **2.3.1.1 Prescripciones generales**

Los materiales utilizados deben soportar las máximas temperaturas y presiones que puedan alcanzarse en la zona en la que se ubicará la instalación.

Todos los componentes y materiales cumplirán lo dispuesto en el Reglamento de Aparatos a Presión, que les sea de aplicación.

Cuando sea imprescindible utilizar en el mismo circuito materiales diferentes, especialmente cobre y acero, en ningún caso estarán en contacto, debiendo situar entre ambos juntas o manguitos dieléctricos.

En todos los casos es aconsejable prever la protección catódica del acero.

Los materiales situados en al aire libre se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

Se debe tener particular precaución en la protección de equipos y materiales que pueden estar expuestos a agentes exteriores especialmente agresivos producidos por procesos industriales cercanos.

#### **2.3.1.2 Captadores solares**

Si se utilizan captadores convencionales de absorbedor metálico, ha de tenerse en cuenta que el cobre solamente es admisible si el pH del fluido en contacto con él está comprendido entre 7,2 y 7,6.

La pérdida de carga del captador para un caudal de 1 l/min por m<sup>2</sup> será inferior a 1 m.c.a.

El captador llevará, preferentemente, un orificio de ventilación, de diámetro no inferior a 4 mm, situado en la parte inferior de forma que puedan eliminarse acumulaciones de agua en el captador. El orificio se realizará de manera que el agua pueda drenarse en su totalidad sin afectar al aislamiento.

Cuando se utilicen captadores con absorbedores de aluminio, obligatoriamente se utilizarán fluidos de trabajo con un tratamiento inhibidor de los iones de cobre y hierro.

#### **2.3.1.3 Acumuladores**

Cuando el acumulador lleve incorporada una superficie de intercambio térmico entre el fluido primario y el agua sanitaria, en forma de serpentín o camisa de doble envolvente, se denominará interacumulador.

Cuando el intercambiador esté incorporado al acumulador, la placa de identificación indicará además, los siguientes datos:

- Superficie de intercambio térmico en m<sup>2</sup>.
- Presión máxima de trabajo del circuito primario.

Cada acumulador vendrá equipado de fábrica de los necesarios manguitos de acoplamiento, soldados antes del tratamiento de protección, para las siguientes funciones:



- Manguitos roscados para la entrada de agua fría y la salida de agua caliente.
- Registro embridado para inspección del interior del acumulador y eventual acoplamiento del serpentín.
- Manguitos roscados para la entrada y salida del fluido primario.
- Manguitos roscados para accesorios como termómetro y termostato.
- Manguito para el vaciado.

Los acumuladores vendrán equipados de fábrica con las bocas necesarias soldadas antes de efectuar el tratamiento de protección interior.

El acumulador estará enteramente recubierto con material aislante, y es recomendable disponer una protección mecánica en chapa pintada al horno, PRFV, o lámina de material plástico.

Todos los acumuladores irán equipados con la protección catódica o anticorrosiva establecida por el fabricante para garantizar su durabilidad.

Todos los acumuladores se protegerán, como mínimo, con los dispositivos indicados en el punto 5 de la Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP-11 del Reglamento de Aparatos a Presión (Orden 11764 de 31 de mayo de 1985 - BOE número 148 de 21 de junio de 1985).

La utilización de acumuladores de hormigón requerirá la presentación de un proyecto firmado por un técnico competente.

Al objeto de estas especificaciones, podrán utilizarse acumuladores de las características y tratamiento descritos a continuación:

- Acumuladores de acero vitrificado.
- Acumuladores de acero con tratamiento epoxídico.
- Acumuladores de acero inoxidable, adecuados al tipo de agua y temperatura de trabajo.
- Acumuladores de cobre.
- Acumuladores no metálicos que soporten la temperatura máxima del circuito, cumplan las normas UNE que le sean de aplicación y esté autorizada su utilización por las Compañías de suministro de agua potable.
- Acumuladores de acero negro (sólo en circuitos cerrados, sin agua de consumo)

#### **2.3.1.4 Intercambiadores de calor**

Se indicará el fabricante y modelo del intercambiador de calor, así como datos de sus características de actuación medidos por el propio fabricante o por un laboratorio acreditado.

El intercambiador seleccionado resistirá la presión máxima de trabajo de la instalación. En particular se prestará especial atención a los

intercambiadores que, como en el caso de los depósitos de doble pared, presentan grandes superficies expuestas por un lado a la presión y por otro, a la atmósfera, o bien, a fluidos a mayor presión.

En ningún caso se utilizarán interacumuladores con envolvente que dificulten la convección natural en el interior del acumulador.

Los tubos de los intercambiadores de calor tipo serpentín sumergido en el depósito tendrán diámetros interiores inferiores o iguales a una pulgada, para instalaciones por circulación forzada. En instalaciones por termosifón, tendrán un diámetro mínimo de una pulgada.

Cualquier intercambiador de calor existente entre el circuito de captadores y el sistema de suministro al consumo no debería reducir la eficiencia del captador debido a un incremento en la temperatura de funcionamiento de captadores en más de lo que los siguientes criterios especifican:

- Cuando la ganancia solar del captador haya llegado al valor máximo posible, la reducción de la eficiencia del captador debido al intercambiador de calor no debería exceder el 10 % (en valor absoluto).
- Si se instala más de un intercambiador de calor, también este valor debería de no ser excedido por la suma de las reducciones debidas a cada intercambiador. El criterio se aplica también si existe en el sistema un intercambiador de calor en la parte de consumo.
- Si en una instalación a medida sólo se usa un intercambiador entre el circuito de captadores y el acumulador, la transferencia de calor del intercambiador de calor por unidad de área de captador no debería ser menor de 40 W/(KAm<sup>2</sup>).

#### **2.3.1.5 Bombas de circulación**

Las bombas podrán ser del tipo en línea, de rotor seco o húmedo, o de bancada. En circuitos de agua caliente para usos sanitarios, los materiales de la bomba serán resistentes a la corrosión.

Los materiales de la bomba del circuito primario serán compatibles con las mezclas anticongelantes y en general con el fluido de trabajo utilizado. Las bombas serán resistentes a las averías producidas por efecto de las incrustaciones calizas.

Las bombas serán resistentes a la presión máxima del circuito. La bomba se elegirá de forma que el caudal y la pérdida de carga de diseño se encuentren dentro de la zona de rendimiento óptimo especificado por el fabricante.



Cuando todas las conexiones son en paralelo, el caudal nominal será el igual al caudal unitario de diseño multiplicado por la superficie total de captadores conectados en paralelo. La presión de la bomba deberá compensar todas las pérdidas de carga del circuito correspondiente.

La potencia eléctrica de la bomba no deberá ser mayor de:

- 50 W o 2 % de la mayor potencia calorífica que pueda suministrar el grupo de captadores en sistemas pequeños.
- 1 % de la mayor potencia calorífica que pueda suministrar el grupo de captadores en sistemas grandes.

#### **2.3.1.6 Tuberías**

En las tuberías del circuito primario podrán utilizarse como materiales el cobre y el acero inoxidable, con uniones roscadas, soldadas o embreadas.

En el circuito secundario podrá utilizarse cobre y acero inoxidable. Además, podrán utilizarse materiales plásticos que soporten la temperatura máxima del circuito, cumplan las normas UNE que le sean de aplicación y esté autorizada su utilización por las Compañías de suministro de agua potable.

No se utilizarán tuberías de acero negro para circuitos de agua sanitaria.

Cuando se utilice aluminio en tuberías o accesorios, la velocidad del fluido será inferior a 1,5 m/s y su pH estará comprendido entre 5 y 7. No se permitirá el uso de aluminio en sistemas abiertos o sistemas sin protección catódica.

Cuando se utilice acero en tuberías o accesorios, la velocidad del fluido será inferior a 3 m/s en sistemas cerrados y el pH del fluido de trabajo estará comprendido entre 5 y 9.

El diámetro de las tuberías se seleccionará de forma que la velocidad de circulación del fluido sea inferior a 2 m/s cuando la tubería discurra por locales habitados y a 3 m/s cuando el trazado sea al exterior o por locales no habitados.

El dimensionado de las tuberías se realizará de forma que la pérdida de carga unitaria en tuberías nunca sea superior a 40 mm.c.a.

Las pérdidas térmicas globales del conjunto de conducciones no superarán el 4% de la potencia máxima que transporten.

Todas las redes de tuberías deben diseñarse de tal manera que puedan vaciarse de forma parcial y total, a través de un elemento que tenga un diámetro nominal mínimo de 20 mm.

### **2.3.1.7 Aislamientos**

El espesor mínimo del aislamiento de acumuladores será el que corresponda a las tuberías de más de 140 mm de diámetro.

El espesor del aislamiento del cambiador de calor no será inferior a 30 mm.

Los espesores de aislamiento (expresados en mm) de tuberías y accesorios situados al interior no serán inferiores a los valores de la siguiente figura especificados por el RITE:

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 < D$	35	40	50

Para tuberías y accesorios situados al exterior, los valores de la figura se incrementarán en 10 mm como mínimo.

Cuando el material aislante de tubería y accesorios sea de fibra de vidrio, deberá cubrirse con una protección no inferior a la proporcionada por un recubrimiento de venda y escayola. En los tramos que discurran por el exterior será terminada con pintura asfáltica u otra protección de características equivalentes.

El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes.

Para la protección del material aislante situado en intemperie se podrá utilizar una cubierta o revestimiento de escayola protegido con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o chapa de aluminio. En el caso de depósitos o cambiadores de calor situados en intemperie, podrán utilizarse forros de telas plásticas.

### **2.3.1.8 Sistema eléctrico y de control**

El sistema eléctrico y de control cumplirá con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) en todos aquellos puntos que sean de aplicación. Los cuadros serán diseñados siguiendo los requisitos de estas especificaciones y se construirán de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).



El usuario estará protegido contra posibles contactos directos e indirectos.

El sistema de control incluirá señalizaciones luminosas de la alimentación del sistema del funcionamiento de bombas.

El rango de temperatura ambiente de funcionamiento del sistema de control estará, como mínimo, entre  $-10^{\circ}\text{C}$  y  $50^{\circ}\text{C}$ .

El tiempo mínimo entre fallos especificados por el fabricante del sistema de control diferencial no será inferior a 7000 horas.

Los sensores de temperaturas soportarán las máximas temperaturas previstas en el lugar en que se ubiquen. Deberán soportar sin alteraciones de más de  $1^{\circ}\text{C}$ , las siguientes temperaturas en función de la aplicación:

- A.C.S. y calefacción por suelo radiante y “fan-coil”:  $100^{\circ}\text{C}$
- Refrigeración/calefacción:  $140^{\circ}\text{C}$
- Usos industriales: en función de la temperatura de uso

La localización e instalación de los sensores de temperatura deberá asegurar un buen contacto térmico con la parte en la cual hay que medir la misma. Para conseguirlo en el caso de las de inmersión, se instalarán en contracorriente con el fluido. Los sensores de temperatura deberán estar aislados contra la influencia de las condiciones ambientales que le rodean.

La ubicación de las sondas ha de realizarse de forma que éstas midan exactamente las temperaturas que se desean controlar, instalándose los sensores en el interior de vainas y evitándose las tuberías separadas de la salida de los captadores y las zonas de estancamiento en los depósitos. No se permite el uso permanente de termómetros o sondas de contacto.

Preferentemente, las sondas serán de inmersión. Se tendrá especial cuidado en asegurar una adecuada unión entre las sondas de contactos y la superficie metálica.



# 3. PLANOS





## ÍNDICE DE PLANOS

1. PLANO DE SITUACIÓN
2. ALZADO, PERFIL LATERAL IZQUIERDO, ALZADO POSTERIOR Y PLANTA
3. PLANTA BAJA
4. PRIMERA PLANTA
5. ILUMINACIÓN PLANTA BAJA
6. ILUMINACIÓN PRIMERA PLANTA
7. TOMAS DE CORRIENTE Y CUADROS PLANTA BAJA
8. TOMAS DE CORRIENTE Y CUADROS PRIMERA PLANTA
9. UNIFILAR 1
10. UNIFILAR 2
11. UNIFILAR 3
12. UNIFILAR 4
13. UNIFILAR 5
14. UNIFILAR 6
15. UNIFILAR 7
16. UNIFILAR 8
17. UNIFILAR 9
18. UNIFILAR 10
19. UNIFILAR 11



**Colegio Nuestra Señora del Socorro**



**TITULO PROYECTO:**

# **INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN POLIDEPORTIVO**

**PLANO:**

## **PLANO DE SITUACIÓN**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**FECHA:**  
**30/09/2017**

**N° PLANO:**  
**1**

**PROMOTOR:**

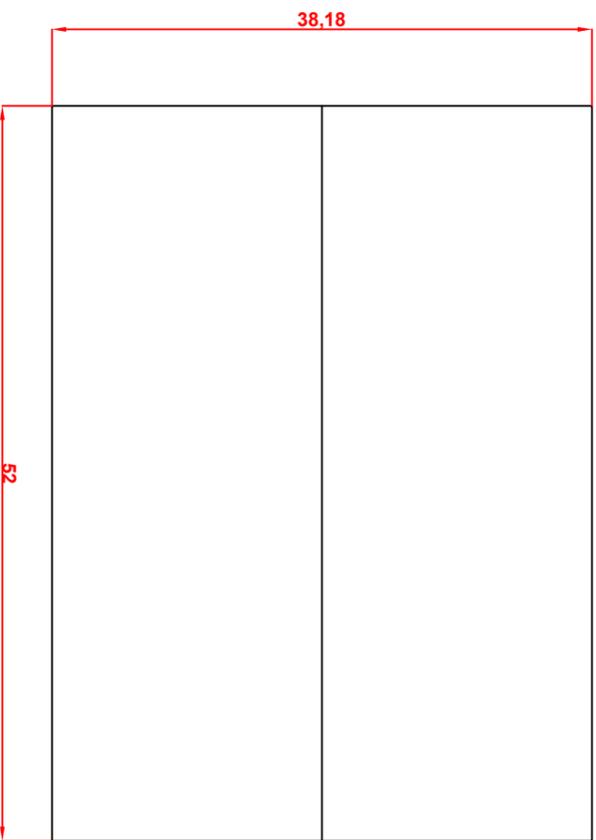
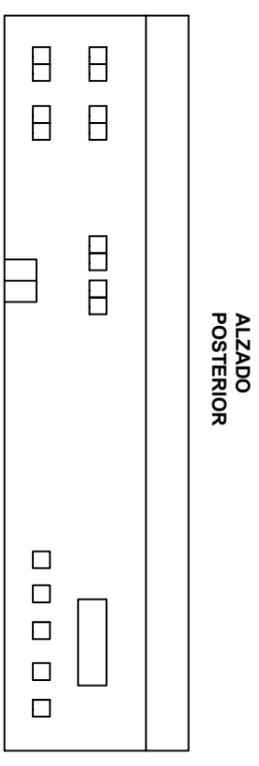
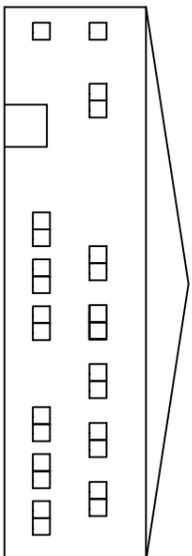
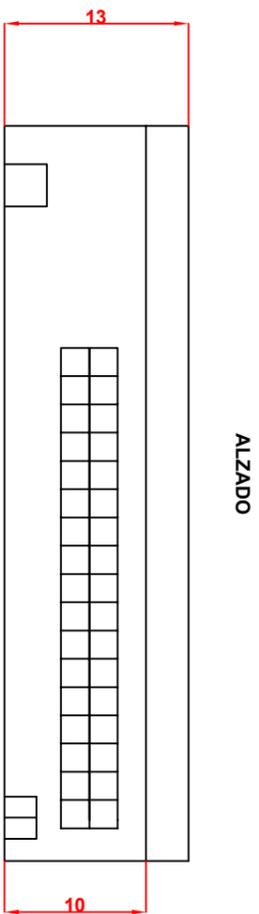
 **UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCALA:**  
**S/E**

**FIRMA:**  
EL ALUMNO:

Grado en Ingeniería Eléctrica

Fdo: Diego Conde Feroso



TÍTULO PROYECTO:

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN POLIDEPORTIVO**

PLANO:

**ALZADO, PERFIL LATERAL IZQUIERDO, ALZADO POSTERIOR Y PLANTA**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

FECHA:

**30/09/2017**

Nº PLANO:

**2**

ESCALA:

**1:500**

FIRMA:  
EL ALUMNO:

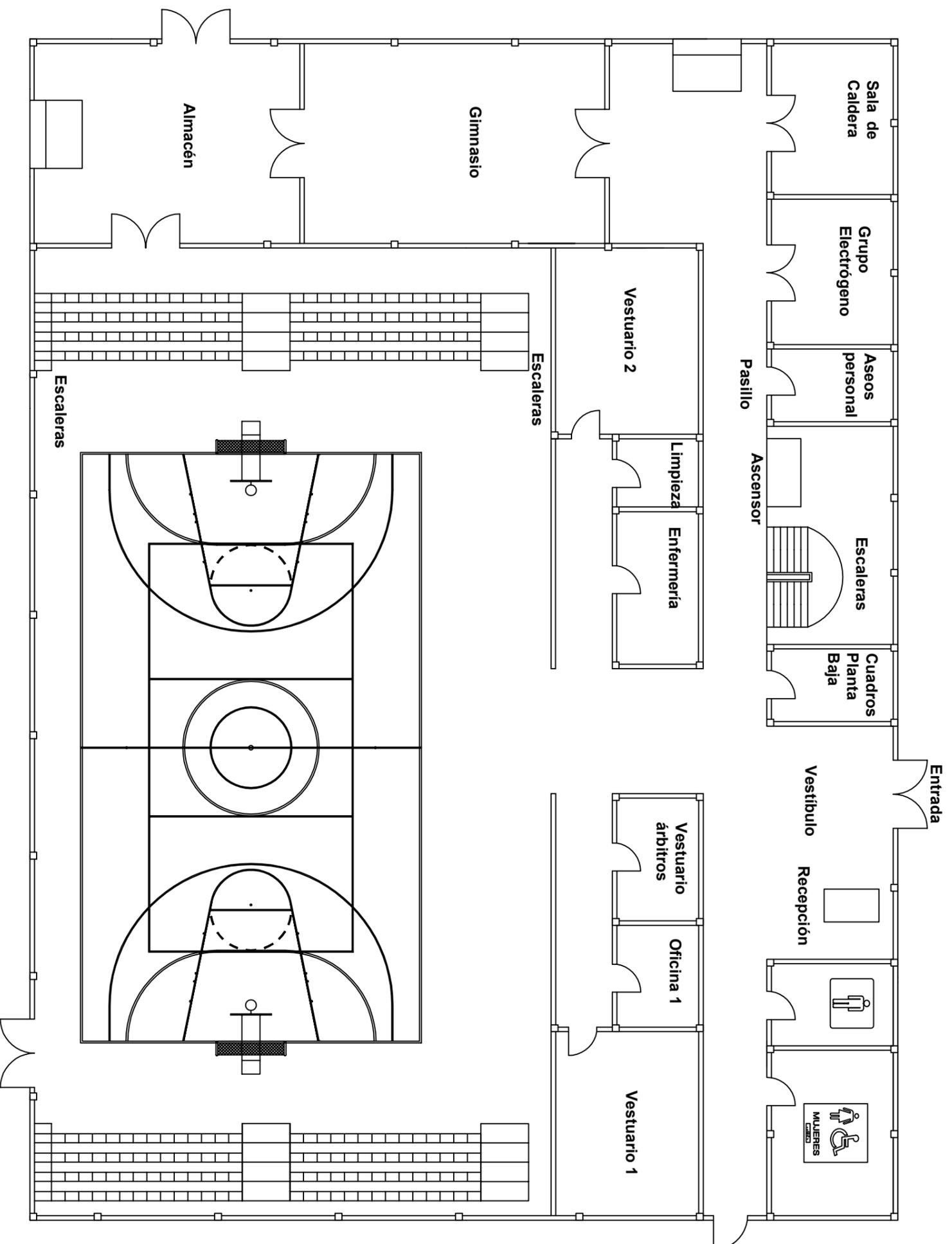
PROMOTOR:

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

Grado en Ingeniería Eléctrica

Fdo: Diego Conde Fermoso





**TITULO PROYECTO:**

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN POLIDEPORTIVO**

**PLANO:**

**PLANTA BAJA**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**FECHA:**

**30/09/2017**

**Nº PLANO:**

**3**

**PROMOTOR:**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCALA:**

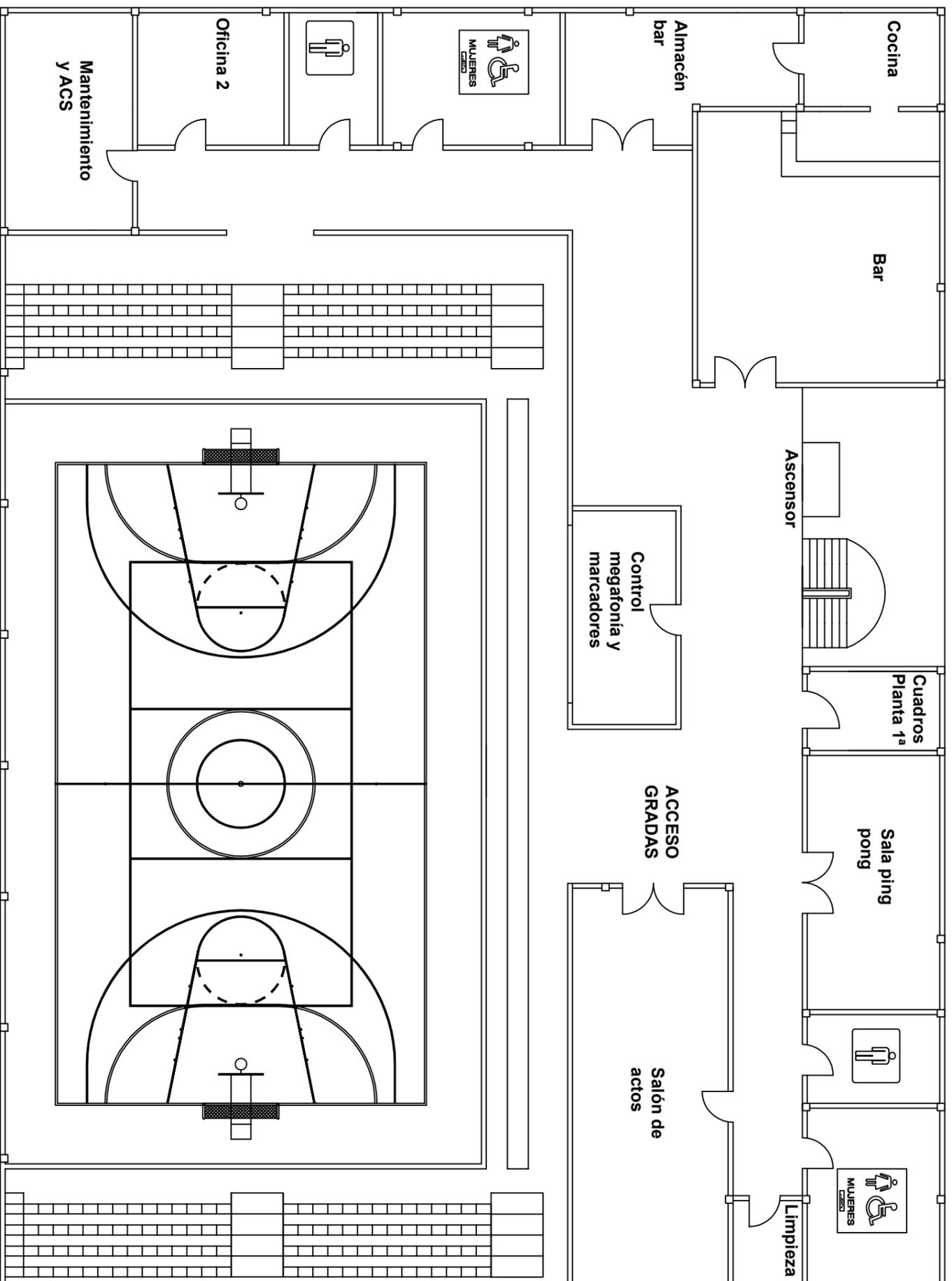
**1:200**

**FIRMA:**

**EL ALUMNO:**

Grado en Ingeniería Eléctrica

Fdo: Diego Conde Fermoso



**TÍTULO PROYECTO:**

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN POLIDEPORTIVO**

**PLANO:**

**PRIMERA PLANTA**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**FECHA:**  
**30/09/2017**

**Nº PLANO:**

**4**

**PROMOTOR:**

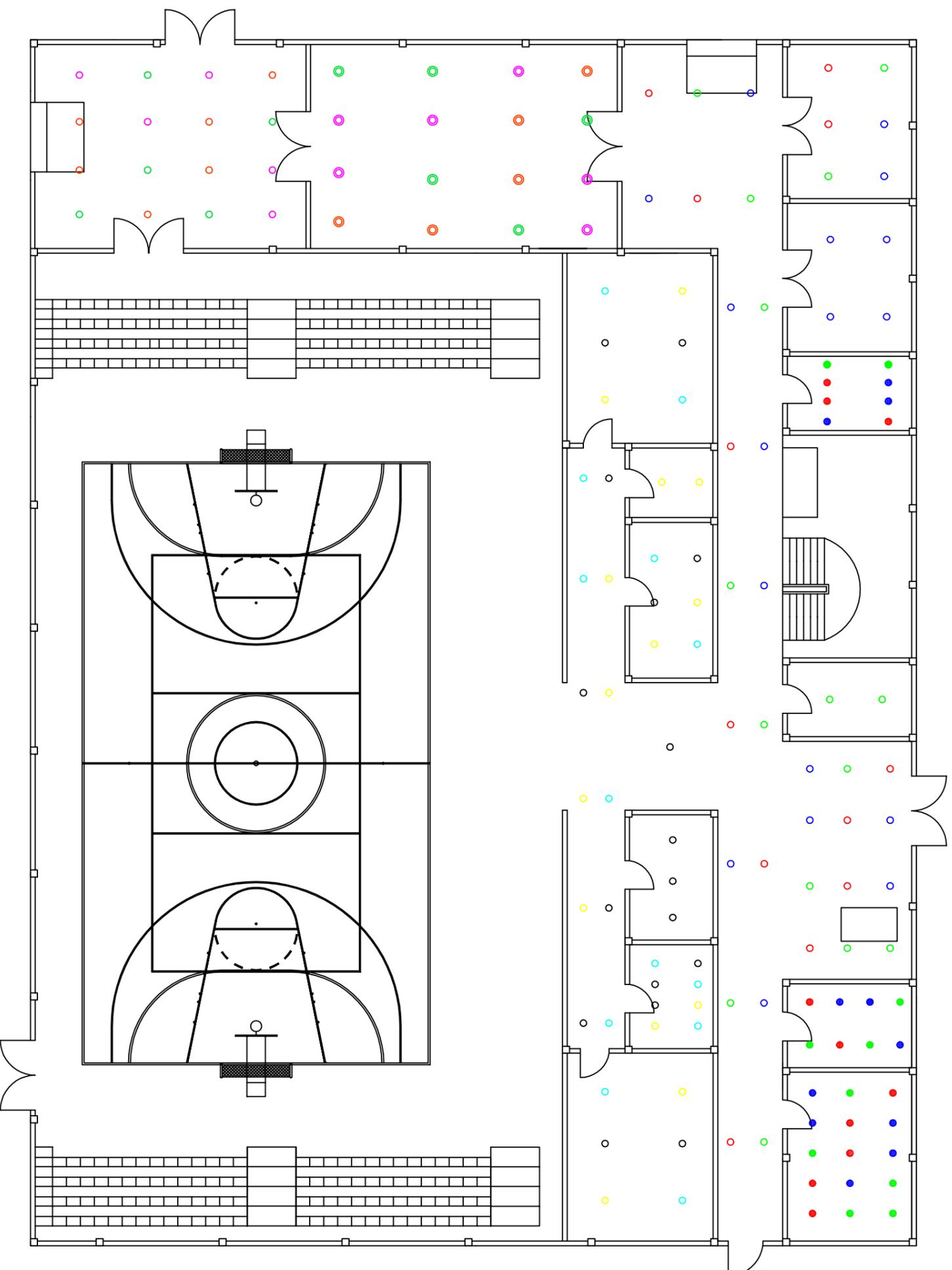
**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCALA:**  
**1:200**

**FIRMA:**  
**EL ALUMNO:**

Grado en Ingeniería Eléctrica

Fdo: Diego Conde Fermoso



**LEYENDA**

- -Proyector LED Philips BY471P
- ⊙ - Proyector LED Philips BPK561
- - Downlight LED Philips BBG390
- -Downlight LED Philips DN131B D217

- ALUM.PB.Z1.1
- ALUM.PB.Z1.2
- ALUM.PB.Z1.3
- ALUM.PB.Z2.4
- ALUM.PB.Z2.5
- ALUM.PB.Z2.6
- ALUM.PB.Z3.7
- ALUM.PB.Z3.8
- ALUM.PB.Z3.9

**TITULO PROYECTO:**

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN POLIDEPORTIVO**

**PLANO:**

**ILUMINACIÓN PLANTA BAJA**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**FECHA:**

**30/09/2017**

**Nº PLANO:**

**5**

**PROMOTOR:**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCALA:**

**1:200**

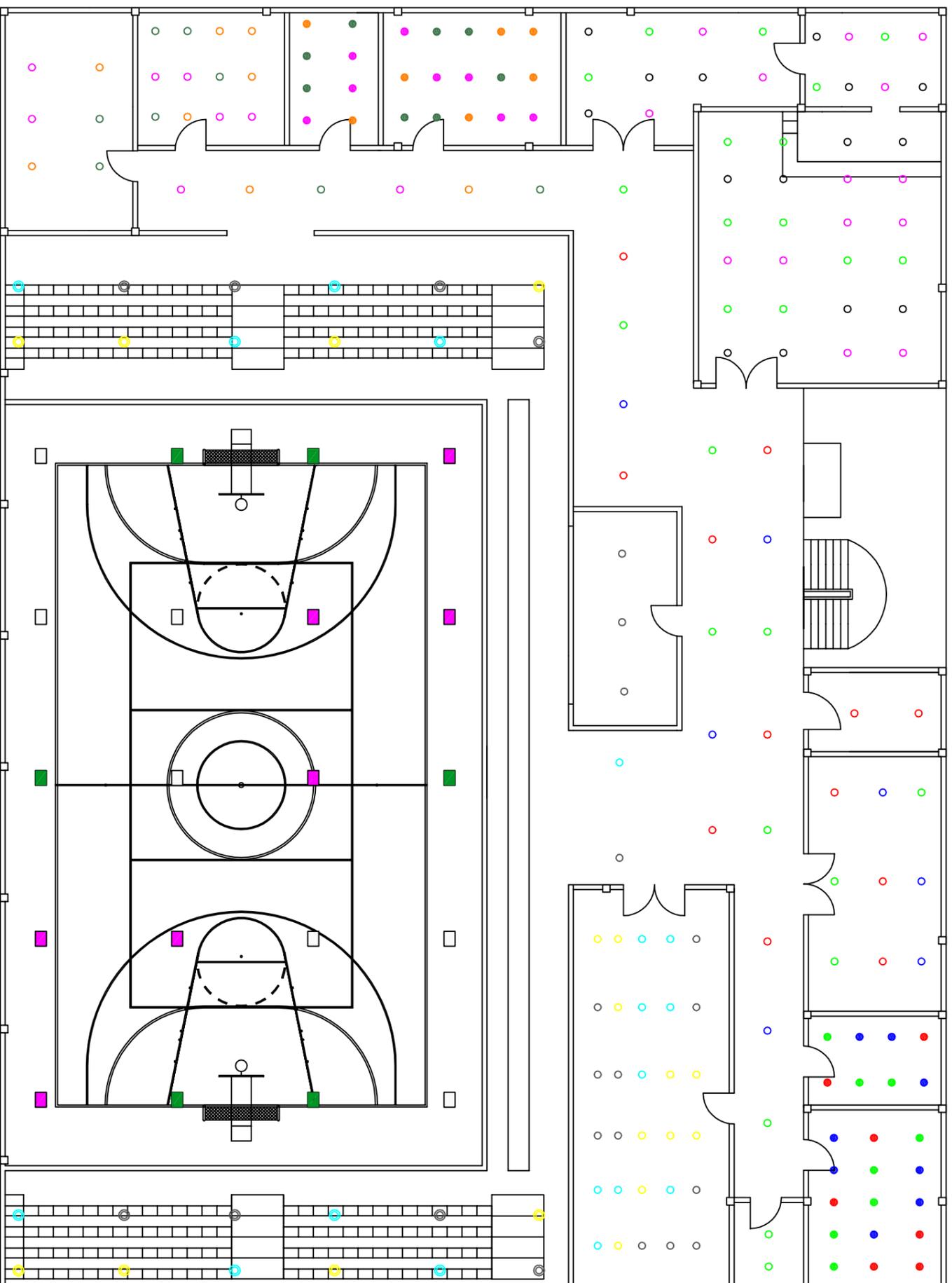
**FIRMA:**

**EL ALUMNO:**

Grado en Ingeniería Eléctrica

Fdo: Diego Conde Fermoso





**LEYENDA**

- -Proyector LED Philips BY471P
- ⊙ - Proyector LED Philips BPG561
- - Downlight LED Philips BBG390
- -Downlight LED Philips DN131B D217

- ALUM.P1.Z1.10
- ALUM.P1.Z1.11
- ALUM.P1.Z1.12
- ALUM.P1.Z2.13
- ALUM.P1.Z2.14
- ALUM.P1.Z2.15
- ALUM.P1.Z3.16
- ALUM.P1.Z3.17
- ALUM.P1.Z3.18
- ALUM.BAR.19
- ALUM.BAR.20
- ALUM.BAR.21
- ALUM.CANCHA1
- ALUM.CANCHA2
- ALUM.CANCHA3

