



EG36603.02

EDICIÓN 02

# CENTRAL HIDROELÉCTRICA IRUEÑA

EL SAHUGO Y EL BODÓN, SALAMANCA

DICIEMBRE 2022

TOMO V



# ÍNDICE

## CENTRAL HIDROELÉCTRICA IRUEÑA

### EL SAHUGO Y EL BODÓN, SALAMANCA

#### TOMO V

CÓDIGO	ÍNDICE GENERAL DEL PROYECTO	
EG366030100	PORTADA	
EG366030101	1. MEMORIA	
	ANEJOS CONSIDERACIONES GENERALES	
EG366030102 A00	AG-0	Antecedentes administrativos
EG366030102 A01	AG-1	Ficha técnica
EG366030102 A02	AG-2	Hidrología
EG366030102 A03	AG-3	Estudio de Alternativas
EG366030102 A04	AG-4	Estudio Producción Hidroeléctrica
EG366030102 A05	AG-5	Informe medioambiental
EG366030102 A06	AG-6	Expropiaciones
EG366030102 A07	AG-7	Plan de Obra
EG366030102 A08	AG-8	Medidas de restauración ambiental e integración paisajística
EG366030102 A09	AG-9	Estudio de Seguridad y Salud
EG366030102 A10	AG-10	Estudio de Gestión de Residuos
EG366030102 A11	AG-11	Fases constructivas
EG366030102 A12	AG-12	Justificación de precios
EG366030102 A13	AG-13	Plan de ensayos de materiales y equipos
EG366030102 A14	AG-14	Presupuesto para el conocimiento de la administración
	ANEJOS OBRA CIVIL	
EG366030103 A01	AC-1	Topografía y cartografía
EG366030103 A02	AC-2	Estudio geológico y geotécnico
EG366030103 A03	AC-3	Estudio inundabilidad
EG366030103 A04	AC-4	Cálculos hidráulicos y mecánicos de la tubería forzada
EG366030103 A05	AC-5	Edificio de la Central Hidroeléctrica
EG366030103 A06	AC-6	Accesos a las instalaciones
	ANEJOS EQUIPOS ELECTRICOS Y MECANICOS	
EG366030104 A01	AE-1	Definición de equipos electromecánicos Central Hidroeléctrica
EG366030104 A02	AE-2	Definición de equipos eléctricos Subestación Eléctrica.
EG366030104 A03	AE-3	Cálculos eléctricos Alta Tensión
EG366030104 A04	AE-4	Cálculos eléctricos Baja Tensión
EG366030104 A05	AE-5	Definición del sistema de control y comunicaciones

CÓDIGO	ÍNDICE GENERAL DEL PROYECTO	
EG366030104 A06	AE-6	Diseño de instalaciones auxiliares
EG366030104 A07	AE-7	Cálculos magnéticos
	<b>2. PLANOS</b>	
<b>EG3660302</b>	<b>P-01</b>	<b>Situación</b>
<b>EG3660302</b>	<b>P-02</b>	<b>Topografía</b>
		Planta de topografía. Levantamiento topográfico
	<b>P-03</b>	<b>Replanteo</b>
EG3660302	P03-01	Circuito hidráulico. Tubería forzada
EG3660302	P03-02	Circuito hidráulico. Plataforma, Central y Subestación
EG3660302	P03-03	Circuito hidráulico. Canales de descarga
EG3660302	P03-04	Vial de acceso. Acceso a la central hidroeléctrica y Subestación
	<b>P-04</b>	<b>Planos generales</b>
EG3660302	P04-01	Planta general. Topografía
EG3660302	P04-02	Planta general. Ortofoto
EG3660302	P04-03	Circuito hidráulico. Planta y perfil
	<b>P-05</b>	<b>Tubería forzada</b>
EG3660302	P05-01	Movimiento de tierras. Fase de ejecución
EG3660302	P05-06	Tubería forzada. Detalles
EG3660302	P05-07	Macizos de anclaje. Geometría
EG3660302	P05-08	Macizos de anclaje. Estructura
	<b>P-06</b>	<b>Central hidroeléctrica</b>
		<b>Obra civil</b>
EG3660302	P06-01	Movimiento de tierras. Planta
EG3660302	P06-02	Movimiento de tierras. Perfiles
		<b>Urbanización</b>
EG3660302	P06-03	Planta
EG3660302	P06-04	Detalles
		<b>Arquitectura</b>
EG3660302	P06-05	Superficies
EG3660302	P06-06	Definición geométrica
EG3660302	P06-07	Acabados
EG3660302	P06-08	Sección constructiva
EG3660302	P06-09	Carpinterías
EG3660302	P06-10	Detalles
		<b>Estructura</b>
EG3660302	P06-11	Secciones
EG3660302	P06-12	Macizos de turbinas
EG3660302	P06-13	Losas
EG3660302	P06-14	Cuadro de pilares
EG3660302	P06-15	Forjado y huecos puertas

CÓDIGO	ÍNDICE GENERAL DEL PROYECTO	
EG3660302	P06-16	Pasarela ataguías
EG3660302	P06-17	Cubierta
	<b>P-07</b>	<b>Vial de acceso</b>
EG3660302	P07-01	Trazado. Planta y perfil longitudinal
EG3660302	P07-02	Trazado. Perfiles transversales
EG3660302	P07-03	Trazado. Sección tipo
EG3660302	P07-04	Drenaje. Planta
EG3660302	P07-05	Drenaje. Detalles
EG3660302	P07-06	Señalización y balizamiento. Planta
EG3660302	P07-07	Señalización y balizamiento. Detalles
	<b>P-08</b>	<b>Planos de equipos electromecánicos</b>
	<b>P-09</b>	<b>P&amp;ID Sistemas auxiliares turbogrupos</b>
EG3660302	P09-01	P&ID Sistema de regulación
EG3660302	P09-02	P&ID Sistema de lubricación
EG3660302	P09-03	P&ID Sistema de refrigeración
	<b>P-10</b>	<b>Esquemas unifilares</b>
EG3660302	P10-01	Esquema Unifilar Protecciones
EG3660302	P10-02	Esquema Unifilar Baja Tensión
	<b>P-11</b>	<b>Instalaciones Auxiliares</b>
EG3660302	P11-01	Alumbrado y fuerza
EG3660302	P11-02	Protección contra incendios
EG3660302	P11-03	Ventilación
EG3660302	P11-04	Abastecimiento
EG3660302	P11-05	Saneamiento
EG3660302	P11-06	Canalizaciones
EG3660302	P11-07	Red de tierras
EG3660302	P11-08	Red de drenaje
	<b>P-12</b>	<b>Arquitectura de control y comunicaciones</b>
	<b>P-13</b>	<b>Subestación</b>
EG3660302	P13-01	Implantación de equipos. Planta General
EG3660302	P13-02	Implantación de equipos. Secciones
EG3660302	P13-03	Cimentaciones. Planta General
EG3660302	P13-04	Cimentaciones. Zapatas y Bancada Transformadores
EG3660302	P13-05	Canalizaciones. Planta General
EG3660302	P13-06	Urbanización. Planta General
EG3660302	P13-07	Urbanización. Cerramiento y acceso.
EG3660302	P13-08	Drenaje. Planta General
EG3660302	P13-09	Red de tierra. Planta General
EG3660302	P13-10	Protección atmosférica. Pararrayos
EG3660302	P13-11	Estructura. Pórtico 45 kV



<b>CÓDIGO</b>	<b>ÍNDICE GENERAL DEL PROYECTO</b>	
EG3660302	P13-12	Estructura. TT y Autoválvulas 45 kV entrada posición línea
EG3660302	P13-13	Estructura. Autoválvulas 45 kV posición trafo
EG3660302	P13-14	Estructura. Aislador barras y autoválvulas 6 kV posición trafo
EG3660302	P13-15	Caseta de medida facturación
EG3660302	P13-16	Implantación 3D
<b>EG3660303</b>	<b>3.PLIEGO DE CONDICIONES</b>	
<b>EG3660304</b>	<b>4.PRESUPUESTO</b>	

## ANEJOS EQUIPOS ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS

---

## ANEJO AE-01. EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS

---

## ÍNDICE

<b>1. OBJETO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. NORMATIVA DE APLICACIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>3. CARACTERÍSTICAS DEL APROVECHAMIENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>4. DISEÑO TURBOGRUPO .....</b>	<b>6</b>
4.1. DISEÑO TURBINA.....	6
4.2. DISEÑO GENERADOR.....	13
4.3. EQUIPAMIENTO AUXILIAR .....	16
<b>5. PUENTE GRÚA.....</b>	<b>28</b>
<b>6. EQUIPOS ELECTRICOS .....</b>	<b>29</b>
6.1. CABINAS METALICAS 6 KV .....	29
6.2. CONDUCTORES DE POTENCIA .....	36
6.3. CUADROS ELÉCTRICOS .....	36
6.4. INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN Y CORRIENTE CONTINUA .....	37
6.5. PROTECCIONES ELÉCTRICAS .....	40

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Niveles Aprovechamiento Hidroeléctrico. ....	4
Tabla 2. Saltos G1 Aprovechamiento Hidroeléctrico.....	4
Tabla 3. Saltos G1 Aprovechamiento Hidroeléctrico.....	4
Tabla 4. Saltos G1+G2 Aprovechamiento Hidroeléctrico. ....	5
Tabla 5. Caudales G1, G2 Aprovechamiento Hidroeléctrico. ....	5
Tabla 6. Resumen características Turbina – 1 Francis Horizontal.....	12
Tabla 7. Resumen características Turbina – 2 Francis Horizontal.....	12
Tabla 8. Rendimientos Generador Nº1. ....	13
Tabla 9. Cálculo potencia Generador Nº1. ....	14
Tabla 10. Rendimientos Generador Nº1. ....	14
Tabla 11. Cálculo potencia Generador Nº2. ....	14
Tabla 12. Resumen características generador Nº 1.....	15
Tabla 13. Resumen características generador Nº 2.....	16
Tabla 14. Características técnicas Válvula Mariposa -1.....	16
Tabla 15. Características técnicas Válvula Mariposa -2.....	16
Tabla 16. Características técnicas Válvula Descarga -1.....	18
Tabla 17. Grupo Oleohidráulico. Presiones de trabajo. ....	19
Tabla 18. Características Bombas de Achique.....	26
Tabla 19. Características Puente grúa. ....	29
Tabla 20. Características generales cabinas generación. ....	30
Tabla 21. Características generales cabinas generación. ....	38
Tabla 22. Características generales grupo electrógeno.....	38



## LISTADO DE IMÁGENES

Imagen 1. Selección del tipo de turbina. ....	7
Imagen 2. Características Turbina – 1 .....	8
Imagen 3. Curva colina Turbina -1.....	8
Imagen 4. Aproximación dimensional Turbnpro Turbina -1.....	9
Imagen 5. Aproximación dimensional fabricante Turbina -1. ....	9
Imagen 6. Características Turbina – 2. ....	10
Imagen 7. Curva colina Turbina -2.....	10
Imagen 8. Aproximación dimensional Turbnpro Turbina -2.....	11
Imagen 9. Aproximación dimensional fabricante Turbina -2. ....	11
Imagen 10. Curva de selección bombas de drenaje. ....	27

## 1. OBJETO

---

El objeto del presente documento es la completa definición de los equipos electromecánicos de la Central Hidroeléctrica de Iruña (Salamanca).

Se describen las obras a ejecutar y equipos electromecánicos y eléctricos a instalar para el correcto funcionamiento de la Central Hidroeléctrica. Concretamente, son objeto de este documento el equipamiento que conforma los turbogrupos para generación hidroeléctrica (turbina, generador), así como equipamiento auxiliar asociado a los turbogrupos y equipos eléctricos.

Este documento realiza un dimensionamiento preliminar de los principales equipos que deberá ser refutado y adaptado por el adjudicatario de la obra, de acuerdo con los equipos finalmente adquiridos.

En este documento se citan equipos asociados a la subestación, control y baja tensión, si bien este documento no tiene por objeto justificar o definir en detalle los mismos. La definición y cálculos de estos equipos se realizan en los siguientes documentos:

- Los equipos asociados a la subestación se describen en el Anejo AE-2 Definición de equipos eléctricos Subestación Eléctrica.
- Los cálculos justificativos de baja tensión se muestran en el Anejo AE-4 Cálculos de Baja Tensión.
- La descripción de los equipos que forman la red de control se muestra en el Anejo AE-5 Definición del sistema de control y comunicaciones.

## 2. NORMATIVA DE APLICACIÓN

---

La normativa de referencia para el diseño de los equipos electromecánicos propuestos cumplirá con la última edición de las siguientes normas o documentos de referencia:

- ASME Sección VIII División 1. Diseño, Construcción e Inspección de Tanques y Recipientes a Presión.
- ASME Sección VIII División 2. Reglas para la Construcción de Tanques y Recipientes a Presión.
- UNE-EN 60041. Ensayos de recepción en campo de turbinas hidráulicas, bombas de acumulación y turbinas –bomba, para la determinación de sus prestaciones hidráulicas.
- UNE-EN 60193. Turbinas hidráulicas, bombas de acumulación y turbinas-bombas. Ensayos de recepción en modelo.
- UNE-EN 60308. Turbinas hidráulicas. Ensayos de los sistemas de regulación.
- IEC 60545. Guide for commissioning, operation and maintenance of hydraulic turbines.

- UNE-EN 60609-1. Turbinas hidráulicas, bombas de acumulación y turbinas-bombas. Evaluación de la erosión por cavitación. Parte 1: Evaluación en las turbinas de reacción, bombas de acumulación y turbinas-bombas.
- UNE-EN 60034. Máquinas eléctricas rotativas (todas sus partes).
- UNE-EN 1092-1. Bridas y sus uniones. Bridas circulares para tuberías, grifería, accesorios y piezas especiales, designación PN. Parte 1: Bridas de acero.
- UNE-EN 1514-1. Bridas y sus complementos. Medidas de las juntas para bridas designadas por la PN. Parte 1: Juntas planas no metálicas con o sin insertos.
- UNE-EN 736. Válvulas.
- UNE-EN 12266. Válvulas industriales. Ensayo de válvulas metálicas.
- FEM 1.001 Rules for the Design of Hoisting Appliances.
- CMAA 70 Specification for Top Running Bridge and Gantry Type Multiple Girder Electric Overhead Traveling Cranes.
- FEM 9.511 Clasificación de los polipastos eléctricos.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- 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.
- Real Decreto 2267/2004 Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (RSCIEI). Requisitos relativos a las prestaciones de fuego de los cables eléctricos.
- UNE-HD 601. Cables de distribución de tensión asignada 0,6/1 kV.
- UNE 21123. Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kV. Parte 4.
- UNE-EN 60228. Conductores de cables aislados.
- Directiva 2000/14/CE el Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de diciembre de 2005, por la que se modifica la Directiva 2000/14/CE relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre emisiones sonoras en el entorno debidas a las máquinas de uso al aire libre.
- Real Decreto 212/2002, de 22 de febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre
- Real Decreto 524/2006, de 28 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 212/2002, de 22 de febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre.
- UNE-EN 61439-1. Conjuntos de aparamenta de baja tensión. Parte 1: Reglas generales.
- UNE-EN 61439-2. Conjuntos de aparamenta de baja tensión. Parte 2: Conjuntos de aparamenta de potencia.
- UNE-EN 60947-2. Aparamta de baja tensión. Parte 2: Interruptores automáticos.
- UNE-EN 60947-5-1. Aparamta de baja tensión. Parte 5-1: Aparatos y elementos de conmutación para circuitos de mando. Aparatos electromecánicos para circuitos de mando.
- UNE-EN 61140. Protección contra los choques eléctricos. Aspectos comunes a las instalaciones y a los equipos.

- UNE-EN 61869. Transformadores de medida.
- UNE-EN 60664. Coordinación de aislamiento de los equipos en los sistemas (redes) de baja tensión.
- UNE-EN 60898. Accesorios eléctricos. Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogos para la protección contra sobrecargas.
- UNE-EN 60269. Fusibles de baja tensión.
- UNE-EN 60255. Relés de medida y equipos de protección.
- UNE-EN 60529. Grados de Protección proporcionada por las envolventes (Código IP).
- UNE-EN 50102. Grados de Protección proporcionada por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
- UNE-EN 61326. Material eléctrico para medida, control y uso en laboratorio. Requisitos de compatibilidad electromagnética (CEM).
- UNE-EN 61000. Compatibilidad electromagnética (CEM).
- Directiva Europea Nº548/2014, 21 mayo de 2014 por el que se desarrolla la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta a los transformadores de potencia pequeños, medianos y grandes.
- UNE-EN 61936-1, Instalaciones eléctricas de tensión nominal superior a 1 kV en corriente alterna. Parte 1: Reglas comunes.
- UNE-EN 62271-1, Aparata de alta tensión. Parte 1: Especificaciones comunes para aparata de corriente alterna. (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en febrero de 2018.)
- UNE-EN 62271-100, Aparata de alta tensión. Parte 100: Interruptores automáticos de corriente alterna.
- UNE-EN 62271-200, Aparata de alta tensión. Parte 200: Aparata bajo envolvente metálica de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.
- UNE-EN 62271-101, Aparata de alta tensión. Parte 101: Ensayos sintéticos. (IEC 62271-101)
- UNE-EN 62271-102, Aparata de alta tensión. Parte 102: Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.
- UNE-EN 62271-105, Aparata de alta tensión. Parte 105: Combinados interruptor-fusibles de corriente alterna para tensiones nominales superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.
- UNE-EN 62271-106, Aparata de alta tensión. Parte 106: Contactores, controladores y arrancadores de motor con contactores, de corriente alterna.
- UNE-EN 62271-110, Aparata de alta tensión. Parte 110: Maniobra de cargas inductivas.
- UNE-EN 60282-1, Fusibles de alta tensión. Parte 1: Fusibles limitadores de corriente.
- UNE-EN 60071-1, Coordinación de aislamiento. Parte 1: Definiciones, principios y reglas (IEC 60071).
- UNE-EN 60071-2, Coordinación de aislamiento. Parte 2: Guía de aplicación.
- IEC 61850, Sistemas y redes de comunicación en subestaciones.

### 3. CARACTERÍSTICAS DEL APROVECHAMIENTO

De acuerdo con los estudios hidráulicos, civiles y mecánicos, se obtienen los siguientes datos característicos para la elección y diseño de los equipos electromecánicos en la Central Hidroeléctrica de Irueña

<b>NIVELES APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO</b>	
Nivel máximo embalse	772,50 m.s.n.m.
Nivel embalse nominal	769,00 m.s.n.m.
Nivel mínimo embalse	763,00 m.s.n.m.
Nivel restitución G1 <sup>1</sup>	706,32 m.s.n.m.
Nivel restitución G2 <sup>2</sup>	706,53 m.s.n.m.

Tabla 1. Niveles Aprovechamiento Hidroeléctrico.

<b>SALTOS GRUPO 1 (1,75 m<sup>3</sup>/s)</b>	
Salto bruto máximo	66,18 m
Salto bruto mínimo	56,68 m
Salto bruto nominal	62,68 m
Salto neto nominal	61,89 m
Salto neto máximo	65,39 m
Salto neto mínimo	55,89 m

Tabla 2. Saltos G1 Aprovechamiento Hidroeléctrico.

<b>SALTOS GRUPO 2 (7,75 m<sup>3</sup>/s)</b>	
Salto bruto máximo	65,97 m
Salto bruto mínimo	56,47 m
Salto bruto nominal	62,47 m
Salto neto nominal	60,33 m
Salto neto máximo	63,83 m
Salto neto mínimo	54,33 m

Tabla 3. Saltos G1 Aprovechamiento Hidroeléctrico.

<sup>1</sup> Nivel en restitución del G1 con un caudal de 1,75 m<sup>3</sup>/s

<sup>2</sup> Nivel en restitución del G2 con un caudal de 7,75 m<sup>3</sup>/s



SALTOS GRUPO 1+2		
	GRUPO 1	GRUPO 2
Salto bruto máximo	65,95 m	65,95 m
Salto bruto mínimo	56,45 m	56,45 m
Salto bruto nominal	62,45 m	62,45 m
Salto neto nominal (9,5 m <sup>3</sup> /s)	59,92 m	59,71 m
Salto neto máximo (9,5 m <sup>3</sup> /s)	63,81 m	63,84 m
Salto neto mínimo (8,4 m <sup>3</sup> /s)	53,92 m	53,71 m

Tabla 4. Saltos G1+G2 Aprovechamiento Hidroeléctrico.

CAUDALES		
	GRUPO 1	GRUPO 2
Caudal nominal	1,75 m <sup>3</sup> /s	7,75 m <sup>3</sup> /s

Tabla 5. Caudales G1, G2 Aprovechamiento Hidroeléctrico.

De acuerdo con los niveles y saltos anteriores se determinan los siguientes condicionantes para la elección de las turbinas.

- La turbina 1 estará diseñada para dar cumplimiento a la derivación de los menores caudales ecológicos del río Águeda. Se determina que el caudal mínimo turbinado por la turbina 1 será 0,70 m<sup>3</sup>/s.
- La Central Hidroeléctrica de Irueña tiene como punto de conexión la STR Fuenteguinaldo propiedad de Iberdrola Distribución Eléctrica. La potencia nominal del punto de conexión será 4.500 KW. De acuerdo con el estudio hidráulico, se determina la necesidad de limitar el caudal derivado por la turbina número 2 a salto neto máximo para no exceder la potencia máxima en el nudo de conexión. El caudal máximo de la central en estas condiciones será 8,40 m<sup>3</sup>/s (1,75 m<sup>3</sup>/s + 6,65 m<sup>3</sup>/s).
- Ambas turbinas podrán operar en todo el rango de saltos, esto es entre el salto neto mínimo y salto neto máximo, teniendo el punto de máxima eficiencia en el salto neto nominal. Los rangos de operación para cada turbina serán los siguientes:
  - o Turbina 1: 65,39 m – 55,89 m
  - o Turbina 2: 63,83 m – 54,33 m.
- El caudal nominal de la turbina 1 y 2 será 1,75 m<sup>3</sup>/s y 7,75 m<sup>3</sup>/s respectivamente. El caudal máximo derivado por la Central Hidroeléctrica de Irueña es 9,50 m<sup>3</sup>/s
- Dado que no se podrá exceder los 4.500 kW en el punto de conexión, se procederá a la limitación a través del sistema de control de la turbina número 2 durante el funcionamiento G1+G2. El sistema de control, monitorizando la potencia en barras de la subestación de Irueña, ajustará el caudal derivado de la turbina 2 para no exceder la potencia máxima en el nudo de conexión. El caudal derivado en la turbina 2 dependerá del salto neto en cada momento.

Teniendo en cuenta los niveles, saltos y requerimientos del diseño en el epígrafe siguiente se procede al diseño preliminar de las dos turbinas requeridas para la Central Hidroeléctrica Irueña.

## 4. DISEÑO TURBOGRUPO

---

En el presente epígrafe se procede al dimensionamiento de las turbinas de acuerdo con la normativa y manuales de referencia. Cabe destacar que el dimensionamiento de las turbinas es un prediseño que deberá ser validado por el fabricante contratado en fase constructiva.

Para la presente fase de proyecto se ha empleado el programa TURBNPRO Hydro Info Systems Version KC4. Los resultados obtenidos del software de referencia han sido contrastados con diferentes fabricantes, incluyéndose plano preliminar de uno de ellos.

Las características técnicas y dimensionales de las turbinas para el aprovechamiento hidroeléctrico varían según el fabricante consultado. Dada esta variación, el cálculo realizado es referencial, debiéndose ajustar la implantación de las turbinas en la Central Hidroeléctrica según las necesidades de la turbina adquirida.

### 4.1. DISEÑO TURBINA

Como se ha indicado previamente, el diseño de la turbina Francis se realiza a través del software TURBNPRO Hydro Info Systems Version KC4. Las premisas para el diseño de las turbinas de la Central Hidroeléctrica Irueña serán las siguientes:

- Las turbinas seleccionadas son de tipo Francis. Dada la potencia prevista, las turbinas serán de eje horizontal.
- Los saltos brutos y netos son los establecidos en la Tabla 1, Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4 del presente documento.
- Para la elevación de la central se establece la cota de instalación del rodete.
- La temperatura del agua se estima en 22°C, temperatura media del agua a lo largo del año. Este dato se usa para el cálculo de sigma (coeficiente de cavitación)
- Diferencia de altura entre el eje de rodete y el nivel mínimo en la restitución de la turbina. Se estiman una altura de succión de +1,5 m para la turbina 1 y +0,5 para la turbina 2. En ambos casos la sumergencia de la turbina será positiva. Los datos de sumergencia han sido considerados teniendo en cuenta información preliminar aportada por fabricantes consultados. Durante la fase de ingeniería de detalle se tendrá que ajustar la posición de las máquinas, teniendo en cuenta los requerimientos de las máquinas adquiridas.
- Los caudales nominales son los indicados en la Tabla 5.

#### 4.1.1. DETERMINACIÓN DEL TIPO DE TURBINA

La determinación del tipo de turbina se realiza teniendo en cuenta las características hidráulicas del aprovechamiento a partir de un ábaco de selección genérico.

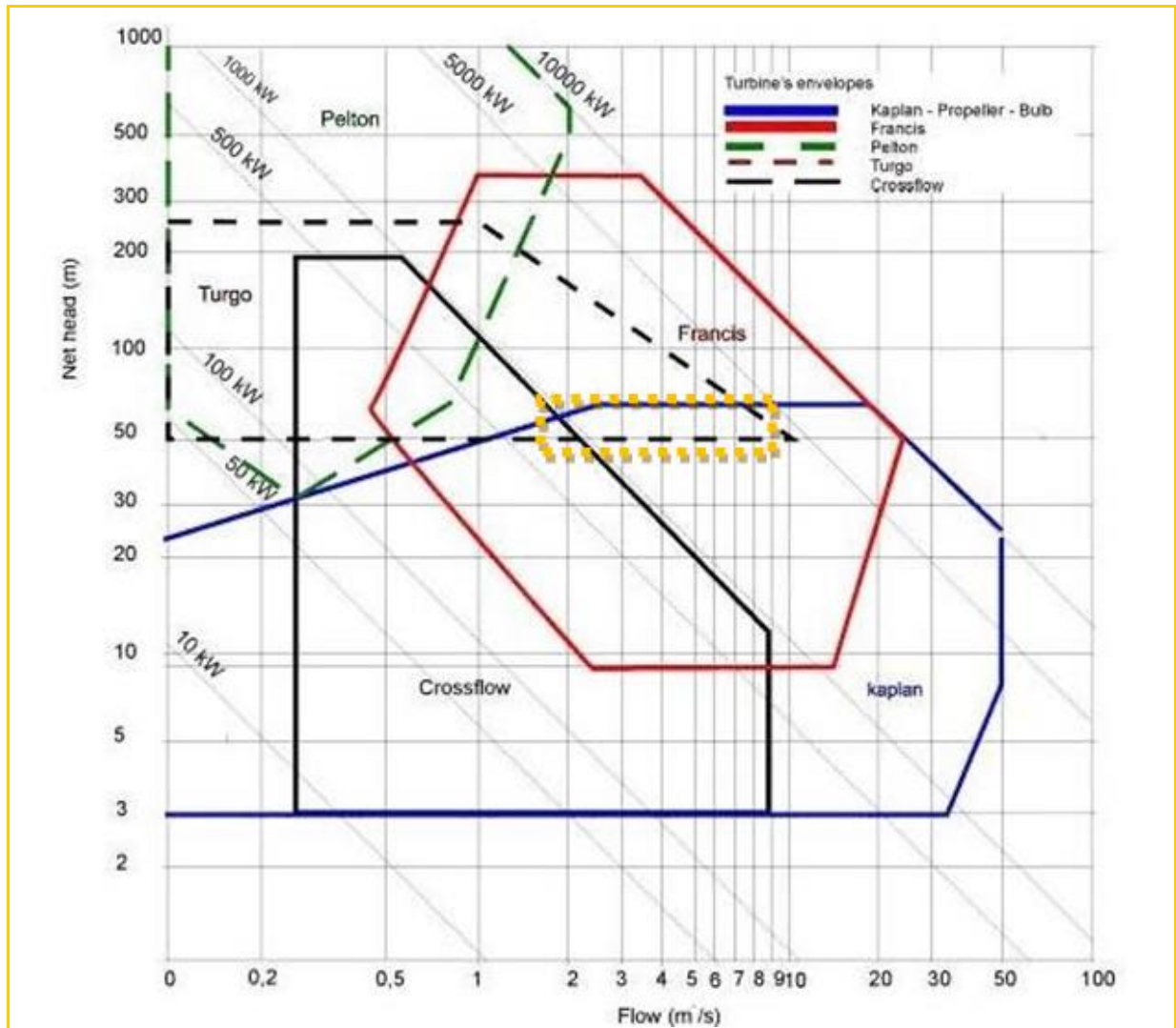


Imagen 1. Selección del tipo de turbina.

A partir de un ábaco generalista se define que dentro de las posibles opciones, la turbina más apropiada por rendimiento y coste es la turbina Francis. Este tipo de turbina es válido para todo el rango de saltos y caudales requeridos en la Central Hidroeléctrica Iruña

#### 4.1.2. CÁLCULO TURBINA Nº1

La turbina nº 1 será la destinada a garantizar el caudal ecológico requerido para la Central Hidroeléctrica Iruña. En las siguientes imágenes se muestra el cálculo a través del software TURBNPRO Hydro Info Systems Version KC4.

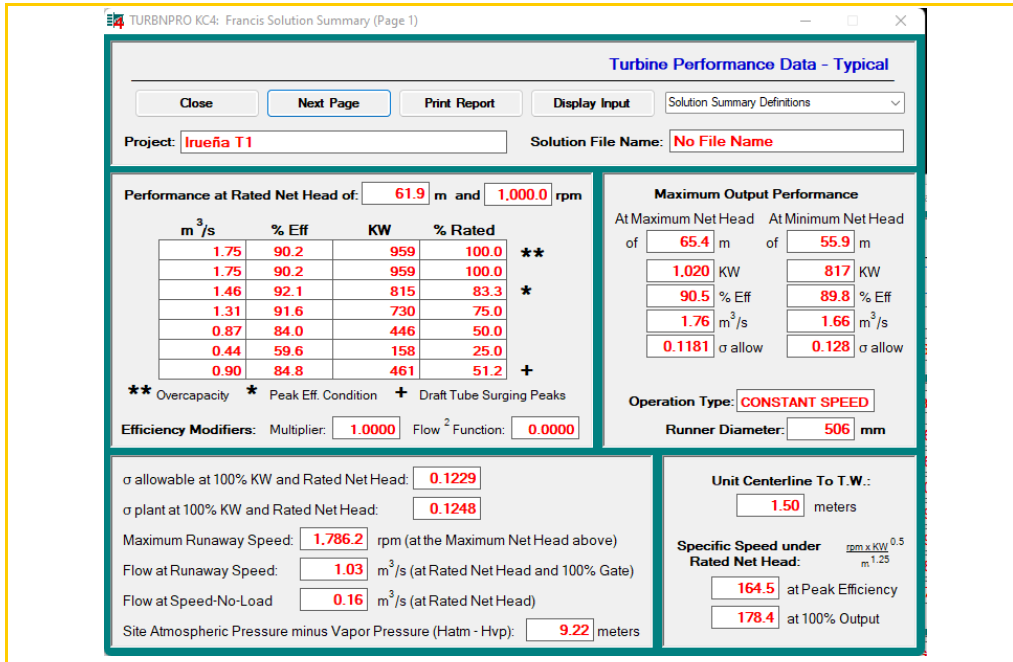


Imagen 2. Características Turbina – 1<sup>3</sup>

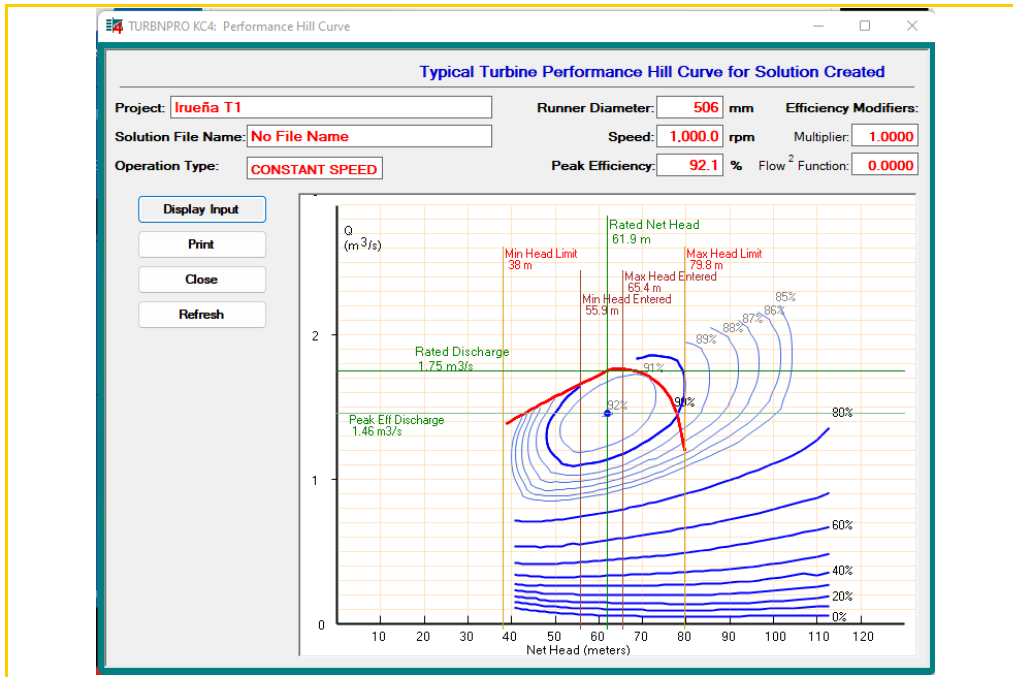


Imagen 3. Curva colina Turbina -1.

<sup>3</sup> Los datos presentados son una estimación preliminar. El diseño de la turbina se deberá ajustar de acuerdo con los datos facilitados por el turbinista adjudicado. La turbina será capaz de turbinar el mínimo caudal ecológico (0,70 m<sup>3</sup>/s) en condiciones estables y sin daños para la máquina. Preferiblemente la turbina-1 podrá turbinar el caudal nominal al salto neto mínimo.