**TITULO PROYECTO:**

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN POLIDEPORTIVO**

**PLANO:**

**ILUMINACIÓN PRIMERA PLANTA**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**FECHA:**

**30/09/2017**

**Nº PLANO:**

**6**

**ESCALA:**

**1:200**

**FIRMA:**

EL ALUMNO:

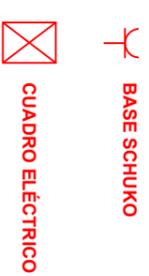
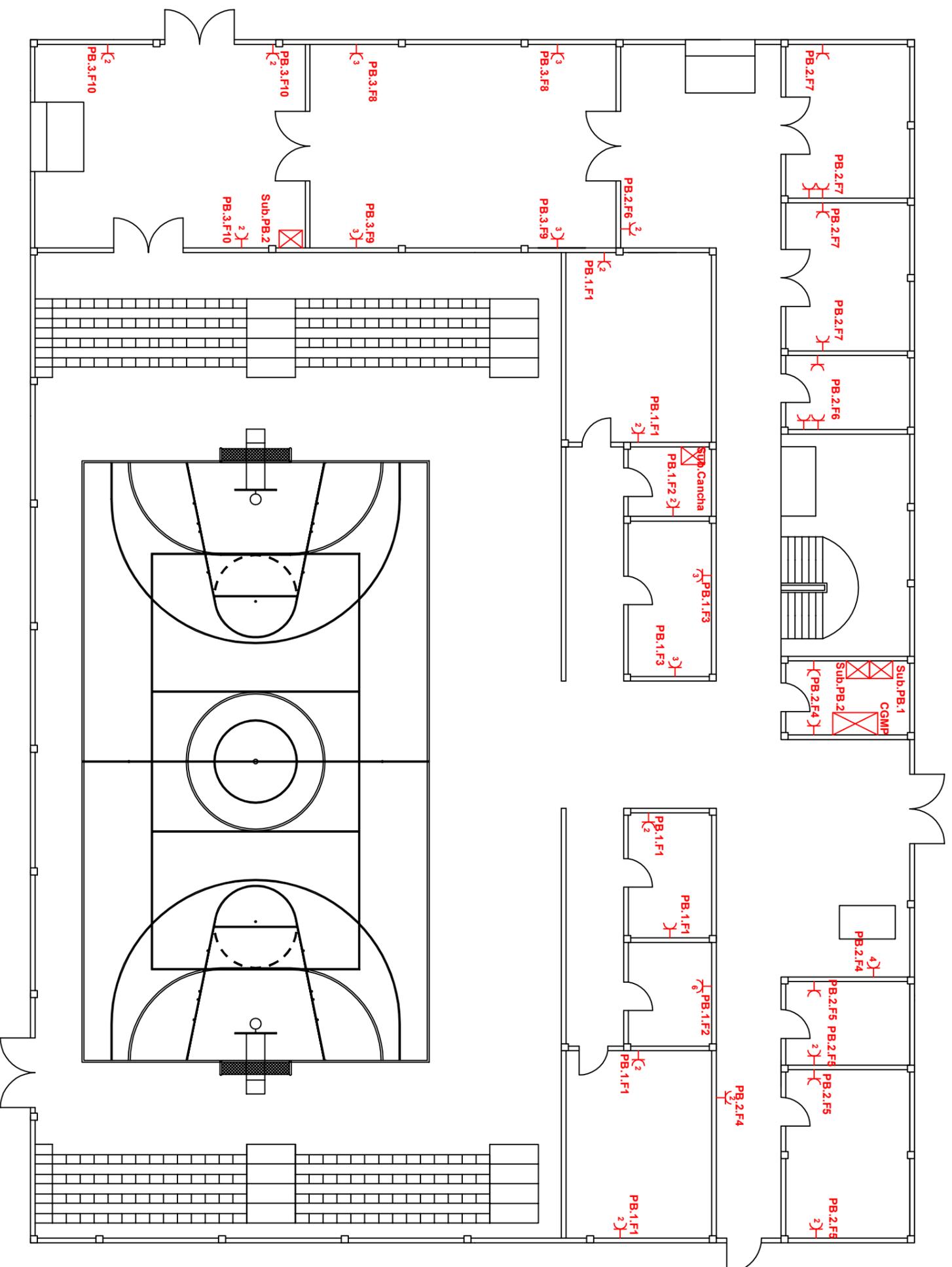
**PROMOTOR:**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**



Grado en Ingeniería Eléctrica

Fdo: Diego Conde Fermoso



TÍTULO PROYECTO:

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN POLIDEPORTIVO**

PLANO: **TOMAS DE CORRIENTE Y CUADROS PLANTA BAJA**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

PROMOTOR:

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

FECHA:

**30/09/2017**

Nº PLANO:

**7**

ESCALA:

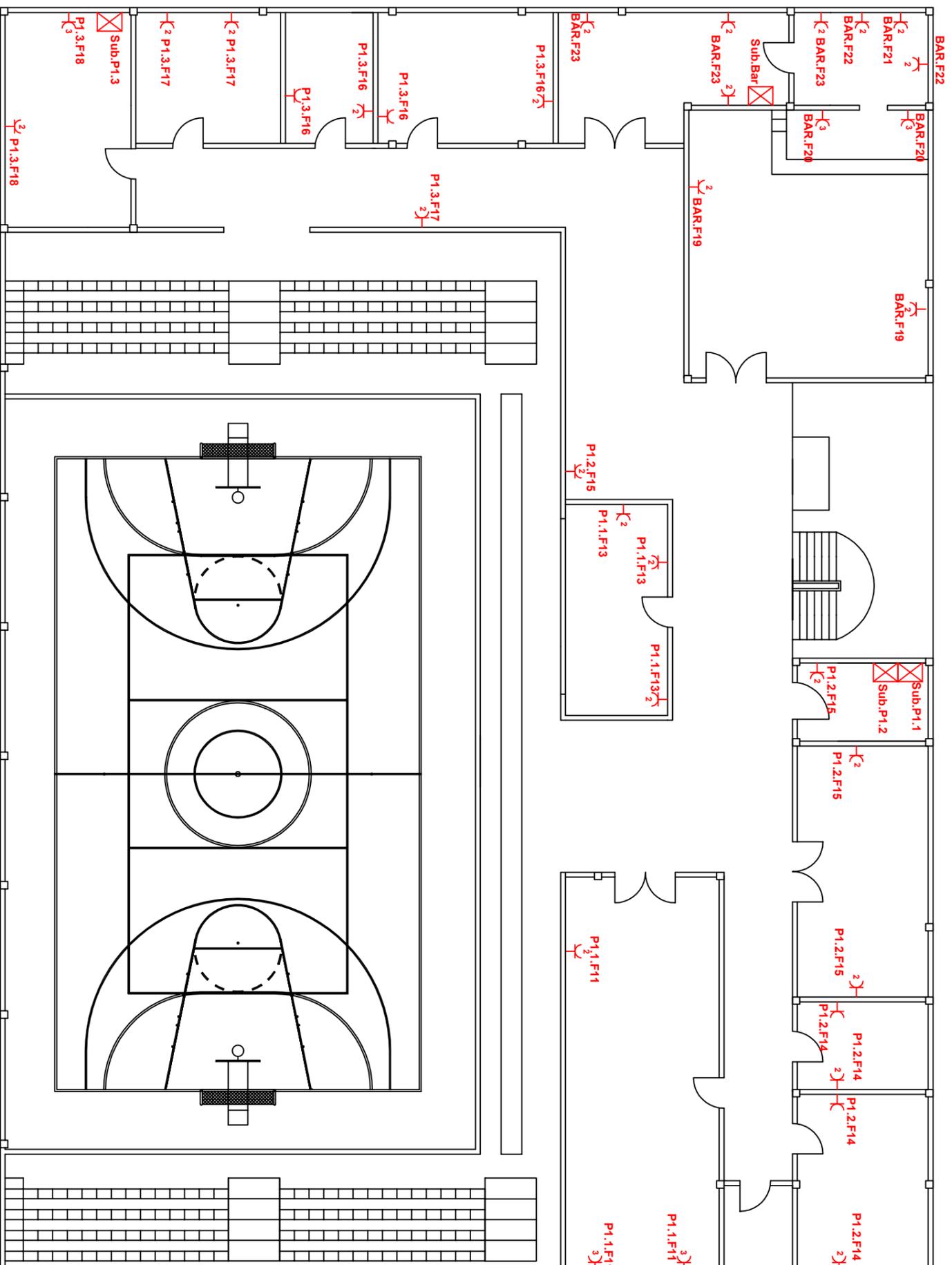
**1:200**

FIRMA:

EL ALUMNO:

Grado en Ingeniería Eléctrica

Fdo: Diego Conde Fermoso



TÍTULO PROYECTO:

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN POLIDEPORTIVO**

PLANO: **TOMAS DE CORRIENTE Y CUADROS PRIMERA PLANTA**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

FECHA:

**30/09/2017**

Nº PLANO:

**8**

PROMOTOR:

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

ESCALA:

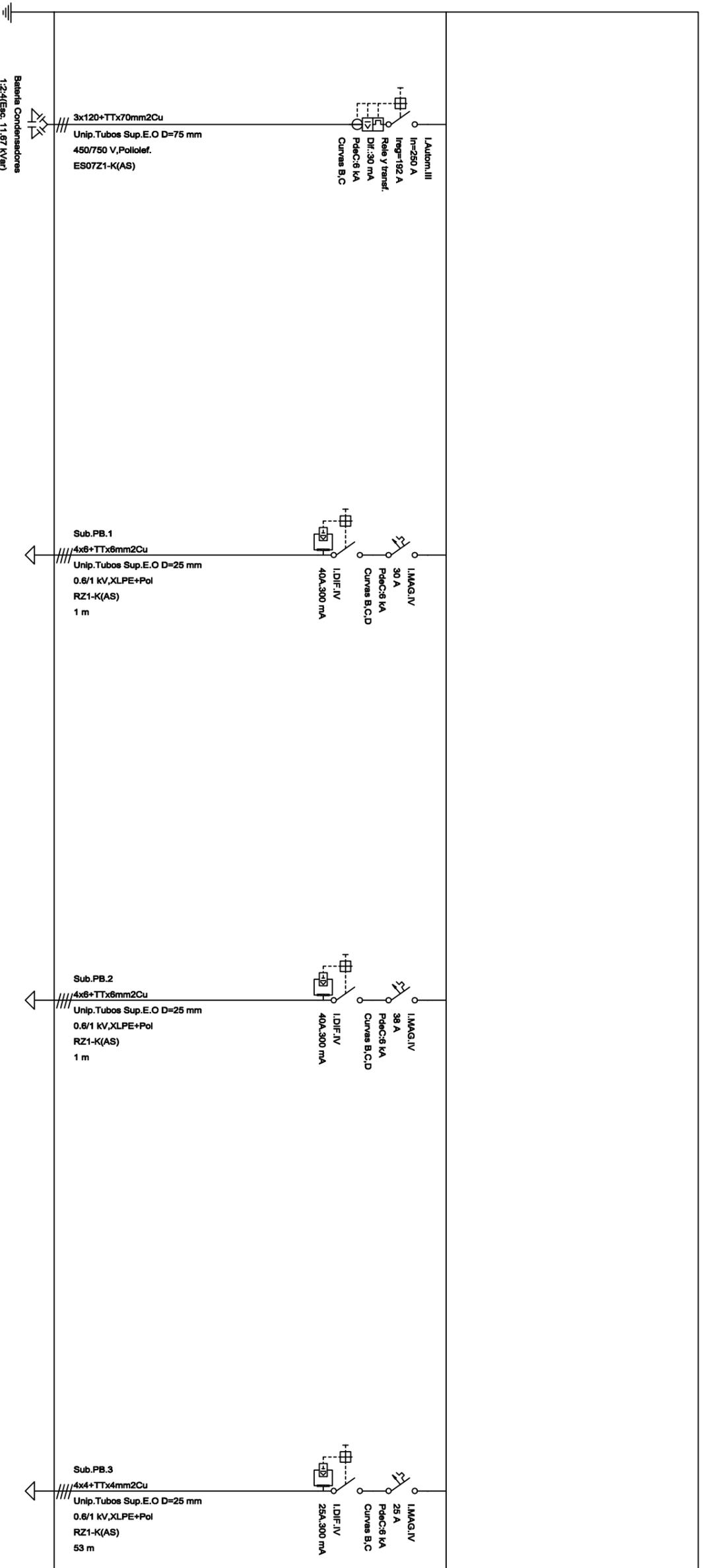
**1:200**

FIRMA:

EL ALUMNO:

Grado en Ingeniería Eléctrica

Fdo: Diego Conde Fermoso



**TITULO PROYECTO:**  
**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN POLIDEPORTIVO**

**PLANO:**  
**UNIFILAR 1**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**PROMOTOR:**

 **UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**Nº PLANO:**

**FECHA:**  
**30/09/2017**

**9**

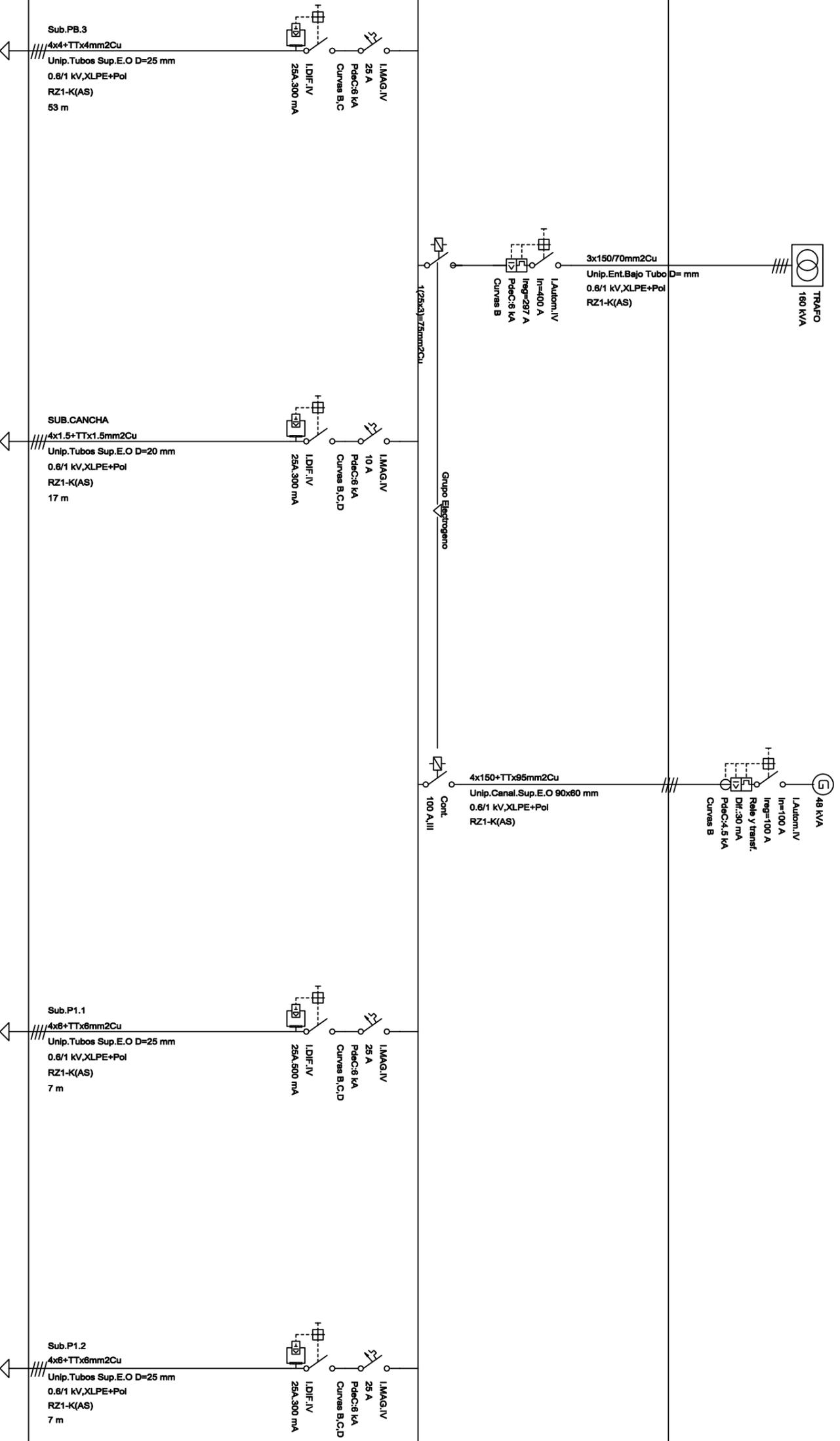
**ESCALA:**

**S/E**

**FIRMA:**  
 EL ALUMNO:

Grado en Ingeniería Eléctrica

Fdo: Diego Conde Fermoso



**TITULO PROYECTO:**  
**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN POLIDEPORTIVO**

**PLANO:**  
**UNIFILAR 2**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**PROMOTOR:**  
**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**FECHA:**  
**30/09/2017**

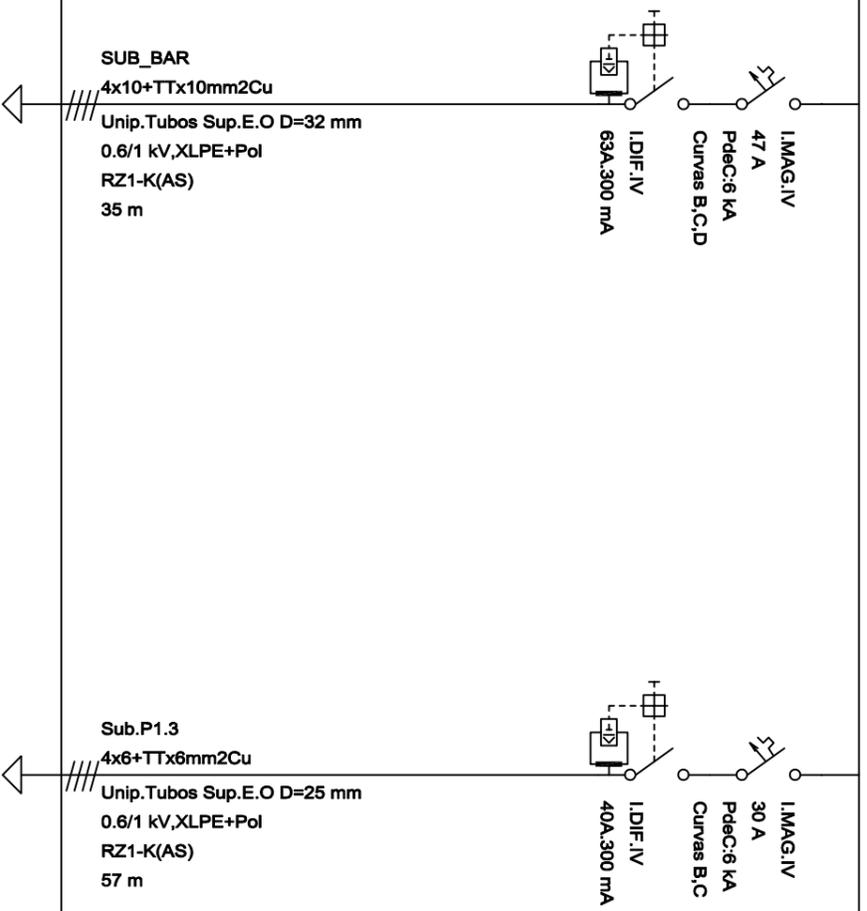
**ESCALA:**  
**S/E**

**Nº PLANO:**  
**10**

**FIRMA:**  
**EL ALUMNO:**

Grado en Ingeniería Eléctrica

Fdo: Diego Conde Fermoso



**TITULO PROYECTO:**  
**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN POLIDEPORTIVO**

**PLANO:**  
**UNIFILAR 3**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**PROMOTOR:**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**Nº PLANO:**