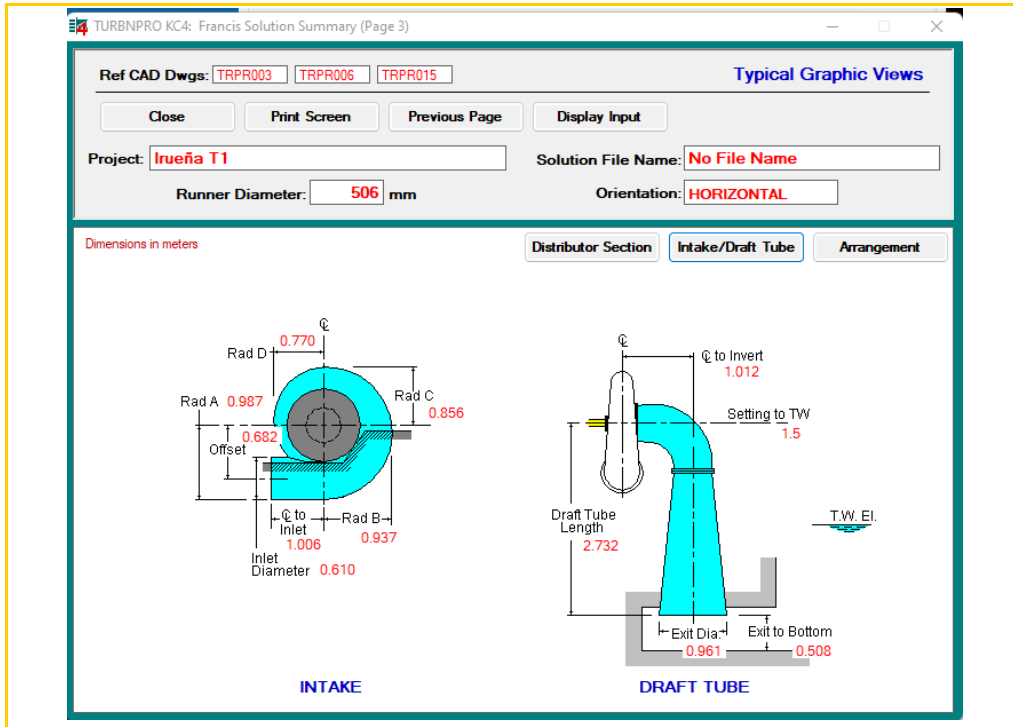


Imagen 4. Aproximación dimensional Turbnpro Turbina -1.

Los datos obtenidos a partir del software TURBNPRO Hydro Info Systems Version KC4 se han contrastado con ofertas de diferentes fabricantes de turbinas. A continuación se muestra las dimensiones del plano del fabricante.

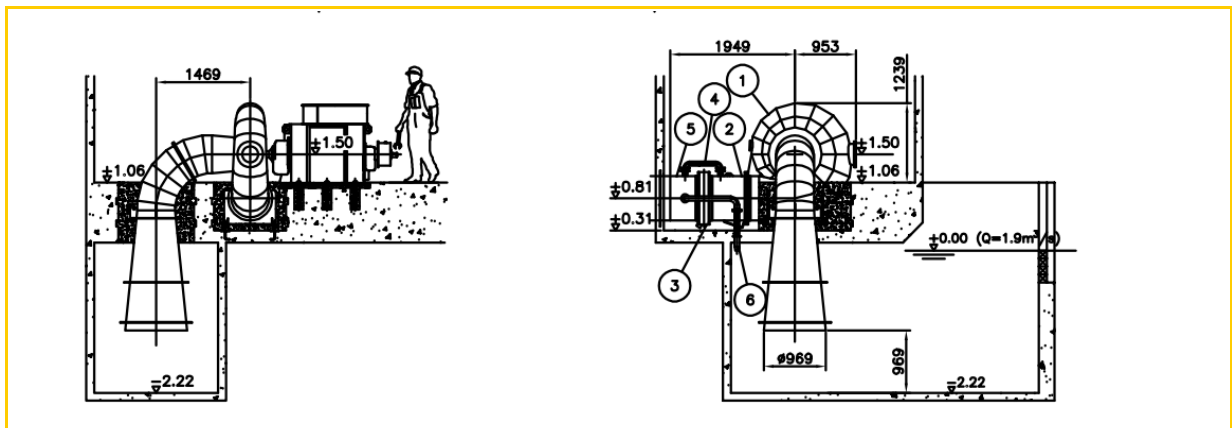


Imagen 5. Aproximación dimensional fabricante Turbina -1.

Las dimensiones indicadas en la Imagen 4 (software) e Imagen 5 (fabricante) son similares. Las dimensiones facilitadas por el fabricante son ligeramente superiores. Con el fin de garantizar que el diseño referencial es compatible con la mayor parte de los fabricantes se han considerado las dimensiones ofrecidas por el fabricante de la turbina para el diseño de la Central Hidroeléctrica.



### 4.1.3. CÁLCULO TURBINA Nº2

La turbina nº 2 será la destinada a garantizar la potencia máxima prevista para la Central Hidroeléctrica Irueña. En las siguientes imágenes se muestra el cálculo a través del software TURBNPRO Hydro Info Systems Version KC4.

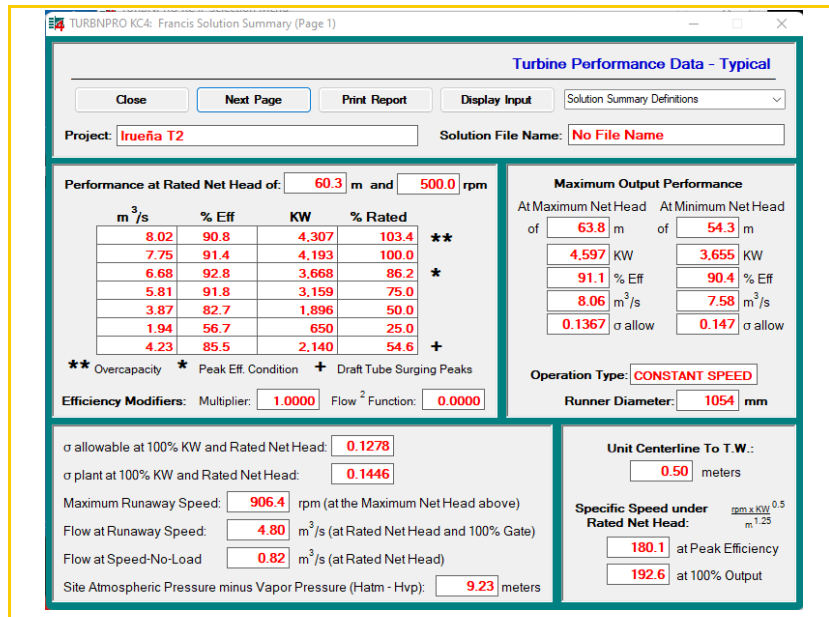


Imagen 6. Características Turbina – 2.<sup>4</sup>

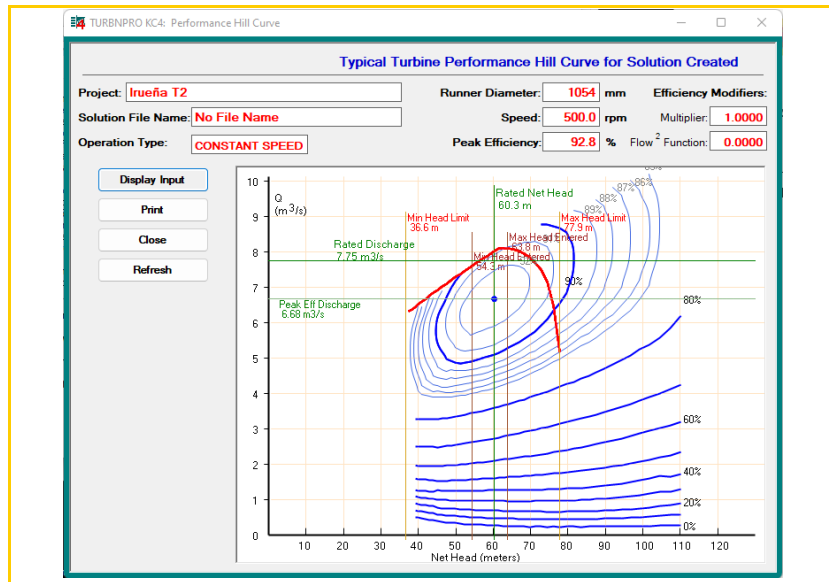


Imagen 7. Curva colina Turbina -2.

<sup>4</sup> Preferiblemente la turbina 2 podrá dar el caudal nominal al salto mínimo.

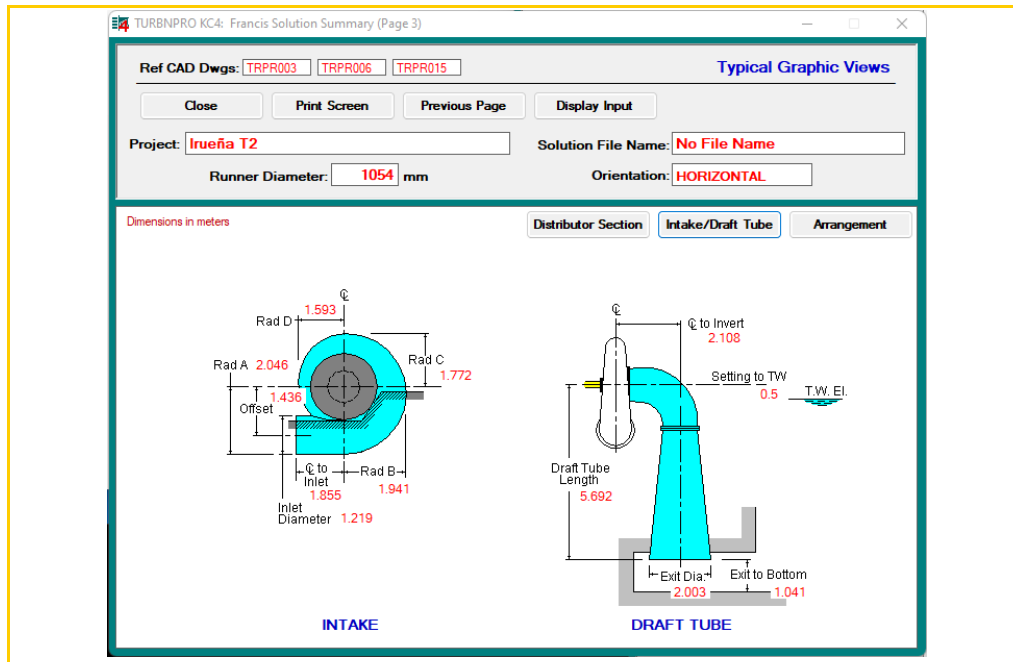


Imagen 8. Aproximación dimensional Turbnpro Turbina -2.

Los datos obtenidos a partir del software TURBNPRO Hydro Info Systems Version KC4 se han contrastado con ofertas de diferentes fabricantes de turbinas. A continuación se muestra las dimensiones del plano del fabricante.

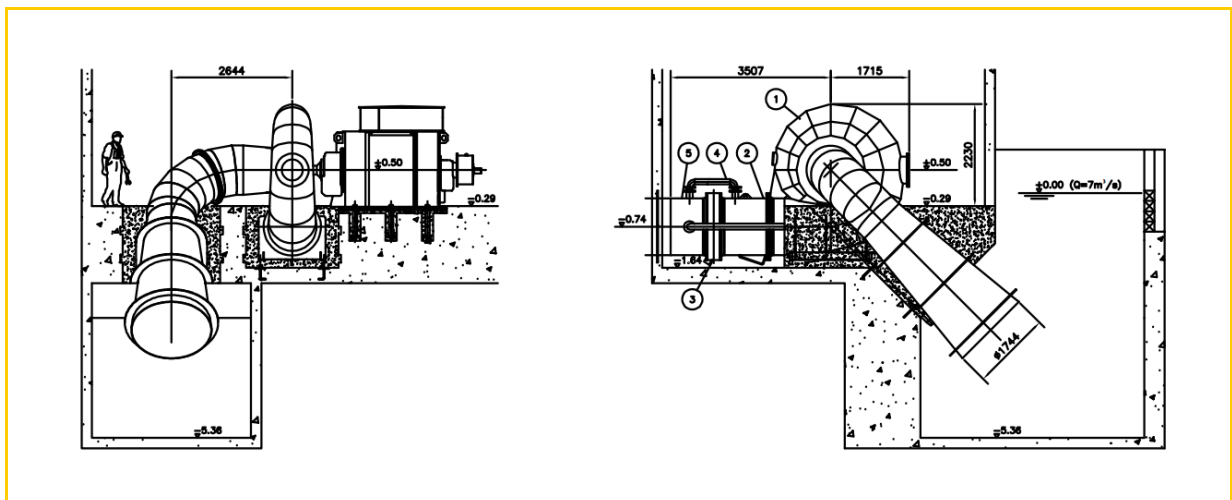


Imagen 9. Aproximación dimensional fabricante Turbina -2.

Las dimensiones indicadas en la Imagen 8 (software) e Imagen 9 (fabricante) son similares. Las dimensiones facilitadas por el fabricante son ligeramente superiores. Con el fin de garantizar que el diseño referencial es compatible con la mayor parte de los fabricantes se han considerado las dimensiones ofrecidas por el fabricante de la turbina para el diseño de la Central Hidroeléctrica.

#### 4.1.4. RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS TURBINAS

A continuación se muestran las características generales de las turbinas proyectadas para la Central Hidroeléctrica de Irueña.

TURBINA - 1	
Salto bruto máximo	66,18 m
Salto bruto mínimo	56,68 m
Salto bruto nominal	62,68 m
Salto neto nominal	61,89 m
Salto neto máximo	65,39 m
Salto neto mínimo	55,89 m
Caudal nominal <sup>5</sup>	1,75 m <sup>3</sup> /s
Caudal mínimo requerido	0,70 m <sup>3</sup> /s
Potencia nominal (Hn)	959 kW
Potencia máxima (Hn <sub>max</sub> )	1020 kW
Velocidad	1.000 rpm

Tabla 6. Resumen características Turbina – 1 Francis Horizontal.

TURBINA - 2	
Salto bruto máximo	65,97 m
Salto bruto mínimo	56,47 m
Salto bruto nominal	62,47 m
Salto neto nominal	60,33 m
Salto neto máximo	63,83 m
Salto neto mínimo	54,33 m
Caudal nominal <sup>6</sup>	7,75 m <sup>3</sup> /s
Caudal mínimo requerido	*7
Potencia nominal (Hn)	4.193 kW
Potencia máxima (Hn <sub>max</sub> )	4.456 kW <sup>8</sup>
Velocidad	500 rpm

Tabla 7. Resumen características Turbina – 2 Francis Horizontal.

<sup>5</sup> Preferiblemente la turbina - 1 podrá turbinar el caudal nominal a salto neto mínimo.

<sup>6</sup> Preferiblemente la turbina - 2 podrá turbinar el caudal nominal a salto neto mínimo.

<sup>7</sup> El mínimo técnico de la turbina - 2 será el máximo posible aportando mayor flexibilidad a la planta.

<sup>8</sup> Potencia a salto neto máximo y caudal nominal (7,75 m<sup>3</sup>/s)

## 4.2. DISEÑO GENERADOR

Los generadores instalados en la Central Hidroeléctrica Irueña serán de tipo síncrono y eje horizontal, cada uno acoplado a una de las turbinas Francis.

La potencia en bornes de cada generador se calcula aplicando a la potencia entregada por la turbina por un coeficiente representativo del rendimiento de la transformación de la energía mecánica en eléctrica.

$$P = \eta_a \times P_t = g \times \eta_a \times \eta_t \times Q \cdot H \quad (1)$$

Donde:

- $P_t$  es la potencia de la turbina en kW
- $\eta_a$  es el rendimiento del alternador. El rendimiento del alternador depende del tamaño y de las características eléctricas de la máquina.

### 4.2.1. CALCULO GENERADOR Nº 1

El generador – 1 se diseña teniendo en cuenta la potencia máxima que pudiera entregar la turbina -1 ( $Q_n$ ,  $H_{nmax}$ ). De acuerdo con la Tabla 6, la potencia máxima de la turbina será 1020 kW.

Teniendo en cuenta referencias de generadores similares se estiman los siguientes rendimientos en función del factor de potencia y carga del generador.

Fdp	25%	50%	75%	100%
1,00	92,4%	94,1%	96,1%	96,3%

Tabla 8. Rendimientos Generador Nº1.<sup>9</sup>

Atendiendo a los datos anteriores, la potencia del generador nº 1 de la Planta Hidroeléctrica Irueña es la siguiente

POTENCIA GENERADOR	
Potencia turbina (kW)	1020
Rendimiento generador %	96,3
Potencia generador (kW)	983
Factor de potencia <sup>10</sup>	0,90

<sup>9</sup> A efectos del presente proyecto y a falta de datos concretos del generador adquirido, se consideran los rendimientos del generador a diferentes cargas y factor de potencia la unidad.

<sup>10</sup> Para la realización del diseño de la central hidroeléctrica y con el fin de cumplir con la Norma Técnica de supervisión de la conformidad de los módulos de generación de electricidad Reglamento UE 2016/631.

POTENCIA GENERADOR	
Potencia generador (kVA)	1093

Tabla 9. Cálculo potencia Generador N°1.

#### 4.2.2. CÁLCULO GENERADOR N° 2

El generador – 2 se diseña teniendo en cuenta la potencia máxima que pudiera entregar la turbina -2 ( $Q_n$ ,  $H_{nmax}$ ). De acuerdo con la Tabla 7, la potencia máxima de la turbina será 4.456 kW.

Teniendo en cuenta referencias de generadores similares se estiman los siguientes rendimientos en función del factor de potencia y carga del generador.

Fdp	25%	50%	75%	100%
1,00	92,4%	94,1%	96,1%	96,3%

Tabla 10. Rendimientos Generador N°1. <sup>11</sup>

Atendiendo a los datos anteriores, la potencia del generador n° 2 de la Planta Hidroeléctrica Irueña es la siguiente

POTENCIA GENERADOR	
Potencia turbina (kW)	4.456
Rendimiento generador %	96,3
Potencia generador (kW)	4.292
Factor de potencia <sup>12</sup>	0,90
Potencia generador (kVA)	4.769

Tabla 11. Cálculo potencia Generador N°2.

#### 4.2.3. RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS GENERADORES

Las características generales de los generadores previstos serán las siguientes:

GENERADOR -1	
Tipo de generador	Síncrono
Topología	Eje Horizontal
Tipo de Turbina	Francis

<sup>11</sup> A efectos del presente proyecto y a falta de datos concretos del generador adquirido, se consideran los rendimientos del generador a diferentes cargas y factor de potencia la unidad.

<sup>12</sup> Para la realización del diseño de la central hidroeléctrica y con el fin de cumplir con la Norma Técnica de supervisión de la conformidad de los módulos de generación de electricidad Reglamento UE 2016/631.



<b>GENERADOR -1</b>	
Tipo de servicio	S-1
Potencia (kVA)	1.093
Tensión (kV)	6.000 <sup>13</sup>
Factor de potencia	0,90
Potencia activa (kW)	983
Frecuencia	50 Hz
Velocidad (rpm)	1.000
Embalamiento (rpm)	1.786
Altitud (m.s.n.m)	< 1000
Tº Ambiente	40º C
Clase de aislamiento	F
Clase de calentamiento	B
Forma constructiva	IM-1001
Grado de protección	IP-23
Método de refrigeración	IC-01

Tabla 12. Resumen características generador N° 1

<b>GENERADOR -2</b>	
Tipo de generador	Síncrono
Topología	Eje Horizontal
Tipo de Turbina	Francis
Tipo de servicio	S-1
Potencia (kVA)	4.769
Tensión (kV)	6.000 <sup>14</sup>
Factor de potencia	0,90
Potencia activa (kW)	4.292
Frecuencia	50 Hz
Velocidad (rpm)	500
Embalamiento (rpm)	906
Altitud (m.s.n.m)	< 1000
Tº Ambiente	40º C

<sup>13</sup> El generador podrá operar establemente con una desviación de  $\pm 10\%$  de la tensión nominal de cara al cumplimiento de la Norma Técnica UE 2016/63

<sup>14</sup> El generador podrá operar establemente con una desviación de  $\pm 10\%$  de la tensión nominal de cara al cumplimiento de la Norma Técnica UE 2016/63

GENERADOR -2	
Clase de aislamiento	F
Clase de calentamiento	B
Forma constructiva	IM-1001
Grado de protección	IP-23
Método de refrigeración	IC-01

Tabla 13. Resumen características generador Nº 2

### 4.3. EQUIPAMIENTO AUXILIAR

#### 4.3.1. VÁLVULA DE GUARDA

Cada una de las turbinas dispondrá de una válvula de guarda de tipo mariposa. Las válvulas mariposas serán unidireccionales y con doble excentricidad. Las válvulas estarán diseñadas de acuerdo con la norma UNE-EN 558. Las válvulas serán sometidas a las pruebas requeridas en las normas UNE-EN-ISO 5208 y UNE-EN 12266.

Las principales características de la válvula serán las siguientes:

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS VÁLVULA MARIPOSA-1	
Tipo de válvula	Mariposa
Diámetro nominal	DN700
Presión Nominal	PN10
Diámetro Bypass	DN60

Tabla 14. Características técnicas Válvula Mariposa -1

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS VÁLVULA MARIPOSA-2	
Tipo de válvula	Mariposa
Diámetro nominal	DN1300
Presión Nominal	PN10
Diámetro Bypass	DN100

Tabla 15. Características técnicas Válvula Mariposa -2

Las válvulas tendrán doble excentricidad. El eje de giro estará desplazado respecto al plano central de la clapeta, y a su vez también se encontrará desplazado respecto al plano central del cuerpo de la válvula. La doble excentricidad permitirá que cuando la válvula empieza a abrir no se presiona la junta de elastómero y esta no roza contra el cuerpo, ayudando a prolongar la vida útil.

El cuerpo de la válvula consistirá en una virola del mismo diámetro interior que la conducción, disponiendo de una brida a cada lado. Las bridas dispondrá de un rebaje en todo el diámetro para la instalación de una junta tórica.

En el interior de la virola se dispondrá de un anillo de acero inoxidable independiente del material del cuerpo. Este anillo mecanizado permitirá un cierre eficaz con la junta de manera que se produzcan las mínimas perturbaciones posibles de flujo.

Los materiales utilizados en el cuerpo de la válvula y anillo serán SJ275JR y AISI304.

La clapeta básicamente será un disco circular liso que dispondrá de dos orejas a las que se acoplarán los ejes que transmiten el movimiento del accionamiento. Los materiales de fabricación serán SJ275JR. La clapeta tendrá mecanizado un rebaje en todo el perímetro del disco principal para alojar la junta de estanqueidad que es fijada mediante la brida junta.

El cierre se realizará presionando el elastómero (EPDM) ubicado en el exterior de la clapeta contra el anillo de acero inoxidable instalado en el interior del cuerpo. La junta se sujetará a través de una brida junta con tornillería de acero inoxidable.

Los ejes de la válvula se fabricarán en acero inoxidable AISI 316. Para la transmisión de movimiento del accionamiento a la clapeta, se utilizarán chavetas paralelas. Los casquillos serán de bronce auto-lubricados.

La válvula será accionada oleo hidráulicamente a través del grupo hidráulico de la turbina. La válvula deberá abrir con cargas equilibradas por lo que dispondrá de una válvula de bypass también con accionamiento hidráulico.

La válvula dispondrá de finales de carrera inductivos para detectar la posición de abierta y cerrada. Igualmente la válvula de bypass dispondrá de estos finales de carrera.

Con el fin de garantizar la seguridad de la planta y de los operarios en operaciones de mantenimiento, la válvula dispondrá de enclavamientos mecánicos para fijar la posición de abierta y cerrada.

#### **4.3.2. VÁLVULA DE DESCARGA**

La Central Hidroeléctrica de Irueña estará diseñada para derivar como mínimo el caudal ecológico requerido según la época del año. Ante la posibilidad del disparo y parada de las turbinas por cualquier tipo de fallo mecánico o eléctrico, la Central Hidroeléctrica dispondrá de una válvula de descarga de igual caudal nominal que la turbina del grupo 1.

La válvula de descarga será controlada por el autómata de la central que dará orden de apertura en el momento que vea la parada de las dos máquinas, derivando el caudal ecológico correspondiente.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS VÁLVULA DESCARGA-1	
Tipo de válvula	Válvula de descarga VF
Diámetro nominal	DN600
Presión Nominal	PN10
Diámetro Bypass	DN60
Caudal Nominal (m <sup>3</sup> /s)	1,75

Tabla 16. Características técnicas Válvula Descarga -1

La válvula de descarga estará conectada a la tubería de la turbina de la unidad 1, pudiendo derivar el caudal necesario en caso de parada de la turbina número 1, turbina de caudal ecológico. La válvula de descarga podrá ser aislada para operaciones de mantenimiento a través de una válvula de aislamiento de accionamiento manual.

La válvula de descarga dispondrá de accionamiento oleohidráulico de doble efecto alimentado desde el grupo oleohidráulico de la turbina. Este grupo dispondrá de las electroválvulas necesarias para garantizar la apertura de la válvula de descarga ante parada de la turbina número 1.

#### 4.3.3. GRUPO DE REGULACIÓN

Cada una de los turbogrupos dispondrá de un grupo oleohidráulico destinado al sistema de regulación. En el caso del grupo número 1, el sistema de regulación será común para la turbina, válvula de guarda y válvula de descarga. El grupo oleohidráulico asociado al grupo número 2 permitirá el control de la turbina y válvula de guarda.

El objetivo del sistema de aceite a presión será el de suministrar la energía suficiente para accionar los accionamientos oleohidráulicos.

Cada uno de los grupos de presión consistirá en un depósito, como lugar para almacenar el aceite y disponer los distintos equipos activos, acumuladores aceite/nitrógeno, electroválvulas, tuberías de interconexión, instrumentación, bombas, cuadro de centralización de señales, etc.

Sobre el depósito de cada grupo oleohidráulico se dispondrá como mínimo los siguientes equipos:

- Bombas eléctricas para la puesta en presión del aceite en el circuito de accionamiento. Se dispondrá de dos bombas de corriente alterna (principal + redundante)
- Conjunto de dos filtros, cada uno con detector de atascamiento, y válvula de selección manual.
- Electroválvulas destinadas al control del paso de aceite hacia los accionamientos oleohidráulicos.
- Instrumentación necesaria para el control automático como: transmisor de temperatura, nivel y presión para monitorización en el sistema de control y presostatos para el arranque y parada de las bombas del sistema.
- Instrumentación tal como presostatos, manómetros, transmisores de presión, nivel, temperatura, etc.

En el interior de cada depósito se dispondrá de una resistencia de calefacción, controlada por un termostato, que permitirá mantener el aceite del circuito en los márgenes de operación.

Anclado a cada depósito oleohidráulico se dispondrá de un acumulador o conjunto de acumuladores que permitirán mantener la presión en el circuito, limitando el arranque y parada de las bombas eléctricas.

La presión del trabajo del sistema de suministro de aceite a presión será definida por el fabricante de la turbina pero no excederá los 100 bares. En base a esta presión nominal del sistema, se proyectan las siguientes presiones de trabajo.

PRESIONES GRUPO OLEOHIDRAULICO	
Presión de la válvula de seguridad $P_{max}$ (bar)	110
Presión máxima de operación $P_{0max}$ (bar)	100
Presión mínima de operación $P_{0min}$ (bar)	90
Baja presión (arranque de la bomba de reserva) $P_B$ (bar)	85
Presión de cierre, presión de disparo $P_T$ (bar)	80
Presión mínima de trabajo del distribuidor $P_R$ (bar)	60
Presión de precarga de los acumuladores $P_0$ (bar)	50
Presión prueba hidrostática (bar)	165

Tabla 17. Grupo Oleohidráulico. Presiones de trabajo.

Se operará con una única bomba eléctrica de cada vez de forma continua, pudiendo arrancar la segunda en condición de fallo, baja presión. Las bombas arrancarán y pararán a través de la señal procedente de un presostato instalado en la línea de presión.

El depósito estará formado por un conjunto homogéneo, en el que se incorporarán todos los elementos de mando y control. La disposición de todos los aparatos y equipos será tal que se permita un fácil acceso y mantenimiento.. El depósito tendrá los siguientes elementos:

- Entrada de aire para asumir el desbalance de entrada y salida de aceite dentro del tanque. El sistema de entrada de aire dispondrá un sistema de filtrado de aire.
- Estructura del depósito. Todas las soldaduras del depósito serán a penetración completa para prevenir la posible entrada de cuerpos extraños al interior. La tapa superior será desmontable, permitiendo acceder a los componentes internos. Dispondrá de un tabique intermedio para amortiguar el movimiento del aceite y facilitar la precipitación de posibles partículas sólidas en suspensión. La parte inferior del depósito dispondrá de cuatro patas de apoyo. El depósito contendrá como mínimo un volumen 1,2 veces el volumen total de aceite, contando con las tuberías y el volumen requerido para funcionamiento del sistema de regulación, el sistema de válvula de guarda, bypass, cerrojos y todos los acumuladores, además de un volumen muerto.
- El depósito dispondrá de una llave de llenado de aceite con filtro de malla y dos laves destinadas al vaciado o limpieza a través de un equipo filtrante exterior.
- La temperatura del aceite será controlada por una sonda PT-100 y por dos termóstatos, los cuales ordenarán la conexión o desconexión de la resistencia de calentamiento del depósito. Los termóstatos estarán ajustados para que la temperatura del aceite no baje de 20°C
- En caso de que el fabricante del turbogruppo lo considere necesario el grupo dispondrá de un intercambiador de calor conectado al sistema de refrigeración.

El sistema de suministro de aceite a presión deberá estar equipado, al menos, con dos bombas iguales con el 100 % de capacidad cada una, para operar normalmente el sistema completo. Irán accionadas por motores trifásicos de corriente alterna, alimentados a 400 V - 50 Hz, con rotor de jaula de ardilla, aislamiento clase F, protección IP 67 y conforme a las normas NEMA MG 1. Tendrán capacidad para realizar el arranque directo, a plena tensión de línea, con aceite frío (desde 5°C) y de baja corriente de arranque. Cada motor dispondrá de un sistema para contar sus horas de funcionamiento.

El sistema de control arrancará las bombas eléctricas de forma intercambiable y se conmutarán periódicamente, bajo un sistema de igualación de horas. Presostatos y transmisores de presión informarán al sistema de control de un fallo en la bomba y en consecuencia la bajada de presión. El sistema de control anunciará la respectiva alarma y procederá al arranque de la segunda bomba. Si se restablece la presión, se parará la primera bomba permaneciendo la segunda bomba activa. En caso de fallo de las dos bombas eléctricas se deberá ordenar y provocar el paro de emergencia de la turbina.

Se dispondrá de una válvula limitadora de presión, con capacidad suficiente para dejar pasar el caudal total impulsado por una bomba si la presión superará el 10% de la presión nominal del acumulador.

El grupo oleohidráulico dispondrá como mínimo de los siguientes filtros:

- Filtros en la aspiración. Situados en el pie de las bombas, deberán ser accesibles y podrán ser remplazados sin necesidad de vaciar el depósito.

- Filtros en línea de impulsión. Los filtros en línea serán dobles y conmutables manualmente. Tendrán un filtrado nominal de 6 micras y admitirán una presión diferencial de hasta 40 bar. Se dispondrá de alarma eléctrica por colmatación, así como indicación visual del avance de la misma.

Siguiendo criterios de seguridad y ante posibles incidencias, se prevé una batería de acumuladores, de presión de aceite, con nitrógeno (N<sub>2</sub>) separado por una vejiga flexible. Los acumuladores deberán ser conformes a UNE-EN 61362. En el caso de que un acumulador quede fuera de servicio, el funcionamiento, del sistema de mando, no se deberá ver afectado.

El sistema deberá tener la capacidad suficiente, partiendo de una presión y un nivel de aceite en los límites inferiores de su margen de operación normal, para asegurar un ciclo completo de cierre-apertura-cierre, de emergencia, para el caso de pérdida de alimentación eléctrica, o las bombas paradas. Se deberá verificar que el acumulador pueda asegurar la maniobra de cierre del distribuidor.

El cierre de la válvula de guarda se asegura por acción del contrapeso, pero puede precisar de permisivos accionados por presión de aceite. Además, y al margen de lo indicado anteriormente, se debe garantizar la capacidad de apertura de la válvula de guarda de la turbina, solamente con la presión de aceite del acumulador.

El sistema oleohidráulico de la turbina dispondrá de una electroválvula proporcional, accionada por el regulador de velocidad, para controlar la cantidad y velocidad del suministro de aceite a los servomotores del distribuidor. La intensidad de control de la electroválvula proporcional, generada por el PID del regulador, determinará la posición del distribuidor, cumpliendo los requisitos precisos para el control de velocidad, potencia y caudal circulado, por la turbina.

Por seguridad se dispondrá de electroválvulas de cierre operadas por solenoide, contra la acción de un resorte en oposición, para garantizar la seguridad. En el caso de fallo de alimentación eléctrica de la señal que operará la electroválvula, se llevará a cierre el distribuidor.

La alimentación de las electroválvulas será a 125 VCC, tendrán un grado de protección IP67, disponiendo de finales de carrera que indiquen si las electroválvulas están abiertas o cerradas. Las válvulas serán de marcas reconocidas como Vickers, Rexroth, Festo, Parker o similar.

El suministro del sistema de presión de aceite deberá incluir todas las tuberías de interconexión y los accesorios necesarios, contando entre ellos, el depósito, los acumuladores de aceite, las válvulas y los servomotores del distribuidor de la turbina y los de válvula de guarda.

Las tuberías serán de acero inoxidable sin soldadura de acuerdo con la norma UNE-EN 10216-5.

El diámetro del tubo será dimensionado en relación al caudal máximo de aceite que pueda resultar notablemente superior al caudal de la bomba procurando no superar las siguientes velocidades límite.

- 1 m/s en tubería de aspiración.
- 2,5 m/s en tubería de retorno.
- 3 a 6 m/s en tubería de presión.

Las tuberías serán fijadas a través de soportes de tipo abrazadera de goma o plástico, adecuado para vibraciones, normalmente de material poliamídico o polipropilénico. Se instalarán soportes con una separación máxima de 1.500 mm.