**FECHA:**  
**30/09/2017**

**11**

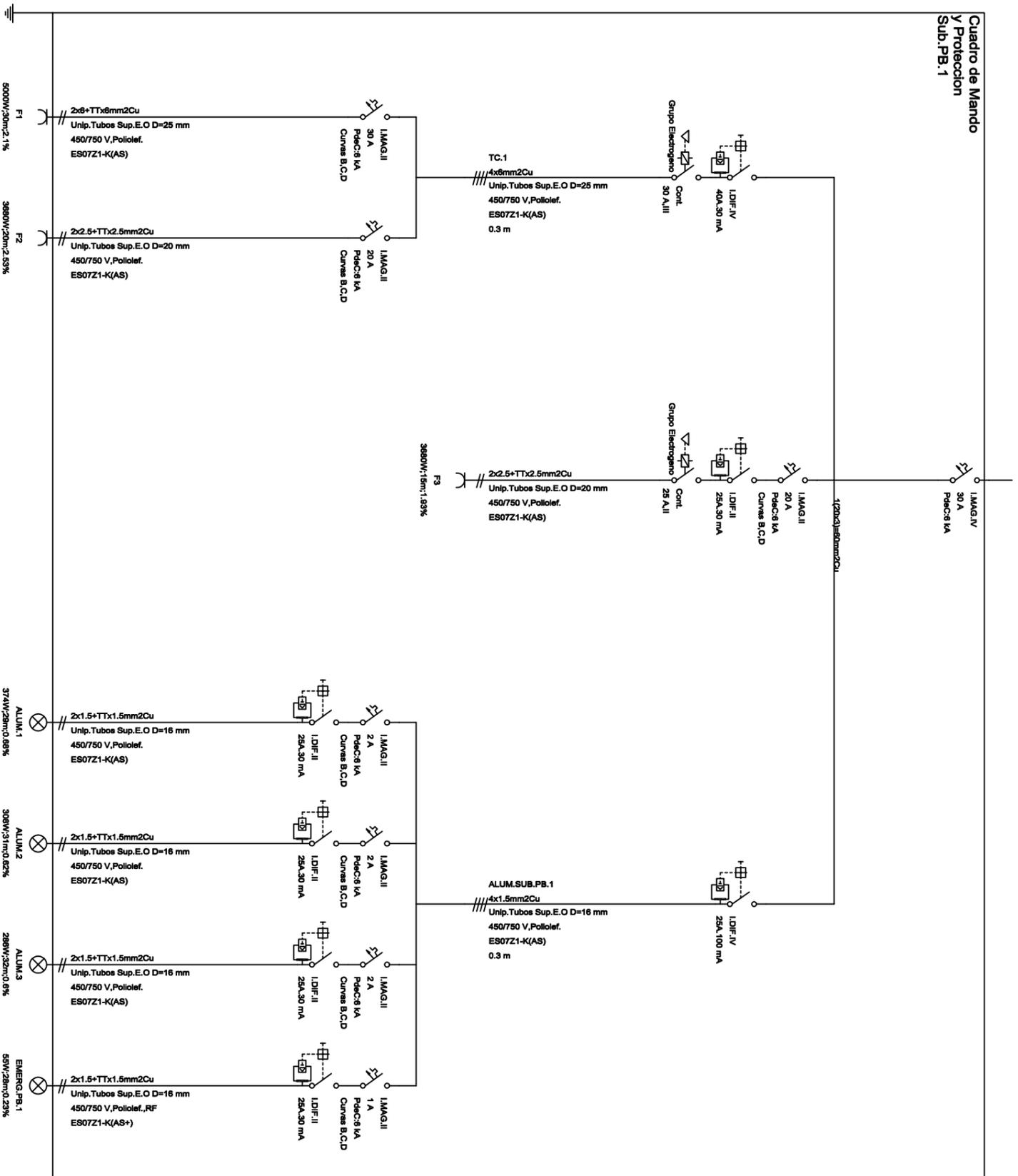
**ESCALA:**  
**S/E**

**FIRMA:**  
**EL ALUMNO:**

Grado en Ingeniería Eléctrica

Fdo: Diego Conde Fermoso

Cuadro de Mando  
y Proteccion  
Sub: PB. 1



**TITULO PROYECTO:**  
**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN POLIDEPORTIVO**

**PLANO:**  
**UNIFILAR 4**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**FECHA:**  
**30/09/2017**

**Nº PLANO:**

**12**

**PROMOTOR:**

**ESCALA:**  
**S/E**

**FIRMA:**  
EL ALUMNO:

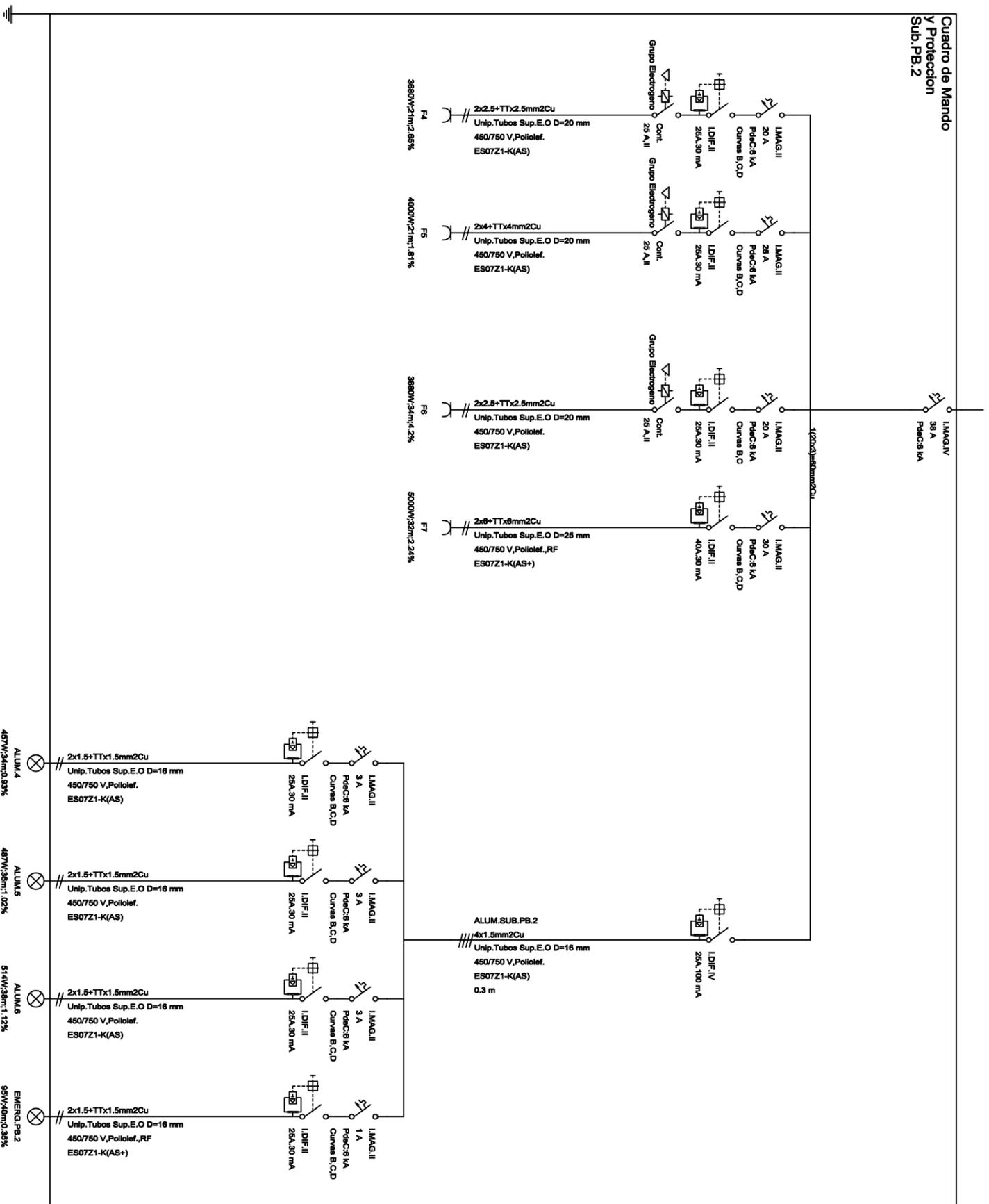


**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

Grado en Ingeniería Eléctrica

Fdo: Diego Conde Fermoso

**Cuadro de Mando y Protección Sub.PB.2**



**TÍTULO PROYECTO:**  
**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN POLIDEPORTIVO**

**PLANO:**  
**UNIFILAR 5**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**FECHA:**  
**30/09/2017**

**Nº PLANO:**

**13**

**PROMOTOR:**

**ESCALA:**  
**S/E**

**FIRMA:**  
**EL ALUMNO:**

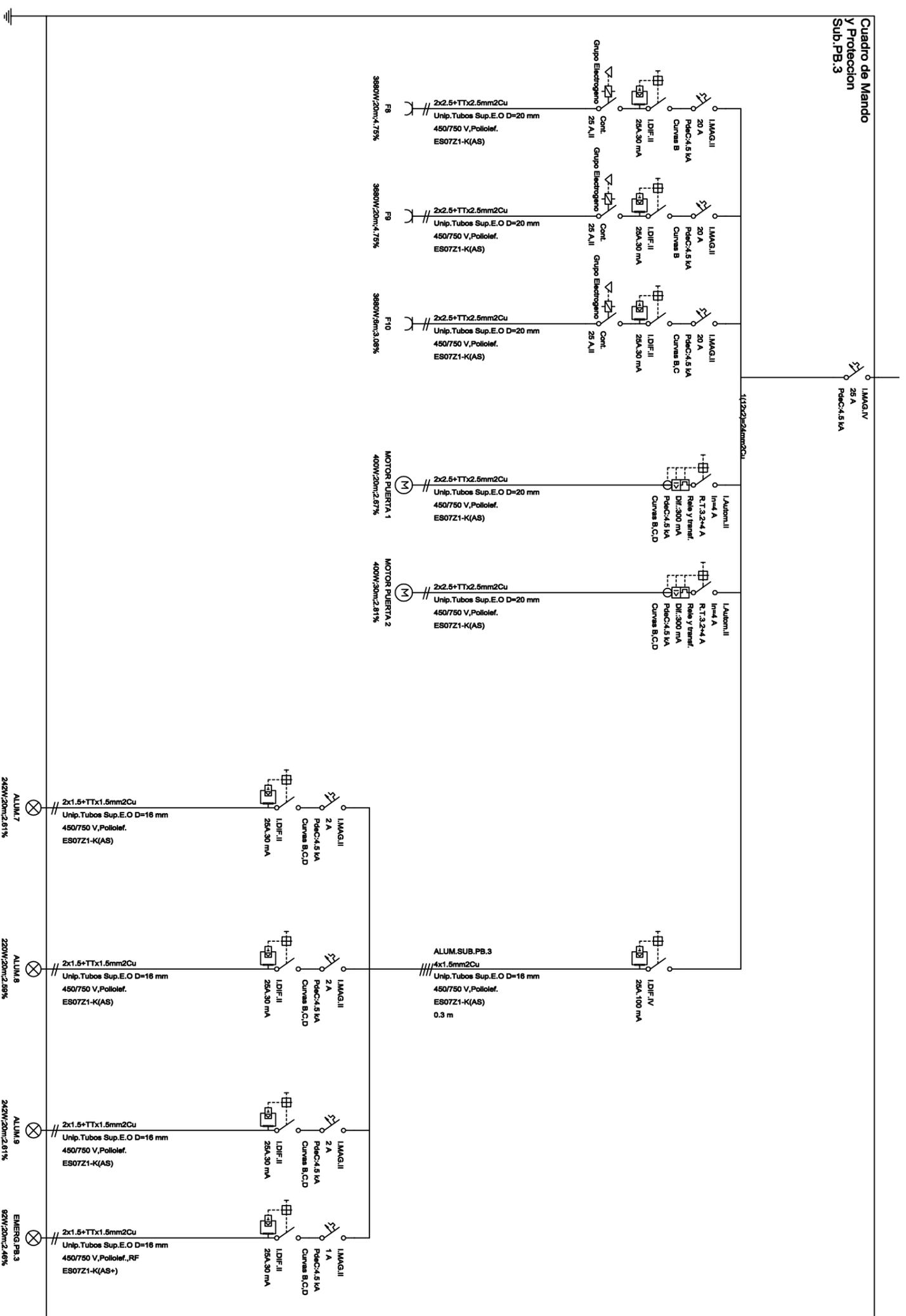


**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

Grado en Ingeniería Eléctrica

Fdo: Diego Conde Fermoso

**Cuadro de Mando y Protección Sub.PB.3**



**TITULO PROYECTO:  
INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN POLIDEPORTIVO**

**PLANO:  
UNIFILAR 6**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**FECHA:  
30/09/2017**

**Nº PLANO:  
14**

**PROMOTOR:**

**ESCALA:  
S/E**

**FIRMA:  
EL ALUMNO:**

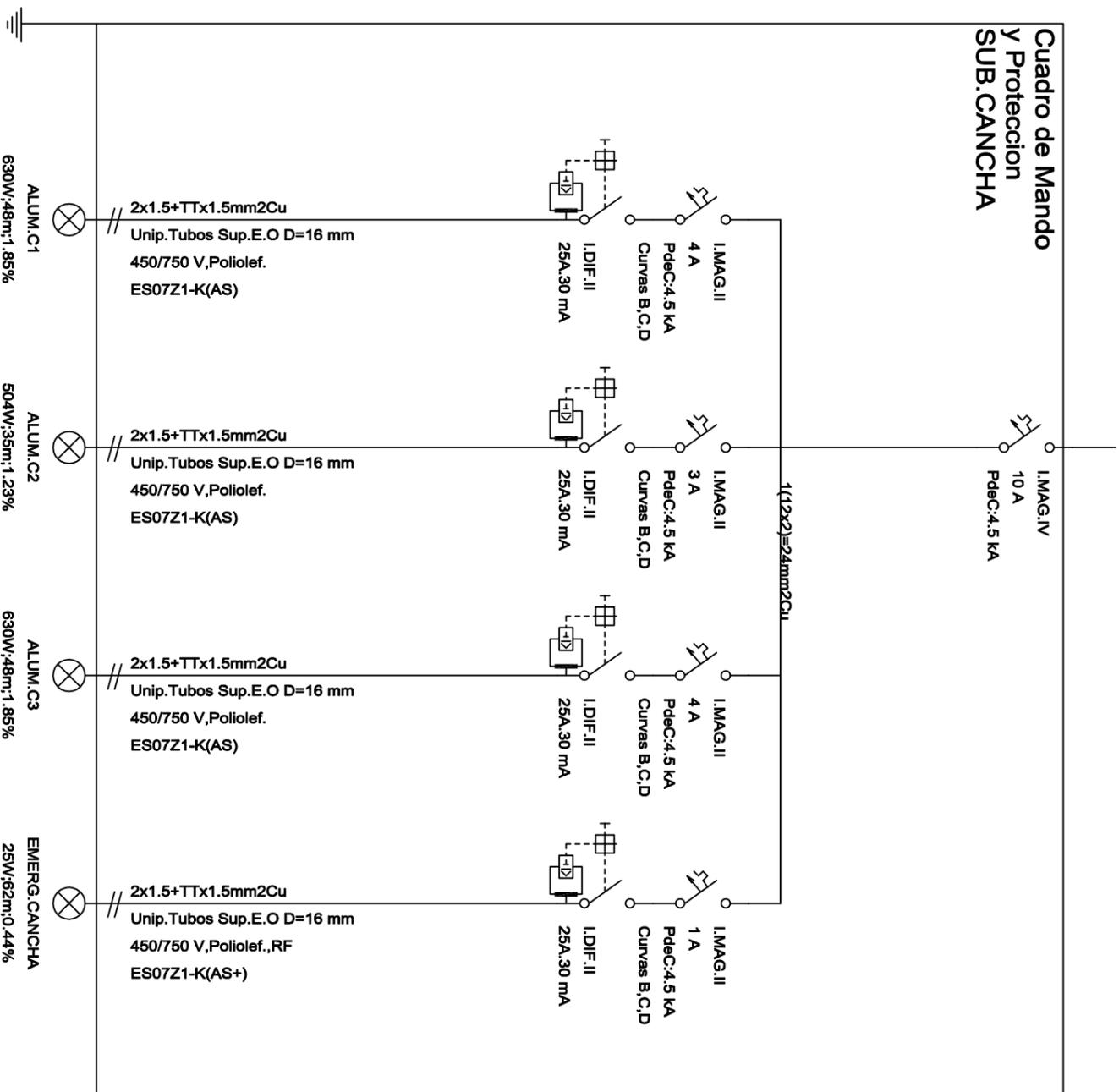


**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

Grado en Ingeniería Eléctrica

Fdo: Diego Conde Fermoso

**Cuadro de Mando  
y Proteccion  
SUB.CANCHA**

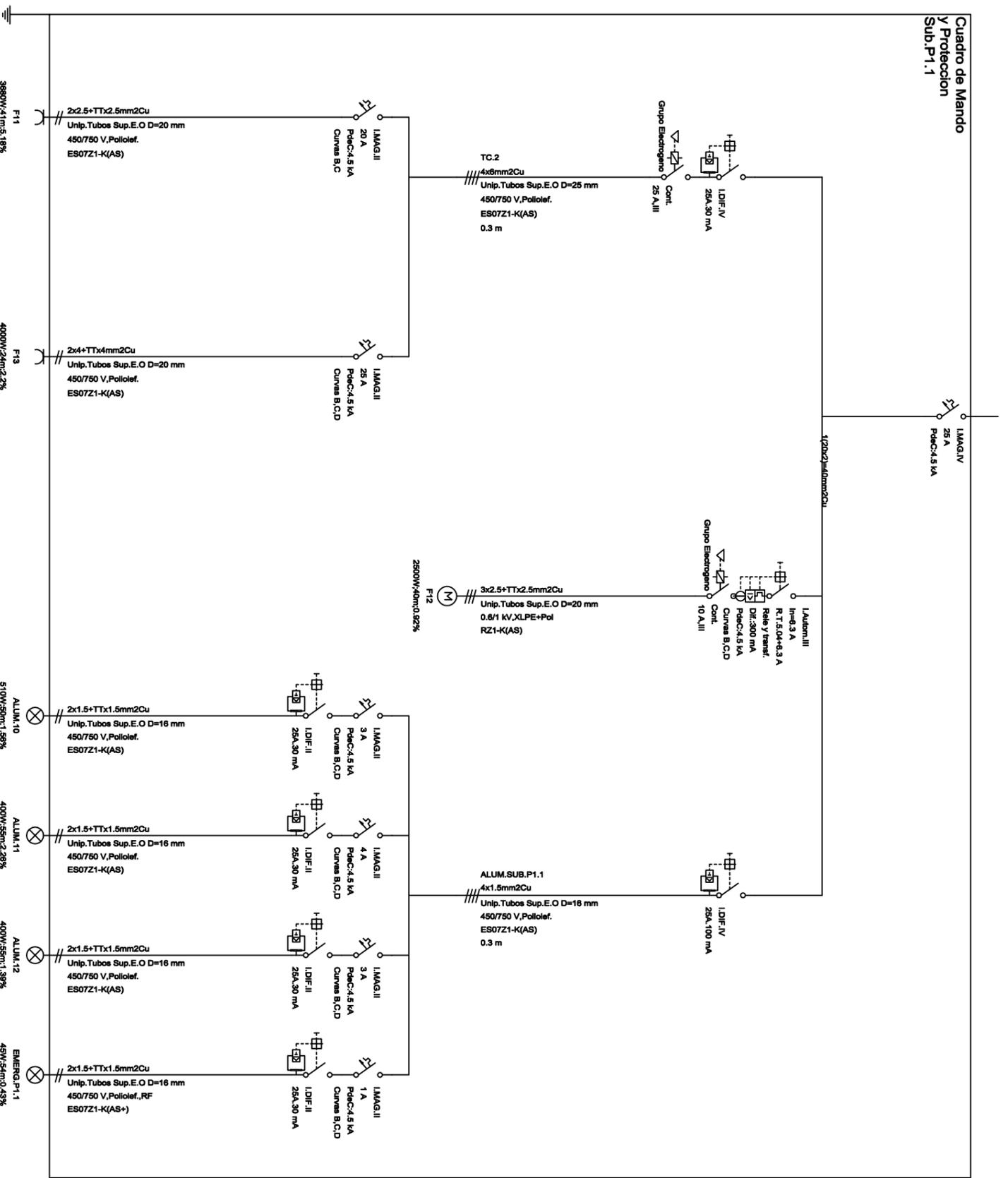


**TITULO PROYECTO:  
INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN POLIDEPORTIVO**

**PLANO:  
UNIFILAR 7**

**TRABAJO FIN DE GRADO  
FECHA:  
30/09/2017  
Nº PLANO:  
15**

**PROMOTOR:  
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID  
ESCALA:  
S/E  
FIRMA:  
EL ALUMNO:**



**TITULO PROYECTO:**  
**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN POLIDEPORTIVO**

**PLANO:**  
**UNIFILAR 8**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**FECHA:**  
**30/09/2017**

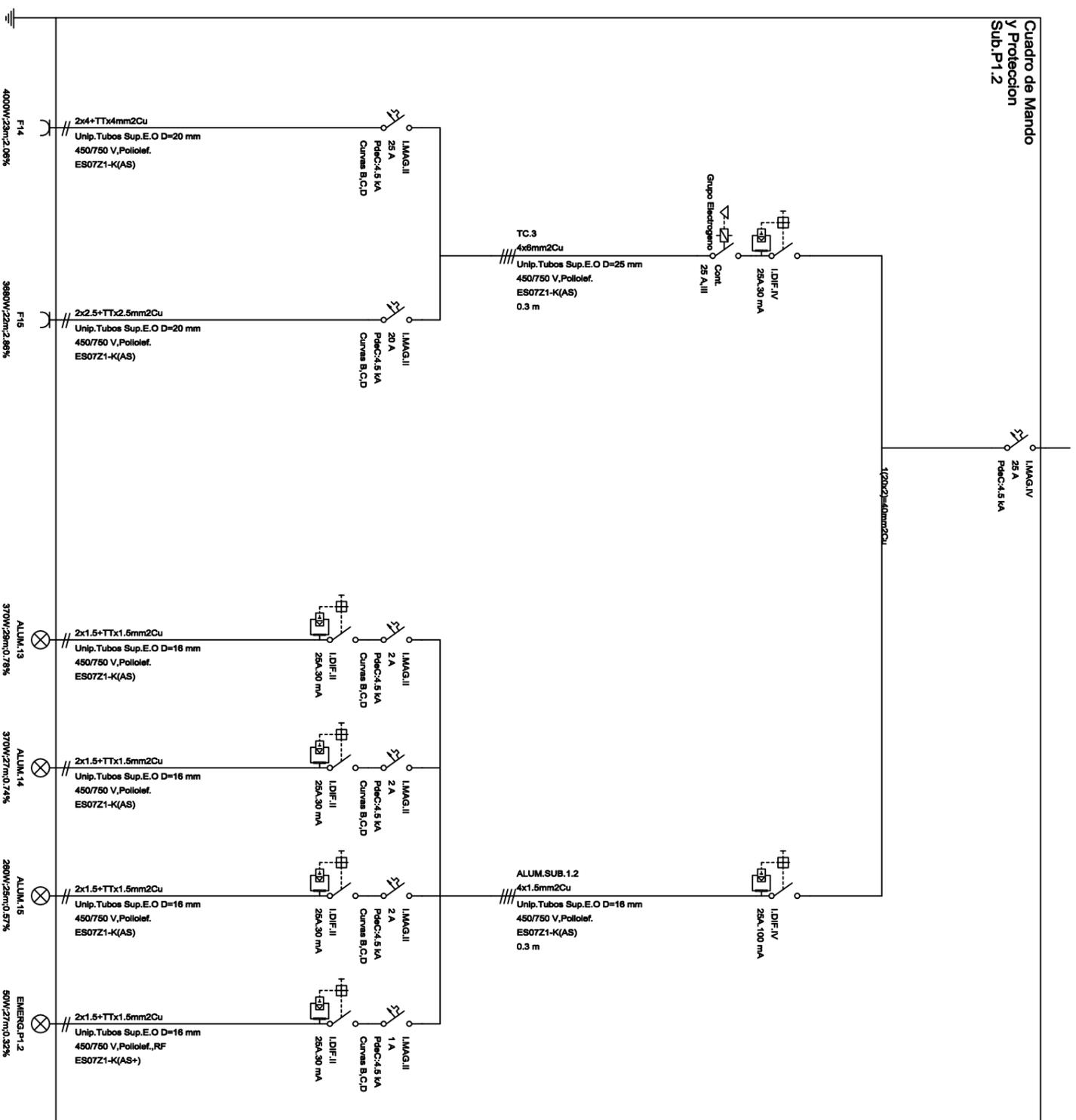
**Nº PLANO:**  
**16**

**PROMOTOR:**

**ESCALA:**  
**S/E**

**FIRMA:**  
 EL ALUMNO:

Cuadro de Mando  
y Proteccion  
Sub.P.1.2



**TITULO PROYECTO:**  
**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN POLIDEPORTIVO**

**PLANO:**  
**UNIFILAR 9**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**FECHA:**  
**30/09/2017**

**Nº PLANO:**

**17**

**PROMOTOR:**



**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

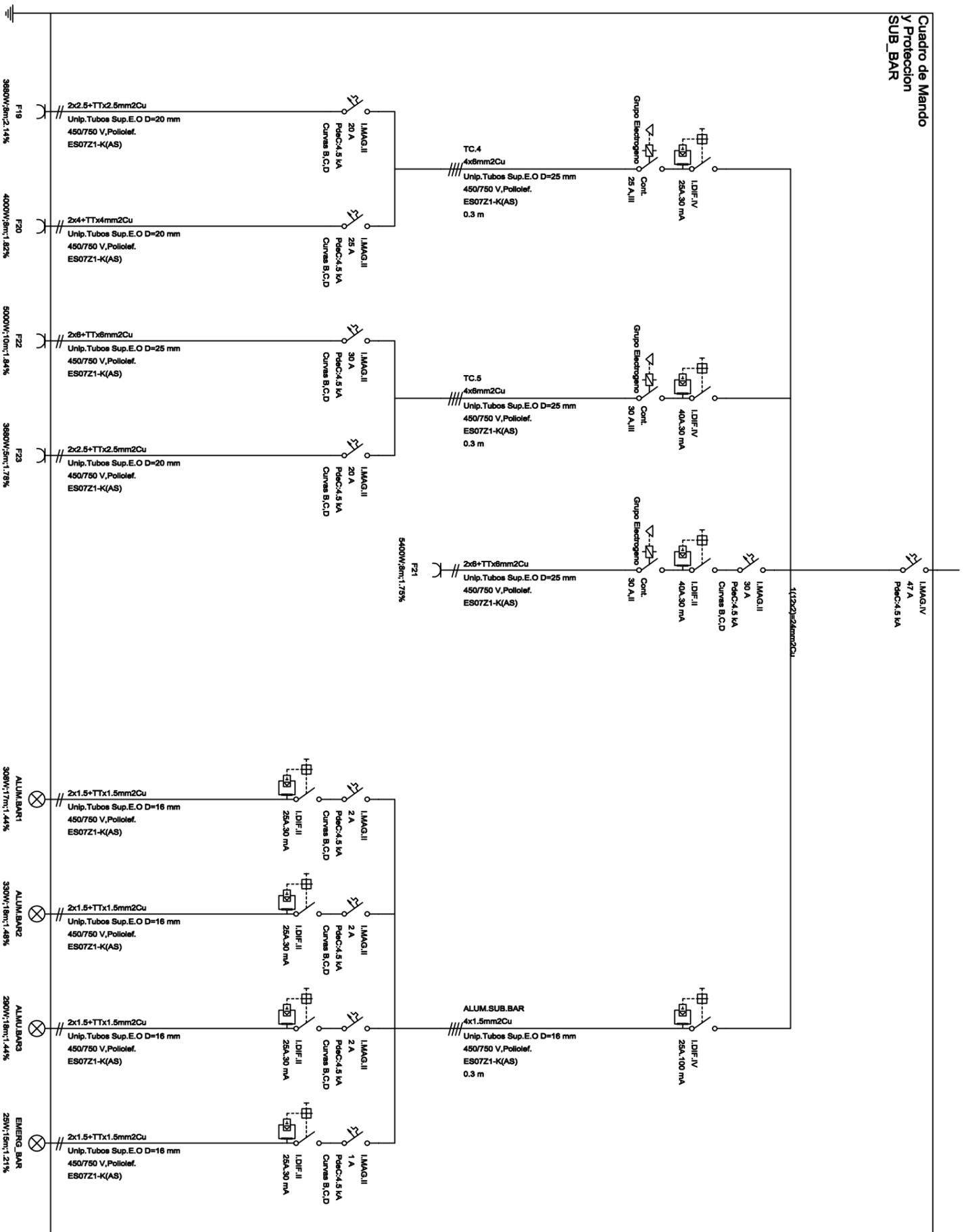
**ESCALA:**  
**S/E**

**FIRMA:**  
EL ALUMNO:

Grado en Ingeniería Eléctrica

Fdo: Diego Conde Fermoso

Cuadro de Mando  
y Proteccion  
SUB\_BAR



**TITULO PROYECTO:**  
**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN POLIDEPORTIVO**

**PLANO:**  
**UNIFILAR 10**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**PROMOTOR:**



**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**FECHA:**

**30/09/2017**

**Nº PLANO:**

**18**

**ESCALA:**

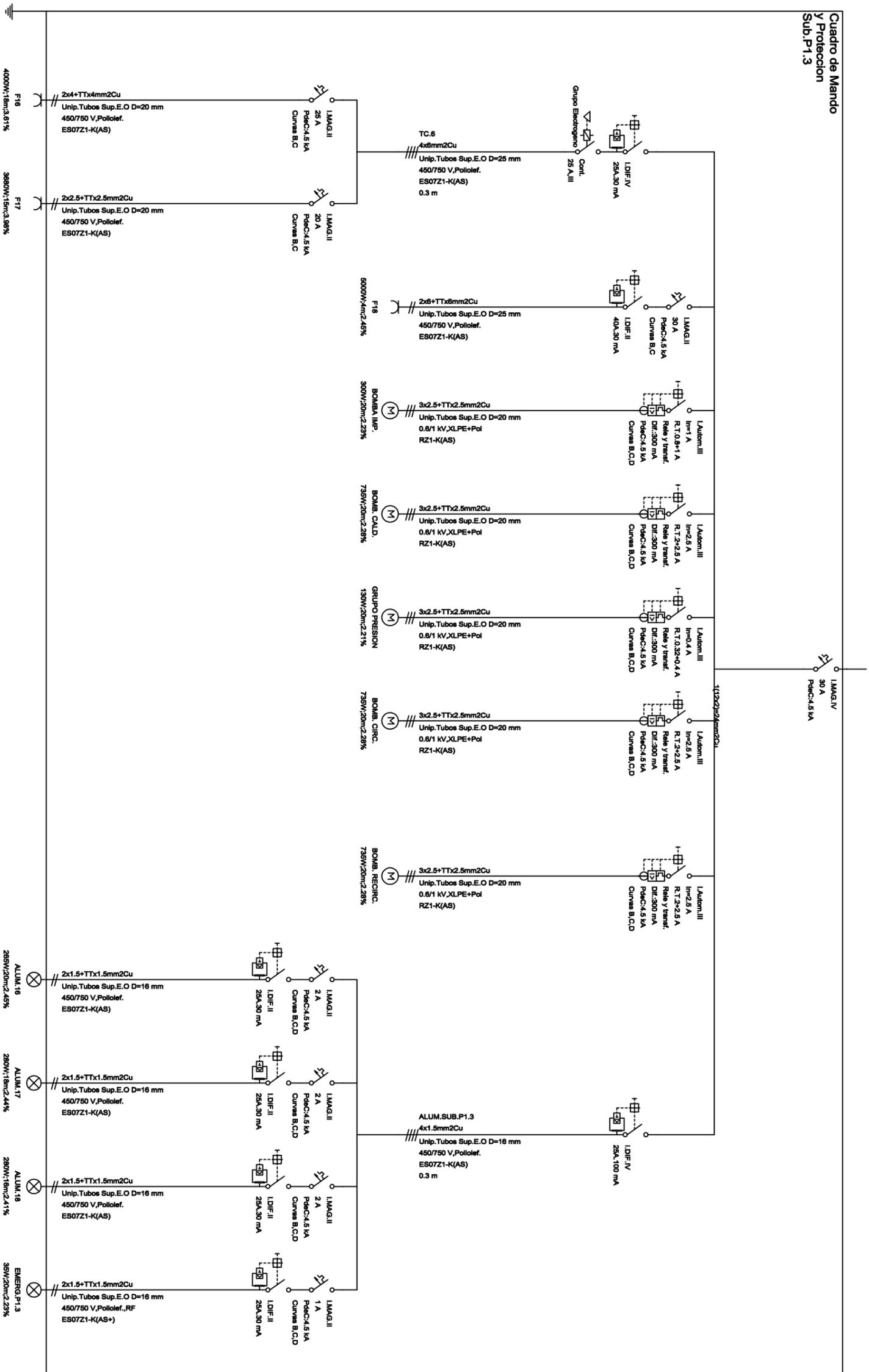
**S/E**

**FIRMA:**

**EL ALUMNO:**

Grado en Ingeniería Eléctrica

Fdo: Diego Conde Fermoso



**TITULO PROYECTO:**  
**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN POLIDEPORTIVO**

**PLANO:**  
**UNIFILAR 11**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**FECHA:**  
**30/09/2017**

**Nº PLANO:**

**19**

**PROMOTOR:**

**ESCALA:**  
**S/E**

**FIRMA:**

**EL ALUMNO:**



# 4. PRESUPUESTO





				CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
<b>mP15B</b>	<b>Capítulo</b>		<b>CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>	<b>1,00</b>		<b>16.729,85</b>
mP15BC008	Material	ud	Transf.baño aceite 160 KVA-20kV Unesa	1,00	5.449,27	5.449,27
mP15BA130	Material	ud	Edif. pref. 1700x1600 mm	1,00	3.820,00	3.820,00
mP15BA132	Material	ud	Celda de protección con fusible, de 24 kV de tensión asignada, 400 A de intensidad nominal, con aislamiento integral de SF6, formada por cuerpo metálico, embarrado de cobre, interruptor-seccionador tripolar rotativo de 3 posiciones conectado/seccionado/puesto a tierra y fusibles combinados.	1,00	2.842,76	2.842,76
mP15BA133	Material	ud	Celda de medida, de 24 kV de tensión asignada, con aislamiento en SF6, formada por cuerpo metálico, embarrado de cobre y transformadores de medida.	1,00	1.749,47	1.749,47
mP15BA134	Material	ud	Cuadro de baja tensión con seccionamiento en cabecera mediante pletinas deslizantes, de 400 V de tensión asignada, 1600 A de intensidad nominal, de 4 salidas con base portafusible vertical tripolar desconectable en carga de hasta 1260 A de intensidad nominal.	1,00	1.413,12	1.413,12
mP15BA135	Material	ud	Alumbrado y elementos de conexión	1,00	658,23	658,23
mP15BA136	Material	ud	Puesta a tierra de protección del centro de transformación compuesta por 8 picas de 4 m. de 14 mm <sup>2</sup> de diámetro enterradas 0,5 m y unidas por un cable de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> dispuesto de forma rectangular 2x2,5 m	1,00	465,00	465,00



mP15BA137	Material	ud	Puesta a tierra de servicio del centro de transformación compuesta por 4 picas de 2 m. de 14 mm <sup>2</sup> de diámetro enterradas 0,5 m y unidas por un cable de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> en configuración abierta con una separación entre picas de 3 m	1,00	332,00	332,00
-----------	----------	----	---	------	--------	--------

\*Partida realizada con datos de CT prefabricado general debido a que el precio exacto centro de transformación proyectado no está disponible

mP15AI	Capítulo	COND.LINEAS ENLACE LIBRE HALÓGENOS				4.395,80
mP15AI010	Material	m	C.aisl.I.halóg.RZ1-k(AS) 0,6/1kV 1x10mm <sup>2</sup> Cu	140,00	1,85	259,00
mP15AI020	Material	m	C.aisl.I.halóg.RZ1-k(AS) 0,6/1kV 1x1,5mm <sup>2</sup> Cu	68,00	0,48	32,64
mP15AI030	Material	m	C.aisl.I.halóg.RZ1-k(AS) 0,6/1kV 1x2,5mm <sup>2</sup> Cu	420,00	0,63	264,60
mP15AI040	Material	m	C.aisl.I.halóg.RZ1-k(AS) 0,6/1kV 1x4mm <sup>2</sup> Cu	212,00	0,90	190,80
mP15AI050	Material	m	C.aisl.I.halóg.RZ1-k(AS) 0,6/1kV 1x6mm <sup>2</sup> Cu	292,00	1,26	367,92
mP15AI060	Material	m	C.aisl.I.halóg.RZ1-k(AS) 0,6/1kV 1x70mm <sup>2</sup> Cu	7,00	11,51	80,57
mP15AI070	Material	m	C.aisl.I.halóg.RZ1-k(AS+) 0,6/1kV 1x2,5mm <sup>2</sup> Cu	42,00	1,00	42,00
mP15AI090	Material	m	C.aisl.I.halóg.RZ1-k (AS) 0,6/1kV 1x150mm <sup>2</sup> Cu	41,00	23,97	982,77
mP15AI100	Material	m	C.aisl.I.halóg ES07Z1-K(AS) 450/750V 1x1,5mm <sup>2</sup> Cu	1.516,40	0,34	515,58