Las tuberías serán probadas hidrostáticamente en el sitio de obra. La presión de ensayo será el 150% del valor de diseño, confirmando que no existen fugas.

El aceite del sistema de regulación será el preferiblemente el mismo tipo de aceite que el utilizado en los circuitos de lubricación de los cojinetes de la unidad.

#### **4.3.4. REGULADOR DE TURBINA**

Cada turbina dispondrá de un regulador de velocidad, electrónico digital, diseñado conforme a la UNE EN 60308. El regulador de turbina podrá ser un equipo dedicado y exclusivo para la función de regular la turbina o podrá formar parte de la lógica del controlador de la central hidroeléctrica (PLC).

Realizará las diferentes funciones de regulación y dispondrá de diferentes tipos de parámetros que permitan el ajuste del mismo, para cada uno de los modos de operación. Accionará los álabes del distribuidor de la turbina a través de actuadores electrohidráulicos, válvulas piloto, válvulas distribuidoras y servomotores hidráulicos.

La finalidad del regulador será controlar de una forma propicia la velocidad del grupo, la apertura de los álabes, o su potencia activa, teniendo en cuenta todas las características previstas en su funcionamiento.

El sistema de turbinación desarrollará su función en modo estable, ya sea con un grupo sólo, o bien trabajando en paralelo con otros grupos.

El regulador operará generalmente de forma automática, si bien podrá ponerse en modo manual. Los ajustes del regulador podrán cambiarse tanto en grupo parado como sincronizado. El regulador controlará la turbina en todos los modos de funcionamiento de la



planta, controlando que la misma funcione dentro de sus características nominales y en los puntos de mayor eficiencia.

El regulador de velocidad será el encargado de controlar las siguientes operaciones en la turbina:

- Maniobra de arranque y parada de cada turbina.
- Regulación de velocidad previamente a la sincronización
- Toma o disminución de carga.
- Marcha con carga constante.
- Rechazo brusco o parcial de la carga.
- Parada de emergencia.

El regulador de turbina a través de la supervisión de la velocidad de la máquina dará orden de arranque o permisivo a los siguientes equipos con las siguientes velocidades.

- $V=0\%$ . Señal de máquina detenida. Paro de todas las bombas de aceite del equipamiento auxiliar.
- $V>90\%$ . Conexión del equipo de excitación del generador durante el arranque de la unidad.
- $V>95\%$ . Conexión del equipo de sincronización durante el arranque de la unidad cuando la tensión ha llegado al 90 % de la nominal.

#### 4.3.5. GRUPO DE LUBRICACIÓN

Cada grupo dispondrá de una central de engrase para la lubricación de los cojinetes del generador. Cada generador dispondrá de dos cojinetes a lubricar, cojinete LOA (Lado Opuesto Accionamiento) y LA (Lado Accionamiento).

La central de engrase estará compuesta por el siguiente equipamiento:

- Tanque de aceite.
- Bomba eléctrica para la recirculación del aceite de lubricación entre tanque – intercambiador de calor – generador.
- Intercambiador de calor instalado sobre el tanque de aceite para el enfriamiento del aceite de lubricación.
- Conjunto de válvulas, electroválvulas e instrumentación para el correcto funcionamiento y control de la central de engrase.
- Bomba mecánica asociado al eje del generador para su funcionamiento a velocidad nominal.

El controlador de la central hidroeléctrica previamente al arranque de la unidad dará orden de arranque a la bomba eléctrica asociada a la central de engrase. Se confirmará el correcto funcionamiento del sistema de lubricación a través de la recepción de la señal de

presión en el circuito y caudal en cada una de las tuberías de inyección de aceite en los cojinetes del generador.

Cada generador dispondrá de una bomba mecánica asociada al eje. Esta bomba tendrá la capacidad de hacer recircular el aceite de lubricación gracias al giro de la máquina, no siendo necesario el funcionamiento de la bomba eléctrica durante la operación.

La bomba eléctrica funcionará de forma continua desde arranque hasta aproximadamente el 30% de la velocidad nominal, momento en el que la bomba mecánica tendrá capacidad para recircular el aceite de lubricación.

El aceite impulsado desde el tanque de la central de engrase atravesará por el intercambiador de calor del grupo, enfriándose y cediendo el calor al agua del circuito de refrigeración. El aceite frío pasará a los cojinetes, retornando directamente al tanque de aceite.

El suministro del sistema de engrase deberá incluir todas las tuberías de interconexión y los accesorios necesarios.

Las tuberías serán de acero inoxidable sin soldadura de acuerdo con la norma UNE-EN 10216-5. Los diámetros de las tuberías del circuito de engrase serán los siguientes:

- Tuberías de impulsión desde la central de engrase a los cojinetes: DN22.
- Tuberías de impulsión asociados a la bomba mecánica: DN28.
- Tuberías de retorno desde los cojinetes hasta la central de engrase: DN80.

Para el correcto funcionamiento de la central de engrase se dispondrá de la siguiente instrumentación conectada al sistema de control.

- Presostato circuito de impulsión bomba eléctrica.
- Presostato circuito de impulsión bomba mecánica.
- Detector de presión diferencial en los filtros del circuito de engrase.
- Detector de caudal en las tuberías de impulsión de aceite a los cojinetes del generador.
- Transmisor de temperatura circuito de impulsión.
- Transmisor de temperatura depósito central de engrase.
- Termostato para el arranque y paro automático de la resistencia de calefacción en el circuito de engrase.
- Transmisor de nivel e indicador visual en el tanque de la central de engrase.
- Interruptor de nivel máximo y mínimo en el tanque de la central de engrase.

El intercambiador de calor de la central de engrase estará conectada al circuito de refrigeración de la central hidroeléctrica para el enfriamiento del aceite al paso por el intercambiador.

#### **4.3.6. GRUPO DE REFRIGERACIÓN**

La Central Hidroeléctrica dispondrá de un sistema de refrigeración común para los dos turbogrupos. El sistema de refrigeración permitirá enfriar el aceite de lubricación de los sistemas de engrase.

El sistema de refrigeración constará de un circuito cerrado formado por tres bombas que impulsarán el agua de refrigeración desde un depósito acumulador hasta los intercambiadores de calor de las centrales de engrase.

El agua impulsada por las bombas se dividirá en dos circuitos idénticos, uno por grupo. Cada circuito conectará el colector de impulsión con un serpentín instalado en el canal de descarga, y este con el intercambiador de calor de la central de engrase correspondiente.

El sistema de refrigeración estará formado por los siguientes equipos:

- Tres bombas, de las cuales una estará asignada a cada unidad, pudiendo la tercera bomba (central) respaldar a cualquiera de las otras dos en caso de fallo.
- Dos electroválvulas que permitirán que la bomba de respaldo reemplace a alguna de las otras dos bombas en operación.
- Presostato para la verificación de presión en cada uno de los circuitos de refrigeración.
- Transmisor de nivel e interruptores de nivel en el depósito de líquido refrigerante.
- PT100 para la medida de temperatura en las tuberías de conexión al intercambiador de calor del sistema de engrase.
- Interruptor de caudal en el retorno de cada línea de los circuitos de refrigeración.
- Depósito de líquido refrigerante.

En la medida de lo posible el depósito refrigerante junto con las tres bombas y el conjunto de instrumentos y valvulería formarán un único conjunto. El depósito se ubicará sobre el sistema de bombas soportado por una estructura metálica anclada a la bancada de las bombas.

Se contempla como líquido refrigerante el uso de agua destilada. El circuito y depósito se llenará con agua destilada, pudiendo proceder al llenado (reposición de fugas) o vaciado a través de sendas válvulas ubicadas en el propio depósito y punto más bajo de la instalación.

Cada circuito dispondrá en el canal de descarga de un serpentín. Al tratarse de turbinas Francis, el canal de descarga estará anegado, estando el serpentín en su totalidad sumergido

en el agua del canal. De esta forma el agua impulsada a través de interior del serpentín será enfriada gracias al agua del canal de descarga. El serpentín será diseñado por el fabricante del grupo de acuerdo con las necesidades del mismo. El serpentín se fabricará en acero inoxidable AISI 316.

#### 4.3.7. SISTEMA DE DRENAJE

La Central Hidroeléctrica dispondrá de un pozo de achique para el bombeo hacia el canal de descarga de todas las fugas de agua que pudieran existir en la zona de máquinas.

El pozo de achique se ubicará entre los grupos de generación. Las dimensiones del pozo de achique en planta serán 1,5 x 1,5 m. Se dispondrá de 1,12 metros hasta el tubo de drenaje del foso de la turbina número 2, habiendo un volumen útil total de 2,52 m<sup>3</sup>.

El pozo de achique acumulará el agua procedente de las siguientes tuberías de drenaje.

- Drenaje de la tubería forzada en la turbina 1.
- Drenaje de la tubería forzada en la turbina 2.
- Drenaje del foso turbina 1.
- Drenaje del foso turbina 2.
- Drenaje de los laberintos de la turbina 1.
- Drenaje de los laberintos de la turbina 2.

En el interior del pozo de achique se dispondrá de dos bombas para la elevación del agua aguas abajo de las ataguías de restitución. Las dos bombas (principal + respaldo) tendrán las siguientes características.

CARACTERÍSTICAS BOMBAS DE ACHIQUE	
Número de bombas	Dos (2)
Tipo de bomba	Sumergible
Aplicación	Achique industrial
Altura Manométrica (m)	10
Caudal (m <sup>3</sup> /h)	25
Temperatura máx agua (°C)	40
Inmersión máxima (m)	5
Grado de protección motor	IP68
Cuerpo bomba	AISI 304 (X5 CrNi 1810)
Rejilla de aspiración	AISI 304 (X5 CrNi 1810)
Potencia (kW)	3 kW
Tensión (V)	3F, 400 VCA

Tabla 18. Características Bombas de Achique.

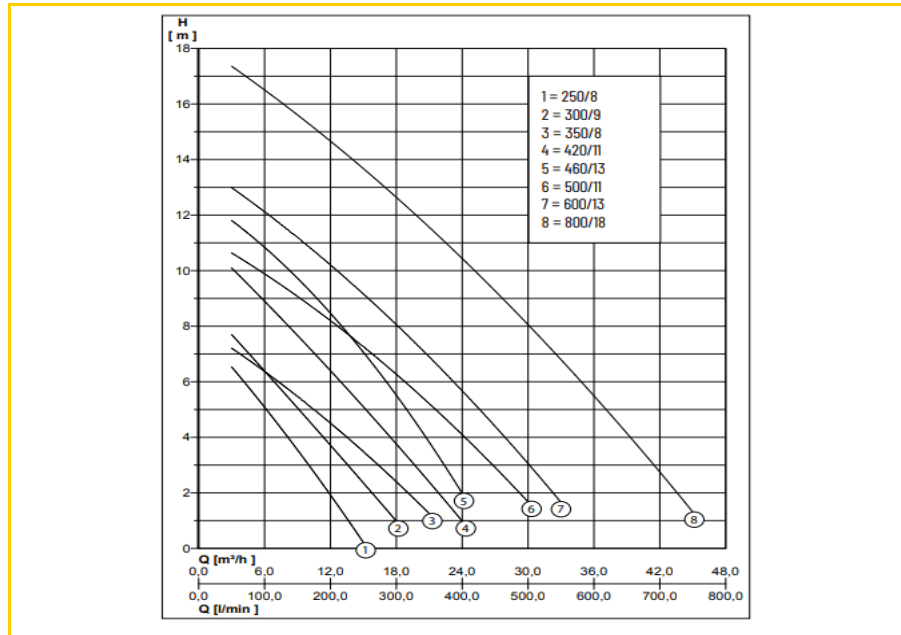


Imagen 10. Curva de selección bombas de drenaje.

Se toma como referencia la curva de la bomba número 8 con capacidad para bombear  $25 \text{ m}^3/\text{h}$  con una altura manométrica de 10 m. Estos datos son referenciales debiéndose ajustar durante la fase de ingeniería de detalle.

Preferentemente el arranque y paro de las máquinas se realizará de forma automática, considerando para ello el nivel de agua en el interior del pozo de achique. Para el control del sistema de bombeo se dispondrá de cuatro boyas, cada una con un contacto conmutado cableado al sistema de control.

- B1. Paro de bombas.
- B2. Arranque de bomba seleccionada como principal.
- B3. Alarma y arranque de bomba secundaria.
- B4. Disparo de la central.

El sistema de drenaje dispondrá de un cuadro de control local donde se podrá seleccionar el modo de funcionamiento (local – automático).

- En modo local el operador podrá arrancar o parar cada una de las dos bombas independientemente del nivel en el pozo. Se dispondrá en el frontal del cuadro de pulsadores para arrancar y parar cada una de las bombas
- En modo automático el sistema de control arrancará o parará las bombas en función de las boyas de nivel. El sistema automático permitirá forzar el arranque de las bombas independientemente del estado de las boyas a través del SCADA de la Central Hidroeléctrica. En modo automático el sistema de control llevará a cabo un sistema de igualación de horas para un desgaste similar de las dos bombas. En este

modo de control, en caso de fallo de la bomba principal, el sistema arrancará automáticamente la bomba de respaldo.

## 5. PUENTE GRÚA

De acuerdo con la geometría de la Central Hidroeléctrica Irueña y la ubicación de los equipos dentro de ella, se identifica la necesidad de disponer de un puente grúa que servirá de apoyo al montaje y mantenimiento de los turbogrupos y su equipamiento auxiliar.

Dada las diferentes geometrías, pesos de las cargas a izar y transportar y su ubicación dispersa en el interior de la planta hidroeléctrica, el puente grúa se diseña con el fin de ser válido para todos los trabajos dentro de sus límites de movimiento.

Para llevar a cabo el montaje de cada uno de los grupos, es necesario el transporte de las partes en las que se dividen las unidades, desde el lugar de llegada (playa de montaje) hasta el lugar donde van a ser colocados o ensamblados.

El diseño geométrico de planta hidroeléctrica permite apaliar la zona muerta (área no barrida por el gancho) del puente grúa, dicha zona muerta es una característica intrínseca del puente grúa debido a su propia fabricación y variará en función del puente grúa adquirido. El diseño del puente grúa responde a dos limitantes:

- Altura libre en el nivel de acceso que permita descargar del vehículo de transporte el equipo más voluminoso (cámara espiral, generador 2).
- Capacidad para izar el equipo más pesado de la planta hidroeléctrica (generador 2).

En la presente fase y falta de datos finales del generador y la turbina se estima la necesidad de un puente grúa con las siguientes características, basándose en otros proyectos con tamaños de máquinas similares.

CARACTERÍSTICAS PUENTE GRÚA	
Número de puente gruás	Uno (1)
Tipo	Birrail
Clasificación FEM/ISO	M4
Capacidad (T)	20
Luz (m)	7100
Altura libre mínima (mm)	5400
Velocidad elevación (mpm)	5/1,6
Velocidad carro (mpm)	20/5
Velocidad puente (mpm)	40/10
Zona muerta lateral (mm)	1.000

CARACTERÍSTICAS PUENTE GRÚA	
Zona muerta frontal (mm)	1.500

Tabla 19. Características Puente grúa.

## 6. EQUIPOS ELECTRICOS

La Central Hidroeléctrica dispondrá de los siguientes niveles de tensión:

- Nivel 45 kV. Equipamiento de la subestación eléctrica y línea de interconexión.
- Nivel 6 kV. Tensión de generación y celdas de alta tensión.
- Nivel 400 /230 V. Sistemas auxiliares para la alimentación del equipamiento auxiliar de los grupos generadores e instalaciones auxiliares de la central hidroeléctrica.
- Nivel 125 Vcc. Tensión segura desde baterías para la alimentación del sistema de control, comunicaciones y motores y mandos de aparata de alta tensión.

En los siguientes epígrafes se describen el equipamiento eléctrico asociado a los anteriores niveles de tensión. Los equipos de 45 kV, subestación, se describen en el Anejo AE-2 Subestación.

### 6.1. CABINAS METALICAS 6 KV

Los alternadores de la Central Hidroeléctrica generarán a la tensión de 6 kV por lo que será necesaria la instalación de celdas de media tensión para su protección. Por otro lado, será necesaria la instalación de

Las instalaciones de 6 kV estarán desarrolladas a través de cabinas metálicas compartimentadas prefabricadas con diseño para 12 kV. Se utilizarán cabinas normalizadas por un fabricante de reconocido prestigio. Se dispondrá como mínimo de las siguientes cabinas.

- Una (1) Celda de medida.
- Dos (2) Celdas de generador.
- Una (1) Celda Ruptofusible transformador SS.AA.

Las características técnicas principales de estas cabinas son:

CABINAS METALICAS ALTA TENSIÓN	
Tensión asignada (kV)	12
Tensión servicio (kV)	6
Frecuencia asignada (Hz)	50
Niveles de aislamiento	
-50 Hz 1 min (kV)	28
-Impulso tipo rayo (kV)	75

<b>CABINAS METALICAS ALTA TENSIÓN</b>	
Intensidad asignada barras	630
Intensidad breve duración (kA, 1s)	16
Grado de protección envolvente externa	IP 4x
Grado de protección compartimentos	IP 2x

Tabla 20. Características generales cabinas generación.

Los cuadros serán para instalación interior, protección mínima IP 4x, a prueba de roedores, autoportantes para montaje sobre el suelo, del tipo compartimentado, formado por celdas individuales acopladas entre sí, construidas en chapas de acero de alta calidad de 2 a 3 mm de espesor.

Los cuadros serán de frente sin tensión, equipados con cualquiera de los aparatos de corte que se indican en el Diagrama Unifilar correspondiente. Las celdas estarán compartimentadas de tal forma que se proporcione los siguientes alojamientos cerrados e individuales:

- Compartimento de BT, destinado a alojar el equipo de control y medida, así como los embarrados auxiliares de c.c. o c.a.
- Compartimento del interruptor automático o contactor de vacío.
- Compartimento de barras principales.
- Compartimento de cables de acometida o salida y de transformadores de medida.

Se dispondrán las suficientes resistencias de calefacción controladas por termostato, para evitar condensaciones.

Se dispondrán clapetas para evacuar las sobrepresiones que pudieran producirse en caso de cortocircuito en el cuadro.

Todos los elementos del cuadro deberán ser accesibles para pruebas o mantenimiento, desde la parte anterior del mismo, sin interferir con ningún otro equipo adyacente.

Los cuadros serán adecuados para su montaje adosado a la pared.

Todas las celdas del cuadro llevarán en el frente un esquema sinóptico en el que figurarán todos los elementos principales que componen dicha celda.

Todos los tornillos, pernos, tuercas y arandelas de acero, serán cadmiados.

Los cuadros y todos sus componentes serán capaces de soportar el calentamiento y los esfuerzos resultantes de la corriente simétrica y del valor de la cresta de la corriente asimétrica de cortocircuito que se especifiquen.



La resistencia térmica será suficientemente grande para soportar la corriente de cortocircuito asignada durante un (1) segundo, sin que se produzca ningún daño en los equipos.

Los cuadros serán adecuados para soportar continuamente la intensidad de plena carga a la tensión nominal, bajo las condiciones de servicio especificadas, sin que se exceda el calentamiento permisible de sus componentes.

Adicionalmente a las cabinas citadas anteriormente será necesario disponer de medidas de intensidad y puesta a tierra del neutro de los generadores.

### 6.1.1. CABINA DE MEDIDA

Cabina metálica con nivel de aislamiento asignado 12 kV, intensidad térmica asignada (40°C) 630 A, intensidad de corta duración (1 s) 16 kA, conteniendo en su interior, debidamente montados e instalados, incluso enclavamientos, los siguientes equipos:

- Juego III barras 630 A de pletina de cobre.
- Barra de puesta a tierra de cobre 120 mm<sup>2</sup>.
- Tres (3) transformadores de intensidad, de un solo secundario, para protección de sobreintensidad. Las características de estos transformadores serán:
  - o Tensión de aislamiento: 12 kV
  - o Relación de transformación: 500:5A
  - o Clase y potencia: CI 5P20 15 VA
  - o Intensidad límite térmico: 80 In, 1s.
  - o Intensidad dinámica: 2,5 It
- Tres transformadores de tensión, de doble secundario. Un secundario se utilizará para regulación de tensión de los generadores, así como las protecciones de sincronismo y de presencia de tensión en barras de 6 kV. Al otro secundario se conectará una resistencia antiferresonancia de 50 Ω y 2 A. Las características principales de estos tres transformadores son:
  - o Tensión de aislamiento: 12 kV
  - o Relación de transformación: 6000/√3: 110/√3-110/3 V
  - o Clase y potencia para grupos: CI 0,5 50 VA
  - o Clase y potencia para antiferresonancia: CI 3P 50 VA
  - o Factor de sobretensión: 1,9 Un durante 8 Horas, 1,2 Un régimen permanente.
- Tres captosres capacitivos de presencia de tensión.
- Una resistencia antiferresonancia de 50 Ω y 2 A.
- Circuito alumbrado interior.
- Circuito de calefacción celda con termostato.
- Juegos de bornas para la conexión de los cables de interconexión con el transformador.
- Accesorios, soporte transformadores, contactos auxiliares, pequeño material, etc.

### 6.1.2. CABINA INTERRUPTOR Y MEDIDA GENERADOR - 1

Cabina metálica con nivel de aislamiento asignado 12 kV, intensidad térmica asignada (40°C) 630 A, intensidad de corta duración (1 s) 16 kA, conteniendo en su interior, debidamente montados e instalados, incluso enclavamientos, los siguientes equipos:

- Juego III barras 630 A de pletina de cobre.
- Barra de puesta a tierra de cobre 120 mm<sup>2</sup>.
- Interruptor fijo, de corte en SF6. Dispondrá de un motor eléctrico a 125 Vcc para rearme automático de los resortes, dos bobinas de disparo, una bobina de cierre, una bobina de mínima tensión, contador de maniobras, indicador de presión de gas y contactos auxiliares para supervisión y señalización. Las características de cada interruptor serán:
  - o Tensión asignada: 12 kV
  - o Intensidad asignada: 630 A
  - o Poder de corte 1s: 16 kA
- Un (1) seccionador tripolar de puesta a tierra simple, de mando manual.
- Tres (3) transformadores de intensidad, de un solo secundario, para conexión a la protección de generador. Las características de estos transformadores serán:
  - o Tensión de aislamiento: 12 kV
  - o Relación de transformación: 150:5A
  - o Clase y potencia: CI 5P20 30 VA
  - o Intensidad límite térmico: 80 In, 1s.
  - o Intensidad dinámica: 2,5 It
- Tres transformadores de tensión, de doble secundario, uno para control y protección y otro para la resistencia de antiferrorresonancia, de las características que se detallan a continuación:
  - o Tensión de aislamiento: 12 kV
  - o Relación de transformación: 6000/√3: 110/√3-110/3 V
  - o Clase y potencia para grupos: CI 0,5 25 VA
  - o Clase y potencia para antiferrorresonancia: CI 3P 50 VA
  - o Factor de sobretensión: 1,9 Un durante 8 Horas, 1,2 Un régimen permanente.
- Tres captosres capacitivos de presencia de tensión.
- Una resistencia antiferrorresonancia de 50 Ω y 2 A.
- Circuito alumbrado interior.
- Circuito de calefacción celda con termostato.
- Juegos de bornas para la conexión de los cables de interconexión con el transformador.
- Accesorios, soporte transformadores, contactos auxiliares, pequeño material, etc.

### 6.1.3. CABINA INTERRUPTOR Y MEDIDA GENERADOR - 2

Cabina metálica con nivel de aislamiento asignado 12 kV, intensidad térmica asignada (40°C) 630 A, intensidad de corta duración (1 s) 16 kA, conteniendo en su interior, debidamente montados e instalados, incluso enclavamientos, los siguientes equipos:

- Juego III barras 630 A de pletina de cobre.
- Barra de puesta a tierra de cobre 120 mm<sup>2</sup>.
- Interruptor fijo, de corte en SF6. Dispondrá de un motor eléctrico a 125 Vcc para rearme automático de los resortes, dos bobinas de disparo, una bobina de cierre, una bobina de mínima tensión, contador de maniobras, indicador de presión de gas y contactos auxiliares para supervisión y señalización. Las características de cada interruptor serán:
  - o Tensión asignada: 12 kV
  - o Intensidad asignada: 630 A
  - o Poder de corte 1s: 16 kA
- Un (1) seccionador tripolar de puesta a tierra simple, de mando manual.
- Tres (3) transformadores de intensidad, de un solo secundario, para conexión a la protección de generador. Las características de estos transformadores serán:
  - o Tensión de aislamiento: 12 kV
  - o Relación de transformación: 500:5A
  - o Clase y potencia: CI 5P20 30 VA
  - o Intensidad límite térmico: 80 In, 1s.
  - o Intensidad dinámica: 2,5 It
- Tres transformadores de tensión, de doble secundario, uno para control y protección y otro para la resistencia de antiferrorresonancia, de las características que se detallan a continuación:
  - o Tensión de aislamiento: 12 kV
  - o Relación de transformación: 6000/√3: 110/√3-110/3 V
  - o Clase y potencia para grupos: CI 0,5 25 VA
  - o Clase y potencia para antiferrorresonancia: CI 3P 50 VA
  - o Factor de sobretensión: 1,9 Un durante 8 Horas, 1,2 Un régimen permanente.
- Tres captosres capacitivos de presencia de tensión.
- Una resistencia antiferrorresonancia de 50 Ω y 2 A.
- Circuito alumbrado interior.
- Circuito de calefacción celda con termostato.
- Juegos de bornas para la conexión de los cables de interconexión con el transformador.
- Accesorios, soporte transformadores, contactos auxiliares, pequeño material, etc.

#### 6.1.4. CABINA INTERRUPTOR RUPTOFUSIBLE TRANSFORMADOR SS.AA

Cabina metálica con nivel de aislamiento asignado 12 kV, intensidad térmica asignada (40°C) 630 A, intensidad de corta duración (1 s) 16 kA, conteniendo en su interior, debidamente montados e instalados, incluso enclavamientos, los siguientes equipos:

- Juego III barras 630 A de pletina de cobre.
- Barra de puesta a tierra de cobre 120 mm<sup>2</sup>.
- Interruptor de maniobra-seccionador, con mando frontal y seccionadores tripolares de puesta a tierra manuales aguas arriba y aguas abajo de los fusibles, incluyendo además los tres fusibles para protección al transformador, con las siguientes características:
  - o Tensión de aislamiento: 12 kV
  - o Intensidad asignada de corta duración: 16 kA
  - o Intensidad nominal: 630 A
  - o Intensidad fusibles: 10 A
- Tres captosres capacitivos de presencia de tensión.
- Circuito alumbrado interior.
- Circuito de calefacción celda con termostato.
- Juegos de bornas para la conexión de los cables de interconexión con el transformador.
- Accesorios, contactos auxiliares, pequeño material, etc.

#### 6.1.5. MEDIDA DE INTENSIDAD GENERADOR 1

En la caja de bornas principal del generador 1 se instalarán tres transformadores de intensidad de triple secundario. Las características de estos aparatos serán las siguientes:

- Tensión de aislamiento: 12 kV
- Relación de transformación: 150:5-5-5A
- Clase y potencia para regulación: CI 0,5 30 VA
- Clase y potencia para medida: CI 0,5 30 VA
- Clase y potencia para protección: CI 5P20 30 VA
- Intensidad límite térmico: 80 In, 1s.
- Intensidad dinámica: 2,5 It

#### 6.1.6. MEDIDA DE INTENSIDAD GENERADOR 2

En la caja de bornas principal del generador 2 se instalarán tres transformadores de intensidad de triple secundario. Las características de estos aparatos serán las siguientes:

- Tensión de aislamiento: 12 kV
- Relación de transformación: 500:5-5-5A

- Clase y potencia para regulación: CI 0,5 30 VA
- Clase y potencia para medida: CI 0,5 30 VA
- Clase y potencia para protección: CI 5P20 30 VA
- Intensidad límite térmico: 80 In, 1s.
- Intensidad dinámica: 2,5 It

#### 6.1.7. CABINA PUESTA A TIERRA NEUTRO GENERADOR 1

En serie con el neutro de la estrella del generador, se instalará una resistencia de 347 ohmios, para una intensidad nominal de 10 A durante 10 seg. Sus características serán:

- Resistencia a 20º:  $347 \Omega \pm 5\%$
- Tensión nominal: 3.468 V
- Tensión ensayo a frecuencia industrial: 27 kV
- Frecuencia nominal: 50Hz
- Intensidad nominal: 10 A
- Duración nominal de la falta: 10s

Los elementos resistivos irán alojados en el interior de un armario metálico, realizado con chapa de 2 mm, galvanizada y pintada al horno. La parte activa irá aislada de la envolvente mediante aisladores de apoyo para 12 kV en resina epoxi.

Se instalará un transformador de intensidad de un secundario, para cada generador. Las características de este aparato serán las siguientes:

- Tensión de aislamiento: 12 kV
- Relación de transformación: 100:1A

#### 6.1.8. CABINA PUESTA A TIERRA NEUTRO GENERADOR 2

En serie con el neutro de la estrella del generador, se instalará una resistencia de 347 ohmios, para una intensidad nominal de 10 A durante 10 seg. Sus características serán:

- Resistencia a 20º:  $347 \Omega \pm 5\%$
- Tensión nominal: 3.468 V
- Tensión ensayo a frecuencia industrial: 27 kV
- Frecuencia nominal: 50Hz
- Intensidad nominal: 10 A
- Duración nominal de la falta: 10s

Los elementos resistivos irán alojados en el interior de un armario metálico, realizado con chapa de 2 mm, galvanizada y pintada al horno. La parte activa irá aislada de la envolvente mediante aisladores de apoyo para 12 kV en resina epoxi.

Se instalará un transformador de intensidad de un secundario, para cada generador. Las características de este aparato serán las siguientes:

- Tensión de aislamiento: 12 kV
- Relación de transformación: 100:1A

## 6.2. CONDUCTORES DE POTENCIA

La conexión a las bornas de 6 kV del transformador de potencia, las celdas de 6 kV y los grupos generadores se realizará con cables de aluminio con aislamiento seco termoestable de polietileno reticulado XLPE, con cubierta de poliolefina.

Estos cables serán los siguientes:

- Transformador potencia: AL RHZ1-OL H16 12/20 kV 2 x (3x1xAl 240 mm<sup>2</sup> o similar.)
- Generador 1: AL RHZ1-OL H16 12/20 kV 3x1xAl 240 mm<sup>2</sup> o similar.
- Generador 2: AL RHZ1-OL H16 12/20 kV 2 x (3x1xAl 240 mm<sup>2</sup> o similar.)

Todas las entradas y salidas de cable se realizarán con botellas terminales unipolares para cable de aislamiento seco.

El dimensionamiento de los cables de alta tensión se muestra en el Anejo AE-3 Cálculos eléctricos Alta Tensión.

## 6.3. CUADROS ELÉCTRICOS

De acuerdo con los planos de implantación de equipos en el interior de la sala de control se dispondrá de los siguientes cuadros eléctricos:

- Cuadro-1. Cargador y banco de baterías.
- Cuadro-2. Cuadro de servicios auxiliares.
- Cuadro-3. Cuadro protecciones de línea.
- Cuadro-4. Cuadro protecciones de generador.
- Cuadro-5. Cuadro de control eléctrico.
- Cuadro-6. Cuadro control hidromecánico.
- Cuadro-7. Cuadro de comunicaciones.

El cuadro-1 Cargador y banco de baterías incluirá el equipo rectificador y banco de baterías para dotar a la planta de corriente continua en 125 Vcc.

El cuadro-2 Cuadro de servicios auxiliares será el cuadro que dispondrá de todas las protecciones eléctricas de corriente alterna y corriente continua, así como los enclavamientos y conmutación automática de alimentación transformador-grupo diésel.

El cuadro-3. Cuadro de protecciones de línea incluirá las protecciones de línea de 45 kV y transformador, mandos para operación de seccionadores e interruptor de 45 kV.

El cuadro-4. Cuadro de protecciones de generador incluirá las protecciones eléctricas de los dos generadores, así como los analizadores para la medidas eléctricas de ambos generadores.

El cuadro-5 Cuadro de control eléctrico dispondrá del regulador de tensión de ambos generadores, así como una columna de sincronización. Este cuadro dispondrá de los mandos para operación de celdas de 6 kV.

El cuadro-6. Cuadro de control hidromecánico equipará un autómata encargado de la gestión, maniobra y control de la Central, además de los elementos de interfase y protección. Asimismo incluirá los indicadores de estado, mandos de maniobra y controles de los elementos de la zona de turbinado. Su misión será la de analizar y registrar toda la información procedente de la planta y tomar las decisiones de control adecuadas, según el programa de control, para el funcionamiento óptimo de la instalación; controlando todos los actuadores, interruptores, distribuidores, etc.

Cuadro-7. El cuadro de comunicaciones incluirá los equipos para dotar a la instalación de acceso seguro a Internet, así como switches para gestión de red, firewall y sincronizador GPS.

#### 6.4. INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN Y CORRIENTE CONTINUA

La alimentación en baja tensión a los equipos receptores de la central, se realizará directamente, desde el cuadro de servicios auxiliares, o bien a través de cuadros auxiliares.

La alimentación general del cuadro de servicios auxiliares procederá de un transformador de servicios auxiliares de tipo seco instalado en una sala específica para este fin en la central hidroeléctrica. El transformador de servicios auxiliares tendrá las siguientes características:

TRANSFORMADOR SERVICIOS AUXILIARES	
Potencia nominal (kVA)	100
Tensión primario / Nivel de aislamiento (V)	6.000 / 7.200
Tensión secundario (V)	400 / 230 V
Grupo de conexión	Dny11
Tipo de servicio	Continuo interior
Refrigeración	AN
Tensión de cortocircuito	4%
Regulación de tensión	4 x ± 2,5 %

TRANSFORMADOR SERVICIOS AUXILIARES	
Tensiones de ensayo (MT – KV)	
-Aplicada, 50Hz, 1min	50
-Impulso 1,2/50 us	125
Clase aislamiento	F

Tabla 21. Características generales cabinas generación.

El transformador de servicios auxiliares será de aislamiento seco encapsulado, para funcionamiento interior. El diseño se realizará para funcionamiento continuo a la carga nominal con refrigeración AN, sin rebasar los límites de calentamiento que establecen las normas. La regulación será en vacío, y será actuado desde la parte superior.