mP15AI110	Material	m	C.aisl.l.halóg ES07Z1-K(AS+) 450/750V 1x1,5mm2 Cu	502,00	0,48	240,96
mP15AI120	Material	m	C.aisl.l.halóg ES07Z1-K(AS) 450/750V 1x2,5mm2 Cu	554,00	0,54	299,16
mP15AI130	Material	m	C.aisl.l.halóg ES07Z1-K(AS) 450/750V 1x4mm2 Cu	188,00	0,84	157,92
mP15AI131	Material	m	C.aisl.l.halóg ES07Z1-K(AS) 450/750V 1x6mm2 Cu	111,20	1,24	137,89
mP15AI132	Material	m	C.aisl.l.halóg ES07Z1-K(AS+) 450/750V 1x6mm2 Cu	64,00	1,84	117,76
mP15AI140	Material	m	C.aisl.l.halóg ES07Z1-K(AS) 450/750V 1x120mm2 Cu	6,00	31,20	187,20
mP15AI141	Material	m	C.aisl.l.halóg de tierra verde/amarillo 1x1,5mm2 Cu	1.022,00	0,15	153,30
mP15AI142	Material	m	C.aisl.l.halóg de tierra verde/amarillo 1x2,5mm2 Cu	431,00	0,25	107,75
mP15AI143	Material	m	C.aisl.l.halóg de tierra verde/amarillo 1x4mm2 Cu	147,00	0,46	67,62
mP15AI144	Material	m	C.aisl.l.halóg de tierra verde/amarillo 1x6mm2 Cu	157,00	0,59	92,63
mP15AI150	Material	m	C.aisl.l.halóg de tierra verde/amarillo 1x10mm2 Cu	35,00	1,00	35,00
mP15AI151	Material	m	C.aisl.l.halóg de tierra verde/amarillo 1x70mm2 Cu	2,00	7,62	15,24
mP15AI160	Material	m	C.aisl.l.halóg de tierra verde/amarillo 1x90mm2 Cu	5,00	9,50	47,50
<b>mP15AF</b>	<b>Capítulo</b>		<b>CANALIZACIONES</b>	<b>1,00</b>	<b>1.223,83</b>	<b>1.248,46</b>
mP15AF120	Material	m	Tubo PVC flexible, interior D-16	1.007,10	0,84	845,96
mP15AF130	Material	m	Tubo PVC flexible, interior D-20	542,00	0,39	211,38
mP15AF140	Material	m	Tubo PVC flexible, interior D-25	211,80	0,48	101,66
mP15AF150	Material	m	Tubo PVC flexible, interior D-32	35,00	0,61	21,35
mP15AF160	Material	m	Tubo PVC flexible, interior D-75	2,00	2,05	4,10



mP15AF170	Material	m	Tubo PVC flexible, exterior D-180	7,00	4,10	28,70
mP15GH040	Material	m	Bandeja chapa perf. 100x60	5,00	7,06	35,30
<b>mP15FH</b>	<b>Capítulo</b>		<b>CAJAS Y ARMARIOS ABB</b>	<b>1,00</b>	<b>696,06</b>	<b>696,06</b>
mP15FH080	Material	ud	Cuadro eléctrico 40 módulos superficie con puerta (sin la instalación de circuitos ni protecciones)	9,00	67,50	607,50
mP15FH090	Material	ud	Cuadro eléctrico 54 módulos superficie con puerta (sin la instalación de circuitos ni protecciones)	1,00	88,56	88,56
<b>mP15FD</b>	<b>Capítulo</b>		<b>INTERR. AUT. DIFERENCIALES</b>	<b>1,00</b>	<b>6.849,07</b>	<b>6.849,07</b>
mP15FD010	Material	ud	Int.aut.diferencial 2x25 A 30 mA	39,00	64,40	2.511,60
mP15FD020	Material	ud	Int.aut.diferencial 2x40 A 30 mA	3,00	65,47	196,41
mP15FD040	Material	ud	Int.aut.diferencial 4x25 A 30 mA	4,00	207,54	830,16
mP15FD050	Material	ud	Int.aut.diferencial 4x40 A 30 mA	2,00	293,74	587,48
mP15FD070	Material	ud	Int.aut.diferencial 4x40 A 300 mA	3,00	182,47	547,41
mP15FD170	Material	ud	Int.aut.diferencial 4x63A 300 Ma	1,00	261,95	261,95
mP15FD200	Material	ud	Int.aut.diferencial 4x25 A 100 mA	7,00	174,96	1.224,72
mP15FD220	Material	ud	Int.aut.diferencial 4x25 A 300 mA	3,00	171,46	514,38
mP15FD230	Material	ud	Int.aut.diferencial 4x25 A 500 mA	1,00	174,96	174,96
<b>mP15FE</b>	<b>Capítulo</b>		<b>INT.AUT. MAGNETOTÉRMICO Y CONTACTORES</b>	<b>1,00</b>	<b>1.376,29</b>	<b>15.209,98</b>
mP15FE150	Material	ud	Contactador 3x10A	1,00	46,45	46,45
mP15FE160	Material	ud	Contactador 2x25A	7,00	53,59	375,13
mP15FE170	Material	ud	Contactador 3x25A	4,00	89,72	358,88
mP15FE190	Material	ud	Contactador 2x30A	1,00	56,67	56,67



mP15FE200	Material	ud	Contactador 3x100A	1,00	250,62	250,62
mP15FE210	Material	ud	Contactador 3x30A	2,00	123,47	246,94
mP15FE290	Material	ud	Magnetotérmico bipolar de 1 A	8,00	57,36	458,88
mP15FE300	Material	ud	Magnetotérmico tripolar de 0,5 A	1,00	48,57	48,57
mP15FE301	Material	ud	Interruptor Aut. tripolar de 1 A	1,00	67,42	67,42
mP15FE310	Material	ud	Magnetotérmico bipolar de 2 A	15,00	77,42	1.161,30
mP15FE315	Material	ud	Interruptor Aut. tripolar de 2,5 A	3,00	81,25	243,75
mP15FE316	Material	ud	Magnetotérmico bipolar de 3 A	6,00	77,42	464,52
mP15FE317	Material	ud	Magnetotérmico bipolar de 4 A	3,00	77,42	232,26
mP15FE320	Material	ud	Interruptor Aut bipolar de 4 A	2,00	82,25	164,50
mP15FE330	Material	ud	Interruptor Aut tripolar de 6,3 A	1,00	92,03	92,03
mP15FE340	Material	ud	Magnetotérmico tetrapolar de 10 A	2,00	122,48	244,96
mP15FE350	Material	ud	Interruptor Aut tripolar de 10 A	1,00	86,04	86,04
mP15FE360	Material	ud	Magnetotérmico bipolar de 20 A	12,00	53,74	644,88
mP15FE370	Material	ud	Magnetotermico bipolar de 25 A	5,00	54,78	273,90
mP15FE380	Material	ud	Magnetotérmico tetrapolar de 25 A	6,00	132,09	792,54
mP15FE390	Material	ud	Magnetotérmico bipolar de 30 A	5,00	57,06	285,30
mP15FE400	Material	ud	Magnetotérmico tetrapolar de 30 A	4,00	137,72	550,88
mP15FE410	Material	ud	Magnetotérmico tetrapolar de 38 A	2,00	171,62	343,24
mP15FE420	Material	ud	Magnetotérmico tetrapolar de 47 A	2,00	380,01	760,02
mP15FE430	Material	ud	Interruptor Aut. tetrapolar de 100 A	1,00	474,07	474,07
mP15FE440	Material	ud	Interruptor Aut. tripolar de 250 A	1,00	2.527,61	2.527,61
mP15FE450	Material	ud	Interruptor Aut. General tetrapolar de 400 A	1,00	3.958,62	3.958,62
<b>mP15PT</b>	<b>Capítulo</b>		<b>PUESTA A TIERRA DEL EDIFICIO</b>	<b>1,00</b>		<b>702,50</b>
mP15PT010	Material	ud	Conductor de cobre desnudo, de 35 mm <sup>2</sup> .	250,00	2,81	702,50



<b>mP15R</b>	<b>Capítulo</b>	<b>BATERÍA DE CONDENSADORES</b>		<b>1,00</b>	<b>2.589,08</b>	
mP15PT011	Material	ud	Batería de condensadores ES2:4RY0075-4NP40 de la compañía Siemens de 75 kVAr 2x12,5+2x25 incluyendo pequeño material auxiliar	1,00	2.589,08	2.589,08
<b>mP15JA</b>	<b>Capítulo</b>	<b>GRUPOS ELECTRÓGENOS</b>		<b>1,00</b>	<b>5.462,60</b>	
mP15PT013	Material	ud	Grupo electrógeno insonorizado de funcionamiento manual, gama industrial, con motor diesel, modelo KDI 2504 TM Kohler y alternador Mecc Alte trifásico de 230/400 V de tensión y 50 Hz de frecuencia a 1500 r.p.m., modelo IK-044 "INMESOL", de 40 kVA de potencia de funcionamiento principal (PRP) y 44 kVA de potencia de funcionamiento de tiempo limitado (LTP), de 2500x1100x1455 mm, formado por un conjunto de motor y alternador sobre bastidor de acero de alta resistencia con cabina de acero insonorizada con lana de roca ignífuga, revestido con una capa de fosfato de zinc y acabado con pintura de poliéster, depósito de combustible de 85 litros de capacidad, motor refrigerado por agua con ventilador mecánico, silenciador, alternador de carga de batería con toma de tierra, batería de arranque con protección de bornes, conector para pica de toma de tierra (no incluida en este precio), protecciones de seguridad en partes calientes, móviles y con electricidad, y cuadro eléctrico de protección, distribución y control para arranque manual, compuesto por una central digital modelo DSE 6020, llave de contacto, pulsador de parada de emergencia, instrumentos de medida, protecciones magnetotérmicas, protección diferencial y fusibles.	1,00	5.169,45	5.169,45