Como elementos accesorios, se instalarán al menos los siguientes:

- Tres sondas de temperatura tipo Pt100, una por devanado.
- Unidad electrónica de control, con señales de salida de alarma y disparo por temperatura.
- Placa de características de acero inoxidable.
- Caja de bornes auxiliares de grado de protección IP-65.
- Elementos de elevación, arrastre, fijación y nivelación.
- Ruedas orientables en las dos direcciones principales.

Como alimentación de respaldo se dispondrá de un grupo diésel instalado en una sala específica en el interior de la central hidroeléctrica. El grupo electrógeno será el encargado de alimentar los equipos esenciales de la central cuando falta la alimentación de la red. Las principales características del grupo son:

GRUPO ELECTRÓGENO	
Potencia nominal (kVA)	40
Tensión	230/400 ±1,5%
Frecuencia	50
Clase aislamiento	F/H
Protección	IP21
Arranque	Eléctrico / Baterías plomo ácido
Combustible	Gasóleo
Autonomía	8 horas a plena carga

Tabla 22. Características generales grupo electrógeno.

Ambas alimentaciones, grupo electrógeno y transformador de servicios auxiliares, acometerán al cuadro de servicios auxiliares. El cuadro de servicios auxiliares dispondrá de los enclavamientos y conmutación automática para la alimentación de los servicios auxiliares



desde grupo diésel o transformador. La conmutación automática será controlada por el PLC de la central hidroeléctrica.

El cuadro de servicios auxiliares tendrá como misión principal la de proteger contra sobrecargas y cortocircuitos los equipos de la central, la cámara de carga y el azud que se alimenten a baja tensión.

El cuadro de servicios auxiliares dispondrá de las protecciones de corriente alterna y corriente continua. La barra de corriente alterna estará partida, servicios auxiliares esenciales y servicios auxiliares no esenciales. Ambas barras estarán unidas por un interruptor de acoplamiento motorizado. El acoplamiento de barras se abrirá automáticamente cuando se deba de arrancar el grupo electrógeno, alimentando éste únicamente a los servicios esenciales de la central. La barra de servicios no esenciales sólo será alimentada a través del transformador de servicios auxiliares.

El cuadro de servicios auxiliares dispondrá de una barra con las protecciones de corriente continua. El sistema de corriente continua será alimentado desde el rectificador respaldado por un banco de baterías ubicado en el propio armario rectificador.

En los circuitos de alimentación desde las barras de 400 V, se instalarán los interruptores automáticos magnetotérmicos de calibre adecuado a la sección a proteger, dotados de bloque diferencial de sensibilidad no superior a 300 mA. En función de los requerimientos del sistema SCADA se podrá disponer de un SAI en el interior del cuadro de servicios auxiliares para alimentar al equipamiento informático.

Las alimentaciones a los servicios auxiliares de cada uno de los grupos turbina-generador serán completamente independientes entre sí. Por ejemplo, será posible desconectar la alimentación a las electroválvulas de un grupo mientras el circuito equivalente del otro permanece activo.

El sistema de corriente alterna y corriente continua de la central hidroeléctrica dispondrá de las salidas necesarias para la alimentación de los equipos de la subestación anexa al edificio de la central.

Se instalarán como mínimo las protecciones indicadas en los esquemas unifilares.

La instalación de baja tensión, transformador, generador diésel y cables de baja tensión se justifica en el Anejo AE-4 Baja Tensión.

Al lado del cuadro de servicios auxiliares se ubicará el cargador de baterías en cuyo interior se alojará el rectificador y el banco de baterías de la central hidroeléctrica y subestación. La tensión del sistema de corriente continua será 125 Vcc, disponiendo de un

cargador con una capacidad para alimentar 35 A y un banco de baterías de 208 Ah. La capacidad de las baterías y rectificador se deberá verificar en fases posteriores de acuerdo con el consumo de los equipos adquiridos.

Por último el cuadro de servicios auxiliares dispondrá de al menos tres analizadores de red (alimentación general transformador de servicios auxiliares, grupo diésel y alimentación de corriente continua). Los analizadores de red se integrarán en el sistema de control a través de Modbus TCP.

Para completar la instalación de baja tensión se dispondrá de toma de corriente distribuidas por la central hidroeléctrica. Cada uno de estos puntos contará con dos tomas monofásicas (2P+T) de 16 A, y una trifásica (3P+T), de 25 A. Estarán albergadas por un cuadro de grado de protección mínima IP56 con las protecciones eléctricas necesarias.

En general el cableado de la instalación se realizará con cables multipolares, salvo secciones superiores a 25 mm<sup>2</sup>, que se utilizarán conductores unipolares. Todos los cables utilizados serán RZ1-K (AS) 0,6/1 KV. Los cables cumplirán con los requerimientos del Reglamento CPR 305/2011.

El cableado de baja tensión se tenderá a través de bandejas metálicas de acero galvanizado y canales en el suelo de la central hidroeléctrica, de acuerdo con el plano de canalizaciones eléctricas. Las canalizaciones se diseñarán para disponer de al menos de un 20% de su capacidad de reserva. Como norma general se dispondrá en la central hidroeléctrica y subestación de canalizaciones separadas para alta tensión, baja tensión y sistema de control.

## 6.5. PROTECCIONES ELÉCTRICAS

En el interior de la sala de control se dispondrá de un cuadro eléctrico para alojar las protecciones eléctricas de ambos generadores, montadas sobre chasis (o en la puerta del armario en caso de que alguna protección no ofrezca dicha posibilidad). El tarado se deberá hacer de acuerdo con las características definitivas de los generadores a instalar.

Para cada uno de los generadores, se instalarán las protecciones siguientes:

Relé digital multifunción que integrará las siguientes funcionalidades o un conjunto de relés digitales equivalente.

- Diferencial de generador (87G)
- Comprobación de sincronismo (25VS)
- Mínima tensión (27)
- Potencia inversa (32)
- Subexcitación (40)
- Pérdida de excitación (78)

- Intensidad para equilibrio o inversión de fases (46)
- Secuencia negativa (47)
- Imagen térmica del generador (49)
- Supervisión de fallo del interruptor (50BF)
- Sobreintensidad instantánea y temporizada (50/51)
- Sobreintensidad neutro instantánea y temporizada (50N/51N)
- Sobretensión (59)
- Falta a tierra (64R)
- Sobreintensidad direccional (67N)
- Mínima y máxima frecuencia (81)

Como funciones de medida y monitorización se incluyen:

- Intensidades, tensiones, potencias activas y reactivas, factores de potencia y frecuencias, todos ellos por fase y totales.
- Registro oscilográfico de los últimos 500 sucesos con definición de 1ms.
- Interfaz gráfica con indicadores led de estado.
- Dos puertos RJ45, uno ocupado para integración con el sistema de control y otro libre para programación.
- Comunicación IEC61850 con el sistema SCADA a través del puerto RJ45.

Este relé, por ser de construcción extraíble, facilita las pruebas, mantenimiento e intercambio de una máquina a otra.

- Como relés auxiliares se utilizarán relés instantáneos tipo RJ8 y RF4 o similar.
- Un relé de enclavamiento (86) mediante un relé auxiliar biestable tipo BF3 o similar por grupo.

Todas estas protecciones actuarán sobre el interruptor del grupo al que correspondan. En caso de fallo de interruptor (50 BF) se procederá a la actuación sobre el interruptor de 45 kV.

El cuadro se completa con la instalación de un analizador de red por generador. El analizador se integrará en el sistema de control a través de Modbus TCP.

Para la protección de los generadores será necesaria la instalación de un regulador de tensión por generador (ANSI 90). Estos reguladores se instalarán en el cuadro de mando eléctrico y sus características se describen en el Anejo AE-05 Definición del Sistema de Control y Comunicaciones como parte del control de la central hidroeléctrica.

Las protecciones requeridas para la posición de línea 45 kV y transformador de potencia se ubicarán en el cuadro denominado Protecciones de Línea. Las protecciones de la subestación se describen en el Anejo AE-02 Definición de equipos eléctricos Subestación Eléctrica.

## ANEJO AE-02. SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

---

## ÍNDICE

<b>1. OBJETO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. NORMATIVA DE APLICACIÓN .....</b>	<b>1</b>
2.1. OBRA CIVIL Y ESTRUCTURAS .....	1
2.2. ELECTRICIDAD .....	2
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES.....</b>	<b>3</b>
3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL.....	3
3.2. SUBESTACIÓN ELÉCTRICA .....	3

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Distancias de seguridad en 45 kV.....	10
Tabla 2. Características autoválvulas de línea. Posición Línea-Transformador. ....	11
Tabla 3. Características transformadores de tensión. Posición Línea-Transformador. ...	11
Tabla 4. Características módulo híbrido (HIS) 45 kV. Posición Línea-Transformador. ....	11
Tabla 5. Características autoválvulas de transformador. Posición Línea-Transformador.	12
Tabla 6. Características transformador de potencia. ....	13
Tabla 7. Distancias de seguridad 6 kV.....	13
Tabla 8. Características autoválvulas de transformador. Lado 6 kV. ....	14
Tabla 9. Conductor desnudo subestación lado 45 kV.....	14
Tabla 10. Conductor cable aislado subestación lado 6 kV .....	15

## LISTADO DE IMÁGENES

Imagen 1. Urbanización SET. ....	4
----------------------------------	---

## 1. OBJETO

---

El objeto del presente documento es la completa definición de la subestación eléctrica de la Central Hidroeléctrica de Irueña (Salamanca).

Se describen las obras a ejecutar, los equipos a instalar, así como, su sistema de protecciones y control.

## 2. NORMATIVA DE APLICACIÓN

---

La normativa de referencia para el diseño de los equipos electromecánicos propuestos cumplirá con la última edición de las siguientes normas o documentos de referencia:

### 2.1. OBRA CIVIL Y ESTRUCTURAS

- R.D. 2492/1983, 29 junio, por el que se regula la intervención administrativa del Estado sobre el nitrato amónico de “grado explosivo”.
- R.D. 2261/1985, de 23 de octubre, por el que se modifica el RD 2492/1983, de 29 de junio, ampliando la autorización de suministro de nitrato amónico de “grado explosivo”.
- Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español, desarrollada parcialmente por el Real Decreto 111/1986, de 10 de Enero.
- Colección de pequeñas obras de paso 4.2.- IC aprobada por Orden Ministerial de 3 de Junio de 1986 (BOE del 20 de junio).
- Orden de 16 de julio de 1987 por la que se aprueba la norma 8.2-IC “Marcas viales de la Instrucción de carreteras
- R.D. 1812/1994, de 2 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Carreteras.
- Orden Ministerial de 16 de diciembre de 1997, por la que se regulan los accesos a las carreteras del estado, las vías de servicio y la construcción de instalaciones de servicio.
- R.D. 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (NCSE-02).
- Código Técnico de la Edificación, CTE aprobado por R. D. 314/2006. Texto refundido con modificaciones RD 1371/2007, de 19 de Octubre, y corrección de errores del BOE de 25 de enero de 2008, y modificaciones posteriores.
- R.D. 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico “DB-HR Protección frente al ruido” del Código Técnico de la Edificación y se modifica el RD 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- R.D. 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural (EHE-08).
- R.D. 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.



- Ley 37/2015, de 29 de septiembre, de carreteras
- Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2-IC Drenaje Superficial de la instrucción de Carreteras
- R. D. 256/2016, de 10 de junio, por el que se aprueba la instrucción para la recepción de cementos (RC-16).
- R.D. 130/2017, de 24 de febrero por el que se aprueba el Reglamento de Explosivos.
- Norma NTL del Laboratorio de Transporte y Mecánica del suelo del M.O.P.
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes M.O.P.T. PG-3 y PG-4.
- Instrucción de Carreteras (I.C.).
- Instrucción de Carreteras 5.1 y 5.2 –IC “Drenaje Superficial”
- Instrucción 8.3-IC sobre señalización de obras, aprobada por Orden Ministerial de 31 de Agosto de 1987 (BOE del 18 de Septiembre) sobre señalización, balizamiento, defensa, limpieza y terminación de obras fijas fuera de poblado. Esta Orden ha sido modificado parcialmente por el Real Decreto 208/1989, de 3 de Febrero (BOE del 1 de Marzo), por el que se añade el artículo 21 bis y se modifica la redacción del artículo 171.b) A del Código de la Circulación.
- Recomendaciones para la fabricación, transporte y montaje de tubos de hormigón en masa (THM/73, Instituto E.T. de la Construcción y del Cemento).
- Normas INTA (Pintura).

## 2.2. ELECTRICIDAD

- Ley 82/1980 de 30/12, sobre Conservación de la Energía, y las actualizaciones que le afecten.
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico (disposiciones vigentes).
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministros e procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica y correcciones posteriores.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e ITC-BT 01 a 51.
- Guía Técnica de aplicación al REBT.
- Real Decreto 2351/2004, de 23 de diciembre, por el que se modifica el procedimiento de resolución de restricciones técnicas y otras normas reglamentarias del mercado eléctrico.
- Real Decreto 1454/2005, de 2 de diciembre, por el que se modifican determinadas disposiciones relativas al sector eléctrico.
- Instrucción 4/2007, de 7 de mayo, de interpretación y aplicación de determinados preceptos del Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de Agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de Puntos de Medida del sistema eléctrico y todas las actualizaciones que lo afectan.
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.

- Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE.
- Real Decreto-Ley 6/2009, de 30 de abril, por el que se adoptan determinadas medidas en el sector energético y se aprueba el bono social.
- Real Decreto 198/2010, de 26 de febrero, por el que se adaptan determinadas disposiciones relativas al sector eléctrico a lo dispuesto en la Ley 25/2009, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energías renovables, cogeneración y residuos.
- 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.
- Reglamento (UE) 2016/631 de la comisión, de 14 de abril de 2016, que establece un código de red sobre requisitos de conexión de generadores a la red.
- Procedimientos de Operación 12.1 y 12.2 de Red Eléctrica de España

### **3. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES**

---

#### **3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL**

La Central Hidroeléctrica Irueña disponer de dos turbogrupos, cada uno con un generador síncrono de eje horizontal acoplado a una turbina Francis. Los alternadores generan a la tensión de 6 kV, siendo necesario elevar la tensión de generación a la tensión de la línea de interconexión, 45 kV.

Para la elevación de la tensión, protección y conexión a la línea de evacuación a SET Fuenteguinaldo 45 kV se dispondrá de una subestación elevadora adyacente al edificio de la Central Hidroeléctrica. El presente documento describe los trabajos necesarios para la ejecución de la subestación eléctrica, tanto civil como electromecánica.

#### **3.2. SUBESTACIÓN ELÉCTRICA**

##### **3.2.1. OBRA CIVIL**

###### **3.2.1.1. URBANIZACIÓN**

La zona correspondiente al parque de intemperie estará recubierta por un encachado de grava de 10 cm de espesor con el objeto de garantizar el asilamiento necesario para cumplir con las tensiones de paso y contacto máximas admisibles.

El vial del parque de intemperie estará formado por un pavimento de 30 cm de zahorra natural sobre el que se verterá una losa de hormigón HA-25 de 20 cm de espesor.

La zona de estacionamiento de vehículos se ubica fuera del cierre de la subestación y será compartida con la de la Central Hidroeléctrica.

El cierre perimetral de la instalación estará formado por una malla metálica sobre la que se tenderán tres hileras de alambre de acero galvanizado, completando en conjunto 2,70 m de altura.

Se dispone de una puerta de acceso al interior del parque intemperie.

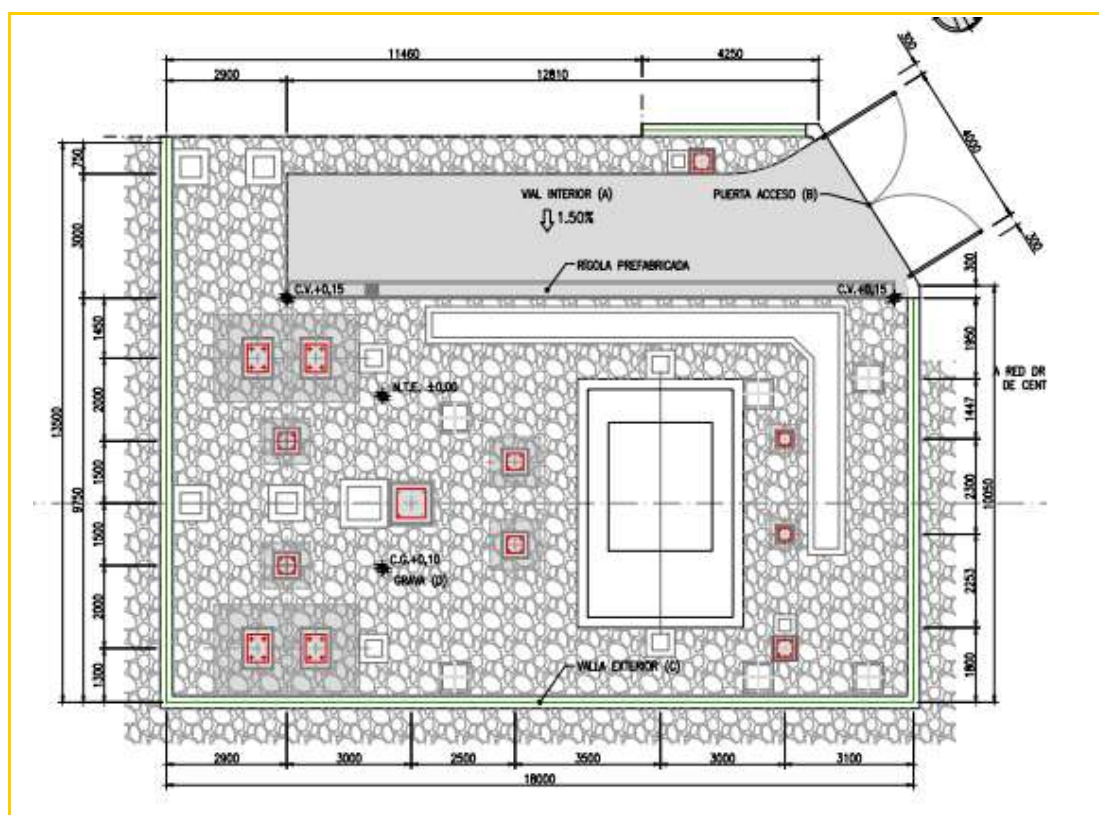


Imagen 1. Urbanización SET.