mP15PT014	Material	ud	Cuadro eléctrico de control y conmutación para convertir el arranque manual en arranque automático "INMESOL", compuesto por un módulo digital de control, modelo DSE 334, dos contactores de 4 polos con enclavamiento mecánico y eléctrico, fusibles y cargador de batería.	1,00	293,15	293,15
<b>mP16B</b>	<b>Capítulo</b>		<b>ILUMINACIÓN INTERIOR</b>	<b>1,00</b>		<b>46.632,92</b>
mp16b010	Material	ud	PHILIPS BY471P 1 xGRN170S/840 HRO GC	20,00	866,53	17.330,60
mp16b011	Material	ud	PHILIPS DN131B D217 1xLED20S/830	226,00	90,00	20.340,00
mp16b012	Material	ud	PHILIPS BBG390 4xLED6-40-/830 IP54	54,00	81,08	4.378,32
mp16b013	Material	ud	PHILIPS BN130C 1xLED10S/830 L871	4,00	26,00	104,00
mp16b014	Material	ud	PHILIPS BPK561 1xDLM2000/830	40,00	112,00	4.480,00
<b>mP16E</b>	<b>Capítulo</b>		<b>ALUMBRADO DE EMERGENCIA</b>	<b>1,00</b>		<b>10.324,96</b>
mP16E011	Material	ud	Luminaria de emergencia modelo ARGOS-M LD N2	56,00	62,32	3.489,92
mP16E012	Material	ud	Luminaria de emergencia modelo HYDRA LD N3	37,00	57,34	2.121,58
mP16E013	Material	ud	Luminaria de emergencia modelo NOVA LD P6	18,00	111,75	2.011,50
mP16E014	Material	ud	Luminaria de emergencia modelo Z LD-2311P A	4,00	227,54	910,16
mP16E015	Material	ud	Luminaria de emergencia modelo Z LD-4321G A	5,00	358,36	1.791,80
<b>mP16G</b>	<b>Capítulo</b>		<b>SISTEMAS DE CONTROL DE ILUMINACIÓN Y TOMAS DE CORRIENTE</b>	<b>1,00</b>		<b>7.335,32</b>
mp16g010	Material	ud	Interruptor unipolar (1P) para empotrar, incluida tecla simple y marco embellecedor	28,00	6,71	187,88
mp16g020	Material	ud	Base de toma de corriente con contacto de tierra (2P+T), tipo Schuko, para empotrar, , intensidad asignada 16 A, incluida tapa y embellecedor	134,00	6,66	892,44
mp16g030	Material	ud	Dimmer UID8620/00 Philips	8,00	260,00	2.080,00
mp16g040	Material	ud	Multisensor Occuswitch Philips	25,00	167,00	4.175,00
<b>mP30A</b>	<b>Capítulo</b>		<b>INSTALACIÓN A.C.S.</b>	<b>1,00</b>		<b>35.454,30</b>



mp30A010	Material	ud	Captador solar Termicol T20US	42,00	358,15	15.042,30
mp30A020			Estructura metálica de sujeción para 42 paneles	1,00	3.242,00	3.242,00
mp30A030	Material	ud	Acumulador con intercambiador doble serpentín de 2000 litros	1,00	7.980,00	7.980,00
mp30A040	Material	ud	Acumulador con serpentín de 2000 litros	1,00	3.450,00	3.450,00
mp30A050	Material	ud	Bomba circuito primario Termicol BOMBAD-P05	2,00	840,00	1.680,00
mp30A060	Material	ud	Vaso de expansión	1,00	60,00	60,00
mp30A070	Material	ud	Bombas circuladores y accesorios	1,00	1.500,00	1.500,00
		ud	Otros elementos de la instalación	1,00	2.500,00	2.500,00
<b>mP20A</b>	<b>Capítulo</b>		<b>OTRAS INSTALACIONES</b>	<b>1,00</b>		<b>30.437,29</b>
mP20A010	Material	ud	Ascensor eléctrico de adherencia de 450 kg de carga nominal, con capacidad para 6 personas, nivel básico de acabado en cabina de 1000x1250x2200 mm, maniobra universal simple, puertas interiores automáticas de acero inoxidable y puertas exteriores automáticas en acero para pintar de 800x2000 mm.	1,00	13.243,72	13.243,72
mP20A020	Material	ud	Suministro e instalación de sistema externo de protección frente al rayo, formado por pararrayos con dispositivo de cebado tipo "PDC", avance de 30 $\mu$ s y radio de protección de 64 m para un nivel de protección 3 según DB SUA Seguridad de utilización y accesibilidad (CTE), colocado en cubierta sobre mástil de acero galvanizado en caliente, de 1 1/2" de diámetro y 6 m de longitud. Incluso soportes, piezas especiales, pletina conductora de cobre estañado, vías de chispas, contador de los impactos de rayo recibidos, tubo de protección de la bajada y toma de tierra con pletina conductora de cobre estañado.	1,00	5.965,95	5.965,95
mP20A030	Material	ud	Pequeños materiales adicionales	1,00	5.875,00	5.875,00



Material	ud	Mano de obra	1,00	5.352,62	5.352,62
<b>TOTAL</b>					<b>184.068,19 €</b>
		Beneficio industrial (6%)	1,00	11.044,09	11.044,09
		Gastos generales (13%)	1,00	23.928,86	23.928,86
<b>TOTAL</b>					<b>219.041,15</b>
		IVA(21%)			<b>265.039,79 €</b>

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de DOSCIENTOS SESENTA Y CINCO MIL TREINTA Y NUEVE EUROS CON SETENTA Y NUEVE CÉNTIMOS.





# 5. CONCLUSIONES FINALES





Tras el desarrollo de este trabajo he conseguido afianzar conocimientos relacionados con las instalaciones eléctricas gracias a las dudas que me han ido surgiendo a lo largo del mismo. A medida que iba avanzando, los problemas que aparecían solían ser en cuestión de relacionar la parte teórica llevada a cabo durante los estudios universitarios y puesta en práctica en el apartado de cálculos, con el estudio de un caso real y los factores que influyen para elegir la solución óptima.

En cuanto a la consulta de normativa, la utilización de programas que ya implementan sus cálculos en función de la reglamentación correspondiente al campo estudiado es una gran ventaja. De todos modos, me he dado cuenta de que hay que tener mucho cuidado ya que, sobre todo en programas gratuitos como los utilizados, la reglamentación puede no estar actualizada ya que continuamente se va renovando con la aparición de nuevas leyes por eso siempre hay que comprobar que estamos utilizando normativa vigente.

Con el estudio del aporte solar mínimo para agua caliente sanitaria he adquirido conocimientos en un campo en el que no había profundizado mucho hasta ahora. El estudio de energía solar durante el periodo universitario también fue de gran ayuda a hora de diseñar este tipo de instalación. También encontré algunas limitaciones en el cálculo de las canalizaciones de agua y accesorios debido a la poca formación en este campo y la falta de información de las conducciones del edificio pero preferí centrarme más en la parte solar que es la que va en relación con el ahorro energético.

Además de la instalación solar, el uso de iluminación LED, a pesar de que ya lleva años utilizándose, sigue innovando y facilita la integración de nuevos sistemas de ahorro gracias a la facilidad de regulación. Tras ver muchos tipos de luminarias de diferentes fabricantes he comprobado que hay una gran variedad para cualquier tipo de luminaria lo que facilita la integración en las instalaciones.

En mi opinión, es un gran avance la implantación de este tipo de normativas para la inserción de sistemas de ahorro de energía en todos los ámbitos ya que lo considero esencial para intentar alargar la vida del planeta.





# 6. NORMAS Y REFERENCIAS





### 1.3.1 NORMATIVA

- BOE. Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas complementarias.
- BOE. Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- BOE. Real Decreto 486/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- BOE. Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- BOE. Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- BOE. Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- BOE. Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- BOE. Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).
- Normas particulares de la empresa suministradora de Energía Iberdrola.
- BOE. Ley 31/1995 del 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- BOE. Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- AENOR. UNE-EN 12464-1:2012. Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores
- AENOR. UNE 20315-1-2:2009. Bases de toma de corriente y clavijas para usos domésticos y análogos. Parte 1-2: Requisitos dimensionales del Sistema Español.
- AENOR. UNE-EN 60309-1:2001. Tomas de corriente para usos industriales. Parte 1: Requisitos generales.
- AENOR. UNE-EN 12193:2009. Iluminación. Iluminación de instalaciones deportivas.
- AENOR. UNE-EN 60947-2:2007/A1:2011. Aparata de baja tensión. Parte 2: Interruptores automáticos.



- AENOR. UNE-EN 62271-202:2015. Aparata de alta tensión. Parte 202: Centros de transformación prefabricados de alta tensión/baja tensión.
- AENOR. UNE 211002:2017. Cables eléctricos de baja tensión. Cables de tensión asignada inferior o igual a 450/750 V (U<sub>o</sub>/U). Cables unipolares sin cubierta, con aislamiento termoplástico, y con altas prestaciones respecto a la reacción al fuego, para instalaciones fijas
- AENOR. UNE 21123-2:2017. Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kV. Parte 2: Cables con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de policloruro de vinilo.
- AENOR. UNE 20324:1993. Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP). (CEI 529:1989).
- AENOR. UNE-EN 50102/A1 CORR:2002. Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
- AENOR. UNE-EN 12976-1: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Sistemas solares prefabricados. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 12977-1: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 1: Requisitos generales.
- Código Técnico de la Edificación (CTE), Documento Básico sobre ahorro de energía (DB HE), en concreto el apartado 3 sobre eficiencia energética en instalaciones de iluminación. Junio 2017.
- Código Técnico de la Edificación (CTE), Documento Básico sobre ahorro de energía (DB HE), en concreto el apartado 4 sobre Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria. Junio 2017.
- Código Técnico de la Edificación (CTE), Documento Básico sobre ahorro de energía (DB HE), en concreto el apartado 5 sobre Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica. Junio 2017.
- Código Técnico de la Edificación (CTE), Documento Básico sobre seguridad de utilización y accesibilidad (DB SUA), en concreto la sección 4 sobre Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada. Febrero 2010.
- Código Técnico de la Edificación (CTE), Documento Básico sobre seguridad de utilización y accesibilidad (DB SUA), en concreto la sección 8 sobre Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo. Febrero 2010.
- Consejo Superior de Deportes Consejo Superior de Deportes (CSD), Normativa sobre Instalaciones Deportivas y de Esparcimiento (NIDE)

### 1.3.2 PROGRAMAS DE CÁLCULO UTILIZADOS

- Dialux. Software para diseño de instalaciones de alumbrado.
- Daisalux. Software para instalaciones de alumbrado de emergencia.
- dmELECT. Software para instalaciones eléctricas.
- AutoCAD 2014. Software para representaciones gráficas.
- Página Web KONSTRUIR, concretamente su apartado sobre Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria. Disponible en: <http://konstruir.com/C.T.E/HE-4-Contribucion-solar-minima-de-agua-caliente-sanitaria/index.php>
- Página Web KONSTRUIR, concretamente su apartado sobre Seguridad frente al riesgo por la acción del rayo. Disponible en: <http://konstruir.com/C.T.E/SU-8-Seguridad-frente-al-riesgo-por-la-accion-del-rayo/index.php>
- CHEQ4. IDAE. Programa de comprobación del cumplimiento de normativa con respecto a la Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.

### 1.3.3 BIBLIOGRAFÍA

- UNESA. *Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría.* Febrero 1989. Disponible en: [http://nol.infocentre.es/ictnol/pdf/CENTROS\\_TRANSFORMACION.pdf](http://nol.infocentre.es/ictnol/pdf/CENTROS_TRANSFORMACION.pdf)
- INGEMECÁNICA. *Tutorial N° 188, Instalaciones Termosolares para la Producción de Agua Caliente Sanitaria (A.C.S.).* Disponible en <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn188.html>
- LedBox. *DALI una Interfaz común para todos los componentes de iluminación.* Disponible en: <https://blog.ledbox.es/ledbox-2/productos/dali-una-interfaz-comun-para-todos-los-componentes-de-iluminacion>
- IDAE. *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura.* Disponible en: <http://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/edificacion/reglamento-de-instalaciones-termicas-de-los-0>
- Universitat Jaume I -Fundación f2e. *Curso de eficiencia energética en iluminación.*
- Philips. Catálogos de productos. Disponibles en <http://www.lighting.philips.es/prof>
- de Bilbao Díez, Ismael. *“Proyecto Fin de Carrera, Instalación eléctrica de un polideportivo.* 2013. Disponible en: <https://academica.e.unavarra.es/handle/2454/6865>



- Carmona Fernández, Diego. *Manual de Instalaciones Eléctricas*. 2º Edición. Badajoz: @becedario, 2005.
- Colmenar Santos, Antonio. *Instalaciones eléctricas en baja tensión: diseño, cálculo, dirección, seguridad y montaje*. Madrid: RA MA, 2007
- Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España (CSCAE), *INSTALACIONES SOLARES TÉRMICAS: Predimensionado y Dimensionado*. Disponible en : [http://www.coavn.org/coavn/cte/cursonavarra/he4\\_03\\_dimensionado.pdf](http://www.coavn.org/coavn/cte/cursonavarra/he4_03_dimensionado.pdf)
- dmELECT. Software para instalaciones eléctricas. Documentos facilitados por el programa.
- Schneider Electric. Tarifa de precios y catálogos de aparataje. Disponibles en: <https://www.schneider-electric.es>



# ANEXOS



# METASOL

Metodología de cálculo para sistemas solares térmicos





## 1. RESUMEN

---

MetaSol es una metodología para el cálculo de la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria en instalaciones solares térmicas. Con ésta, el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) y ASIT (Asociación Solar de la Industria Térmica) quieren ofrecer a todos los actores implicados una nueva forma rápida y precisa de comprobar el correcto dimensionado de dichas instalaciones.

El método MetaSol combina la precisión y flexibilidad de la simulación dinámica de programas como TRANSOL, la rapidez y simplicidad de métodos estáticos como F-Chart, manteniendo presente las características del mercado español y la normativa aplicable.

## 2. ANTECEDENTES

---

España ha sido uno de los primeros países en introducir la obligatoriedad de incorporar instalaciones de energía solar térmica para la preparación de agua caliente sanitaria en edificios de nueva construcción o rehabilitación de edificios. Al tratarse de una normativa pionera a nivel mundial, se han manifestado durante el desarrollo de la misma algunas omisiones en el contenido que limitan los beneficios potenciales que la tecnología solar térmica puede llegar a ofrecer. Una de las limitaciones es la ausencia de una metodología de cálculo de las prestaciones de la instalación común a todos los actores del mercado.

El principal requisito normativo, articulado a través de la sección HE-4 del CTE, establece la necesidad de alcanzar en los edificios afectados una determinada contribución solar mínima, de cantidad variable en función de tres factores: radiación en la localidad donde se encuentra la instalación, demanda teórica de agua caliente sanitaria y sistema auxiliar (o complementario) del sistema solar. Además, se establecen ciertas exenciones en el caso de limitaciones arquitectónicas o urbanísticas.

Esta contribución solar mínima se especifica en forma de porcentaje sobre la demanda total de agua caliente sanitaria, la conocida fracción solar mínima. Dado que la demanda (neta) queda básicamente definida en el propio CTE en función de la aplicación del edificio, la duda a la hora de determinar si una instalación cumple o no con la normativa vigente es calcular si, dadas sus características técnicas, es capaz de aportar la energía solar térmica necesaria. En el CTE, no se especifica cómo debe



realizarse este cálculo, dejándose a criterio del proyectista el método de cálculo, que “deberá establecerse en la memoria”.

Esta solución tiene, como todas, ventajas e inconvenientes; un problema potencial es que dos proyectistas diferentes ofertando un proyecto para una misma instalación pueden concluir en que resulta necesaria una cantidad de superficie de captadores diferente. Un captador arriba, un captador abajo, no redundará en un gran ahorro de emisiones y por tanto no resulta crítico, pero de entre las dos ofertas, solo una ganará ese trocito de mercado. Dado que el método de cálculo es libre, la competencia entre instaladores se traslada desde el correcto dimensionado hacia el menor tamaño de sistema que podamos calcular, y esa espiral de reducción de costes (cabe recordar que aquellos obligados a contratar la instalación solar térmica no son los propietarios finales) acaba penalizando en mayor o menor medida el dimensionado e incluso la calidad de las instalaciones. Esto es desde luego poco deseable para el sector y la ciudadanía en general.

Esta carencia normativa lleva a ASIT, con el apoyo de IDAE, a proponer la creación de un método de cálculo específico para satisfacer las necesidades del mercado español. El método ha sido desarrollado por AIGUASOL bajo la supervisión de la comisión técnica de ASIT y el departamento solar de IDAE, y se basa en la herramienta de simulación dinámica TRANSOL incorporando principios del método F-Chart.

### 3. EL MÉTODO F-CHART

---

Antes de describir el método MetaSol introducimos brevemente el método F-Chart, que por su popularidad resulta habitualmente utilizado en buena parte de los proyectos ejecutados en España.

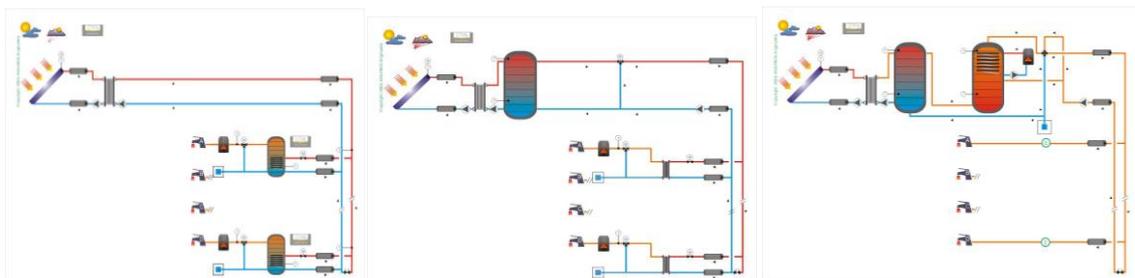
El método F-Chart está basado en el programa de simulación dinámica TRNSYS, y es un método estático, basado en correlaciones desarrollado en la década de los setenta del siglo pasado. A partir de un modelo TRNSYS del sistema solar térmico, se realizan varias simulaciones y se extraen una serie de curvas que relacionan la fracción solar del sistema con determinados parámetros de diseño del mismo.

La principal ventaja de este método es que es relativamente sencillo, y es posible incorporarlo en una hoja de cálculo pese a no tener excesivos conocimientos de informática o incluso energía solar térmica. Pese a ello, cuenta con algunas limitaciones, de entre las más importantes:



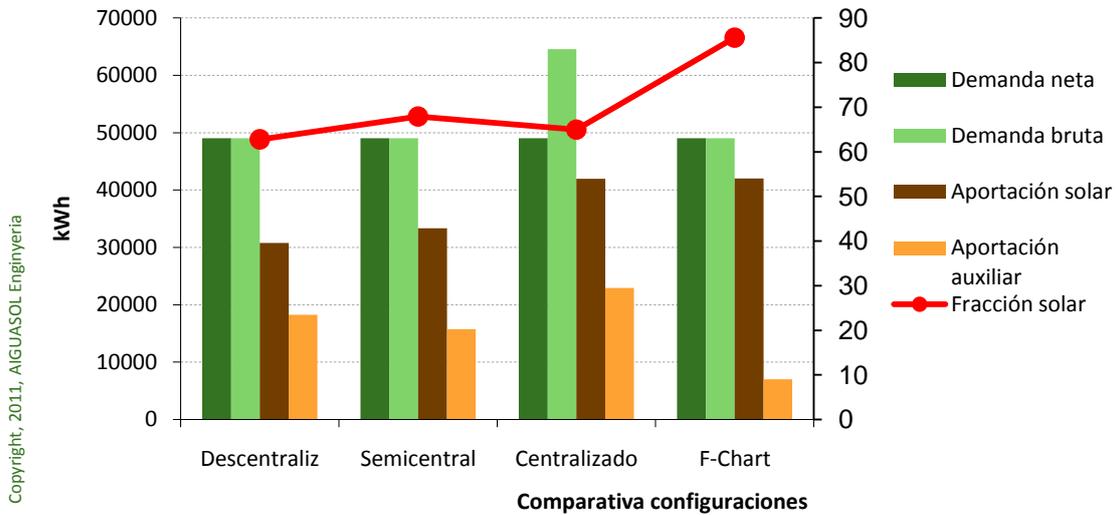
- Es válido únicamente para una configuración de sistema solar térmico
- No incorpora el coeficiente de pérdidas de segundo orden del captador
- El rango de aplicación está limitado, en principio, a un consumo de unos 560 kg/día
- No contempla que el captador o acumulador solar alcancen su temperatura máxima
- No contempla el circuito de distribución de la instalación

En particular, la limitación asociada a la configuración única resulta un factor limitante en la aplicación del método F-Chart al mercado español; el despliegue de la energía solar térmica en bloques de pisos hace que las casuísticas posibles a nivel de configuración se amplíen notablemente. Así, de entre las tres configuraciones a continuación, el método F-Chart no establece ninguna diferencia en su producción energética:



*Fig 1. Posibles configuraciones de sistemas solares térmicos para edificios*

Resulta obvio que para la misma área de captación y volumen de acumulación, la aportación solar en los tres casos será diferente, pero para el método F-Chart, el resultado es equivalente. En el gráfico y la tabla a continuación se comparan los resultados de estos tres sistemas calculados mediante simulación dinámica en el programa TRANSOL con los resultados obtenibles en F-Chart:



		TRANSOL			F-Chart
		Descentraliz	Semicentral	Centralizado	Todos
Demanda neta	kWh	49059	49059	49059	49059
Demanda bruta	kWh	49059	49059	64594	49059
Producción solar	kWh	55344	50503	49824	--
Aportación solar	kWh	30786	33322	41962	42019
Aportación auxiliar	kWh	18273	15737	22954	7045
Fracción solar	%	<b>62.8</b>	<b>67.9</b>	<b>65</b>	<b>85.6</b>

Tabla 1: comparativa resultados

Más allá de los valores concretos, se aprecia una sobrevaloración de los resultados energéticos del sistema en el método F-Chart, debido principalmente a que se trata de un cálculo desarrollado para una configuración típica de vivienda unifamiliar, en tanto que estamos calculando un bloque de pisos. El hecho de que como hipótesis de partida se asuma que no se satura el sistema en verano y la omisión (por cuestiones históricas) del coeficiente de segundo orden tienden a sobrevalorar el cálculo a fracciones solares altas. La consecuencia final es una infravaloración del consumo auxiliar y por tanto de las emisiones. Notar que el sistema centralizado arroja valores de aportación solar comparables en ambos métodos, dado que es muy similar a la configuración única de F-Chart, si bien en este método se ignoran las pérdidas térmicas asociadas al circuito de distribución.



## 4. EL MÉTODO METASOL

---

El método MetaSol combina la precisión y flexibilidad de la simulación dinámica de programas como TRANSOL, la rapidez y simplicidad de métodos estáticos como F-Chart, manteniendo presente las características del mercado español y la normativa aplicable.

Para obtener un método de cálculo instantáneo se ha seguido una aproximación similar a la del método F-Chart: partiendo de modelos detallados, obtenidos del programa TRANSOL, se realizan gran cantidad de simulaciones para correlar los resultados obtenidos en función de las variables clave del sistema.

A diferencia del caso F-Chart, las condiciones de contorno (radiación, temperatura ambiente, temperatura del agua de red, demanda, etc.) se fijan de acuerdo a la normativa española. Además, en lugar de fijar la configuración del sistema, se han escogido siete configuraciones diferentes, que incluyen sistemas para viviendas unifamiliares, bloques de pisos y sistemas para piscinas cubiertas. Estos cubren la mayor parte de sistemas instalados en España, si bien no la totalidad de las posibilidades de sistema solar; en ocasiones, se debe escoger una configuración de sistema similar a la instalada, que en cualquier caso, mejorará la precisión en comparación con métodos estáticos desarrollados para el cálculo de sistemas de viviendas unifamiliares.

La tabla a continuación resume algunas de las diferencias entre ambos métodos de cálculo

	MetaSol	F-Chart
Configuraciones	7	1
Climas	7	1
Simulaciones	69.000	300
Demanda máxima	3000 kg/día	560 kg/día

**Tabla 2: comparativa entre MetaSol y F-Chart**

Estos datos ya indican que el rango de aplicación del método de cálculo MetaSol es notablemente más amplio que en el caso del método F-Chart. A partir de las más de 69.000 simulaciones realizadas se obtienen, en base mensual más de 800.000 datos, que conforman la información utilizada para generar las correlaciones.

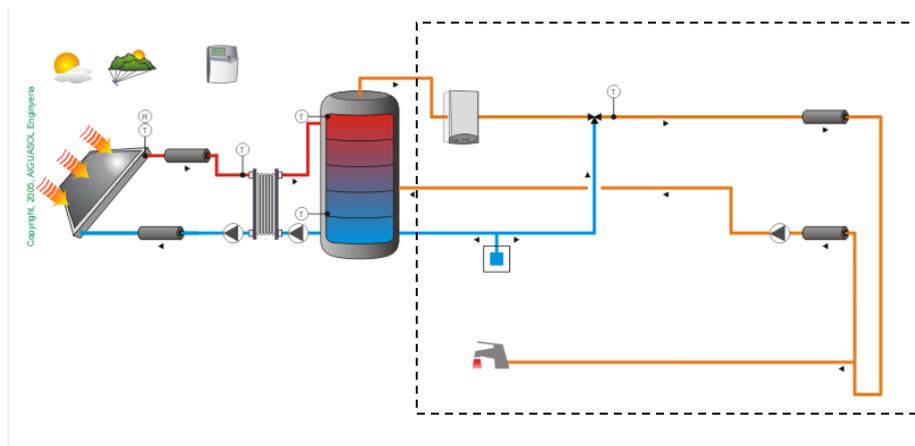
Se han definido 12 variables de entrada que caracterizan las condiciones de operación y propiedades del sistema, y tres factores de efectos aleatorios, que caracterizan la



localización (radiación, temperatura de agua de red y temperatura ambiente), si bien no todas ellas tienen sentido en todos los esquemas, por lo que cada función está caracterizada por entre 6 y 10 variables y 2 o 3 factores climáticos. La forma de las funciones es bastante similar a las del método F-Chart, y la metodología de cálculo es igual de sencilla: dada una localización, un consumo, una configuración y las características de los componentes que forman el sistema, el proceso de cálculo consta de dos pasos:

1. Determinación de las variables de entrada  $F_i$  (climáticas) y  $A_i$  (propias del sistema)
2. Substitución de  $F_i$  y  $A_i$  en las funciones de resultados de la configuración escogida

Las funciones analíticas que caracterizan la aportación solar se han determinado intentando mantener en la medida de lo posible expresiones sencillas, consistentes (con una forma similar para todas las configuraciones) y desde luego, precisas. A modo de ejemplo, presentamos aquí los resultados para un sistema de vivienda unifamiliar con intercambiador externo, que representamos según la figura a continuación



*Fig 3. Configuración solar vivienda unifamiliar*

Para esta configuración, el sistema de referencia sería el indicado por la línea discontinua. La aportación solar a consumo será la diferencia entre el consumo de la caldera en el caso del sistema solar y el consumo de la caldera en el sistema de referencia.



Por tanto, definimos la aportación solar a consumo como la energía que entra en la caldera desde el acumulador solar, es decir la energía producida por el campo de captadores menos las pérdidas en el acumulador solar y en el circuito de tuberías del primario. Llamamos Y1 a esta función; la función ln Y1 se aproxima a partir de una combinación lineal de variables explicativas y coeficientes que se especifican en la tabla siguiente:

Función ln Y1 para SCH104

1	-0.1735283869
ln F1	1.1269537804
ln A3	-0.0912676768
A2/A3	-22.9836361
A1	-0.0459984729
A5	-1.4155198442
A4	0.8250408319
X <sup>2</sup>	-0.0659330606
X <sup>3</sup>	-0.0581971270
X <sup>4</sup>	-0.0140303160

**Tabla 3: coeficientes de regresión para el esquema anterior**

Donde X se define como el ln (F1/A3), siendo F1 la radiación incidente en el absorbedor del captador en base mensual, A3 la demanda en base mensual. A1 es el coeficiente lineal del captador, A5 el coeficiente de segundo orden del captador, A4 el ratio de acumulación por unidad de área del captador y A2 el área de captación. Truncando a 3 decimales, la tabla anterior equivale a la siguiente función:

$$\ln Y1 = -0.173 + 1.03 \ln F1 - 0.091 \cdot X - 22.984 \frac{A2}{A3} - 0.045 \cdot A1 - 1.41 \cdot A5 + 0.82 \cdot A4 - 0.066 \cdot X^2 - 0.058 \cdot X^3 - 0.014 \cdot X^4$$

y haciendo la exponencial, nos queda una función de la forma



$$Y1 = cnt + (R(F1) - P(X)) \cdot e^{Q(A1,A2,A3,A4,A5)}$$

Donde  $R(F1)$  es una función exclusivamente de la radiación incidente en el absorbedor, y de valor próximo a  $F1$ ,  $P(X)$  ( $>0$ ) es un polinomio del cociente entre radiación y demanda y  $G(A1,A2,A3,A4,A5)$  ( $<0$ ) es una combinación lineal de las variables que caracterizan el sistema. Esta representación resulta curiosa, ya que agrupa todas las variables del sistema en una única función, exponencial decreciente, y las características de la localización y la demanda en otra función. La forma de esta función es extremadamente habitual en la solución de ecuaciones de transferencia de calor, lo que es de agradecer, dado que todo el sistema solar es en último término un intercambiador de calor entre la energía radiante del sol y el agua sanitaria.

Extrayendo factor común de  $F1$  y dividiendo a ambos lados tendríamos la eficiencia térmica del sistema solar. La expresión analítica resultante tiene una expresión similar a la de la curva de un captador solar si identificamos la variable  $X$  como una función de  $(T_m - T_a)$ , por lo que se podría inferir que  $X$  es un indicador de la temperatura media del sistema.

Vemos también que el conjunto  $R(F1) - P(X)$  es algo parecido a la radiación incidente menos una serie de términos, que tienden a 0 cuando la demanda crece, pero cuya derivada crece rápidamente al disminuir la demanda. Físicamente se puede interpretar como que la radiación utilizable disminuye al disminuir la demanda.

También resulta destacable que los coeficientes característicos del sistema, como el área de captación, los coeficientes de pérdidas del captador, etc no aparecen en la expresión como términos puramente lineales, sino que los términos de la expresión que los incorporan siempre están condicionados por la radiación y la demanda. En otras palabras, la derivada de la función respecto a cualquier parámetro del sistema es función de la radiación y la demanda disponible.

Una vez obtenida la función, se comparan los resultados obtenidos mediante simulación dinámica con los resultados que ofrece la función de regresión; la tabla

Percentil			
05	25	75	95
-7.94	-3.27	3.42	7.23

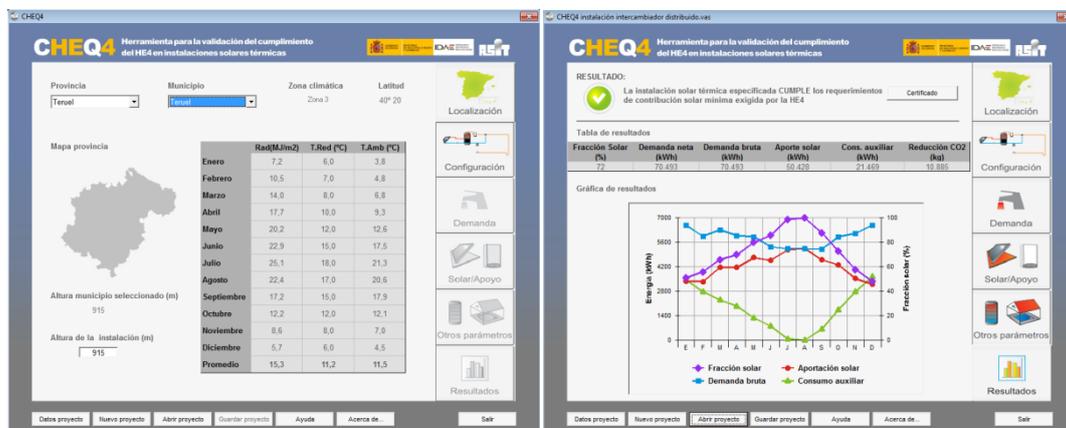


**Tabla 4: indicadores estadísticos de la regresión: percentiles de error**

Esto significa que, en el caso de esta configuración un 50 % de los puntos tienen un error relativo entre -3.27 % y 3.42 %. Solo un 5 % de los puntos tienen un error mayor del -7.94 % o mayor del 7.23 %. Además, dado que el error final es la suma de los errores para los doce meses del año y la distribución del error es bastante simétrica, estos tenderán a cancelarse. En todo caso, esto no impide que en alguna situación concreta el error en el cálculo pueda ser mayor.

## 5. CHEQ4

La nueva metodología de cálculo MetaSol es completamente abierta. Cualquier usuario puede disponer de toda la información necesaria para su correcta implementación. No obstante, también se ha desarrollado una sencilla e intuitiva interfaz.



**Fig 4. Capturas de pantalla del software CHEQ4.**

El software de libre distribución CHEQ4 permite validar el cumplimiento de la contribución solar del HE4, utilizando como motor la nueva metodología de cálculo MetaSol. CHEQ4 incorpora todas las bases de datos necesarias y permite generar un informe justificativo de los resultados obtenidos de forma rápida y sencilla.



## 6. CONCLUSIONES

---

Tal como exponíamos al inicio, resulta necesario para mejorar la calidad de las instalaciones la homogeneización de una metodología de cálculo entre los actores implicados en el mercado solar térmico. Por otro lado, el método F-Chart que por popularidad y rapidez es el más utilizado en España ofrece limitaciones debido a la sistemática utilización del mismo lejos del rango de aplicación para el que fue concebido, así como la evolución tecnológica y prestacional de la energía solar térmica desde que se creó, en el año 1975, hasta nuestros días.

Dado que los métodos de cálculo actuales más precisos, basados en simulación dinámica, pueden resultar relativamente complicados de interpretar y manejar, no son lo suficientemente sencillos para garantizar su adecuado uso por parte de todos los proyectistas e instaladores. Además, no son invertibles, en el sentido que no permiten deducir de forma inmediata el área de captación necesaria para conseguir una determinada fracción solar y exigen cálculos iterativos, lo que aumenta el tiempo dedicado a dimensionar el sistema por parte de instaladores y proyectistas.

Por todo ello, se ha optado por desarrollar un nuevo método de cálculo, que mantenga la simplicidad y rapidez del método F-Chart, pero aumentando el rango de aplicación, sensible a la configuración del sistema solar térmico y, en definitiva adaptado al mercado y normativa españoles.