### 3.2.1.2. EDIFICIO DE CONTROL

El control de la subestación será realizado desde la sala de control de la Central Hidroeléctrica. Se dispondrá de los cuadros de mando y protección necesarios para la supervisión y manejo del aparillaje de la SET.

### **3.2.1.3. CIMENTACIONES DEL APARELLAJE ELÉCTRICO DE LA SUBESTACIÓN**

Adyacente al edificio se ubicará la zona intemperie de la subestación en dónde se instalará el aparellaje eléctrico sobre sus correspondientes cimentaciones, realizadas a base de soleras o dados de hormigón, con las dimensiones adecuadas conforme a las especificaciones particulares de los fabricantes de equipos, disponiendo de los correspondientes canales de cables y arquetas.

### **3.2.1.4. RED DE DRENAJE**

El drenaje interior del parque de intemperie se realizará mediante una red de zanjas y tubos drenantes con la pendiente necesaria para evacuar las aguas.

Consiste fundamentalmente en una red de drenes de tubería ranurada de PEAD con orientación ortogonal al eje longitudinal de la apartamenta y una red de colectores de PEAD que evacuarán el agua desde las arquetas y pozos de registro a la canaleta perimetral de drenaje.

Las arquetas generales y las de alumbrado, dispondrán de drenaje natural mediante un tubo vertical de PVC colocado en la solera que verterá el agua acumulada a una cama de grava de unos 20 cm

La bancada del transformador de potencia dispondrá de un tubo de drenaje de fibrocemento de diámetro 200 mm que conducirá, en el caso que se produzca algún vertido, el aceite o las aguas acumuladas en su interior al depósito de recogida de aceite. El depósito de recogida de aceite dispondrá de un tubo de drenaje de PVC de diámetro 200 mm, que evacuará las aguas acumuladas a la canaleta perimetral, según las indicaciones del plano de drenajes.

### **3.2.1.5. BANCADA DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA**

Con la finalidad de permitir la evacuación y la no expansión del líquido inflamable, se dispondrá de una cubeta provista de una bandeja cortafuegos de acero galvanizado perforada y cubierta de grava, según se indica en la MIE RAT-014 apartado 4.1, que retenga o canalice el aceite a un depósito con revestimiento estanco que soporte unas temperaturas superiores a 400°C.

### **3.2.1.6. DEPÓSITO DE RECOGIDA DE ACEITE**

Para evitar la contaminación producida ante una eventual pérdida de aceite del transformador, se instalará un depósito de recogida de aceite, con el diseño y dimensiones indicados en los planos adjuntos.

Los depósitos estarán comunicados con la cubeta de la bancada del transformador mediante un tubo de acero de 200 mm de diámetro. En todo caso, se cumplirá lo indicado en la Norma CTE DB SI.

### **3.2.1.7. CANALIZACIONES Y CANALES DE CABLES**

Se instalará una red de canales para la distribución de cables, tanto de potencia como de control. Los muros serán de hormigón en forma de "U", de espesor, armado y calidad según planos. Las tapas de estas zanjas serán prefabricadas o "in situ" de hormigón, de dimensiones y peso suficientemente bajos para facilitar el manejo a una sola persona. Estas tapas deberán disponer de un dispositivo para poder levantarlas sin necesidad de romper ninguna.

El replanteo definitivo de las zanjas se realizará empleando el sistema de camillas como planteamiento más exacto.

En caso de que aparezca agua en las zanjas se utilizarán los medios necesarios para agotarla, de forma que se evite la disgregación de los materiales.

En las zonas de paso de vehículos, transformador, y por lo general, donde las zanjas y canales vayan a estar sometidas a una sobrecarga, permanente o no, estas galerías estarán dotadas de los elementos resistentes adicionales necesarios para las solicitudes previstas.

La profundidad de las zanjas para cables de potencia y control serán de 50 cm.

Las zanjas tendrán una pendiente continua del 2% hacia la red de drenaje de la parcela, asegurando la evacuación del agua proveniente de filtraciones.

Los conductores, tanto de control como de alta tensión, que no discurren por canales, lo harán en canalizaciones subterráneas directamente enterrado y profundidad variable, salvo en los cruces donde se instalarán bajo tubo de polietileno de doble pared (liso interno y corrugado exterior) de 200 mm de diámetro embebidos en hormigón en masa HM-20.

Los conductores de alumbrado se instalarán bajo canalizaciones en tubo de PEAD de 63 mm de diámetro desde las correspondientes arquetas instaladas a pie de apartamento hasta los canales de cables.

### **3.2.1.8. RED DE PUESTA A TIERRA.**

Con objeto de garantizar la seguridad de las personas y de un correcto funcionamiento de los equipos, se prevé la instalación de una malla de tierras enterrada en la plataforma de la subestación.

Antes de extender la capa de tierra correspondiente a la coronación de la explanada (últimos 80 cm) se tenderá la malla principal de la red de tierras. La malla se realizará con cable de cobre de 120 mm<sup>2</sup> formando retículas de 3,00x3,00 m mediante soldadura aluminotérmica.

La instalación de puesta a tierra se completará con la instalación de electrodos profundos en cantidad necesaria para obtener las tensiones de paso y contacto permitidas según la normativa vigente. Se podrá sustituir la instalación de electrodos profundos por electrodos dinámicos y tratamiento químico del terreno, garantizando una resistencia total de la instalación no superior a 2Ω, así como el cumplimiento de las tensiones de paso y contacto máximas reglamentarias.

Al menos tres de estas picas estarán fácilmente accesibles para permitir un eventual tratamiento de reducción del valor de resistencia a tierra, que en ningún caso superará el valor indicado.

Todos los aparatos, soportes y partes metálicas no sometidas a tensión eléctrica en un funcionamiento normal, pero que en caso de falta o avería sí puedan quedar en tensión, serán puestos a tierra mediante un conductor de protección, que será de las mismas características que el de los conductores activos, pero de la mitad de sección con un mínimo de 16 mm<sup>2</sup>. Además, se dejará un anillo perimetral de cable de cobre a una distancia exterior de 1 m que se conectará al resto de la malla que se extenderá por toda la parcela, incluido el cerramiento.

Se unirán a tierra los elementos siguientes:

- Las carcasas de transformadores, motores y otras máquinas.
- La estructura metálica.
- Los blindajes metálicos de los cables.
- Los chasis y bastidores de los aparatos de maniobra.
- Los envolventes de los conjuntos de armarios metálicos.
- Las puertas metálicas de los locales.
- Las vallas y los cerramientos metálicos.
- Las tuberías y conductos metálicos.

Se conectarán a tierra, sin uniones desmontables intermedias, los siguientes elementos, que se consideran puestas a tierra de servicio:

- Los neutros de transformadores de potencia y medida.
- Los hilos de tierra de las líneas aéreas.
- Los elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra.
- Las tomas de tierra de las autoválvulas para eliminación de sobretensiones o descargas atmosféricas.



Estas conexiones se fijarán a la estructura y carcasas del aparellaje mediante tornillos y grapas especiales, que aseguran la permanencia de la unión, haciendo uso de soldaduras aluminotérmicas de alto poder de fusión, para las uniones bajo tierra, ya que sus propiedades son altamente resistentes a la corrosión galvánica.

Los elementos metálicos que den al exterior tales como puertas, rejillas, cierres, etc., se instalarán de modo tal que no podrán ponerse en contacto con partes en tensión por causa de defectos o avería, y si esto no fuese posible se conectarán a tierra convenientemente.

Adicionalmente a lo anteriormente expuesto, se extenderá una capa de grava de 10 cm de espesor en toda la superficie de la subestación.

La red de puesta a tierra de la subestación se conectará con la red de puesta a tierra de la central en un mínimo de tres puntos. Además de lo establecido anteriormente se tendrá en cuenta lo indicado en el Anejo AE-06 Instalaciones Auxiliares para el diseño de la puesta a tierra.

### **3.2.1.9. CIERRE PERIMETRAL**

El cierre perimetral de la instalación estará formado por un vallado cinégetico con paso de luz mínimo de 15x15 para que sea permeable a los pequeños mamíferos y sin cosido inferior, únicamente al poste. La altura del mismo será de 2 metros, con perfiles tubulares.

### **3.2.2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA**

A continuación se detallan las principales características de la instalación eléctrica que conforma la subestación propuesta.

#### **3.2.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL**

La subestación eléctrica objeto de este proyecto se compondrá de los siguientes elementos principales:

- Una posición combinada de línea-transformador de 45 kV de tecnología híbrida (HIS), con los equipos necesarios de protección y medida exigidos por la compañía distribuidora.
- Un transformador trifásico de potencia nominal 5 MVA, refrigeración ONAN, de relación de transformación 45/6 kV y regulación en vacío  $45 \pm 4 \times 2,5$  % kV.

En el interior de la central hidroeléctrica y perteneciente a ésta se dispondrá del siguiente equipamiento:

- Dos posiciones de línea 6 kV para la conexión de los generadores, con los equipos necesarios de protección y medida exigidos por la compañía distribuidora.

- Una posición de medida de 6 kV, con medida de tensión en barras y conexión con el transformador de potencia.
- Una posición de transformador de servicios auxiliares de 6 kV.
- Un transformador de servicios auxiliares 6.000/400-230 V de 100 kVA.

La alimentación auxiliar para mando y control procederá del cuadro general de servicios auxiliares de la Central Hidroeléctrica.

Por lo tanto, en la instalación habrá cinco (5) niveles de tensión, con los correspondientes transformadores y fuentes de alimentación como elementos de unión entre ellos:

- 45kV en la línea aérea de llegada.
- 6 kV en las líneas internas de la central hidroeléctrica.
- 400/230 V en servicios auxiliares.
- 125 Vcc para los elementos de control y motores de accionamiento de interruptores.

A continuación, se describen en detalle los elementos constitutivos.

### 3.2.2.2. ZONA 45 KV

#### 3.2.2.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

La zona de 45 kV de la subestación objeto de este documento estará dotada de los siguientes elementos:

- Una posición combinada de línea-transformador de 45 kV de tecnología híbrida (HIS), con los equipos necesarios de protección y medida exigidos por la compañía distribuidora.

El dimensionado general se realizará en base a una intensidad de corta duración de 25 kA, con una tensión asignada de 52 kV y una tensión de prueba a frecuencia industrial 95 kV y 250 kV frente a sobrecarga tipo rayo.

Las distancias mínimas a respetar entre elementos en tensión y estructuras metálicas, pasillos o cerramiento de la parcela se indican en el cuadro siguiente:

DISTANCIAS DE SEGURIDAD	
Tensión nominal	45 kV
Altura de elementos en tensión no protegidos sobre pasillos	2,98 m
Altura de elem. en tensión no protegidos sobre elem. móviles	0,58 m
Distancia de elementos en tensión al cierre perimetral	1,98 m
Pasillos de maniobra con elementos en tensión a un lado	1,00 m



DISTANCIAS DE SEGURIDAD	
Pasillos de maniobra con elementos en tensión a ambos lados	1,20 m
Pasillos de inspección con elementos en tensión a un lado	0,80 m
Pasillos de inspección con elementos en tensión a ambos lados	1,00 m
Altura del cierre perimetral medido desde el exterior	2,20 m

Tabla 1. Distancias de seguridad en 45 kV.

En los siguientes apartados se describe cada uno de los elementos que componen el parque de intemperie (zona 45 kV).

### 3.2.2.2.2. POSICIÓN DE LÍNEA-TRANSFORMADOR

La posición de línea-transformador estará compuesta por un (1) pórtico de llegada de línea, tres (3) descargadores de sobretensiones en la llegada de línea, tres (3) transformadores de tensión, un (1) módulo híbrido (HIS) que incorpora las funciones de seccionamiento (de línea y a tierra), interruptor y transformadores de intensidad, tres (3) descargadores de sobretensiones para protección del transformador y los elementos de conexión entre ellos en base a conductor LA-78.

La aparamenta de 45 kV se ubicará en el parque de intemperie y será de tecnología híbrida (HIS).

#### 3.2.2.2.2.1. PÓRTICO DE LLEGADA DE LÍNEA

Se empleará un pórtico de llegada de línea de celosía de acero formado por dos soportes laterales y una viga central en la que se soportan las tres fases de la línea aérea y el cable de tierra.

#### 3.2.2.2.2.2. AUTOVÁLVULAS DE LÍNEA

Con objeto de evitar los efectos perjudiciales de los rayos sobre la instalación eléctrica, se instalarán tres (3) descargadores de sobretensiones de óxidos metálicos inmediatamente a la llegada de la línea a la subestación. Dispondrán de un (1) contador de descargas por polo. Las características principales son las siguientes:

AUTOVÁLVULAS DE LÍNEA	
Tipo de instalación	Intemperie
Tensión nom. servicio de la red	45 kV
Tensión máx. servicio de la red	52 kV
Tensión (Uc)	33,6 kV
Tensión (Ur)	42 kV

AUTOVÁLVULAS DE LÍNEA	
Intensidad	10 kA

Tabla 2. Características autoválvulas de línea. Posición Línea-Transformador.

### 3.2.2.2.3. TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

Se instalarán tres (3) transformadores de tensión de tipo inductivo con tres (3) secundarios construidos en material polimérico de las siguientes características:

TRANSFORMADORES DE TENSIÓN	
Tensión nominal	45 kV
Tensión de aislamiento	52 kV
Relación de transformación TT	45/√3 : 0,11/√3-0,11/√3-0,11/√3 kV
- Clase y potencia S1 (VA)	CL. 0,2 - 25 VA
- Clase y potencia S2 (VA)	CL. 0,5 - 25 VA
- Clase y potencia S3 (VA)	CL. 3P - 50 VA

Tabla 3. Características transformadores de tensión. Posición Línea-Transformador.

### 3.2.2.2.4. MÓDULO HÍBRIDO (HIS) 45 KV

Se instalará un (1) módulo híbrido que incorpora las funciones de seccionamiento (de línea y a tierra), interruptor y transformadores de intensidad. Está constituido por un único módulo compacto bajo una envolvente monofásica de aluminio conectado a tierra, con aislamiento de gas SF6 presurizado. Las características más significativas son:

MODULO HÍBRIDO (HIS) 45 kV	
Tensión nominal	45 kV
Tensión de aislamiento	52 kV
Relación de transformación TI	100-200/5-5-5 A
- Clase y potencia S1 (VA)	Cl. 0,2S - 10 VA
- Clase y potencia S2 (VA)	Cl. 0,5 - 30 VA
- Clase y potencia S3 (VA)	Cl. 5P20 - 30 VA
Intensidad nominal	2.000 A
Intensidad de cortocircuito	25 kA

Tabla 4. Características módulo híbrido (HIS) 45 kV. Posición Línea-Transformador.

### 3.2.2.2.5. AUTOVÁLVULAS DE TRANSFORMADOR

Con objeto de evitar los efectos perjudiciales de los rayos sobre la instalación eléctrica, se instalarán tres (3) descargadores de sobretensiones de óxidos metálicos inmediatamente a las bornas del transformador de potencia. Dispondrán de un (1) contador de descargas por polo. Las características principales son las siguientes:

AUTOVÁLVULAS DE TRANSFORMADOR	
Tipo de instalación	Intemperie
Tensión nom. servicio de la red	45 kV
Tensión máx. servicio de la red	52 kV
Tensión (Uc)	33,6 kV
Tensión (Ur)	42 kV
Intensidad	10 kA

Tabla 5. Características autoválvulas de transformador. Posición Línea-Transformador.

### 3.2.2.2.2.6. Conexión de Elementos

La conexión de todos los elementos se realizará con conductor LA-78 con los racores y herrajes correspondientes.

### 3.2.2.2.3. Estructura metálica

Todo el aparellaje irá instalado sobre soportes metálicos formados por perfiles de acero laminado S275JR, tal y como se muestra en los planos correspondientes.

Todas las estructuras irán soldadas sobre una placa base de igual material, con los correspondientes taladros para anclaje a la cimentación. Las dimensiones y espesores se reflejan en los planos correspondientes.

Para protección frente a la corrosión, todas estas estructuras serán sometidas a un proceso de galvanizado en caliente por inmersión.

### 3.2.2.3. TRANSFORMADOR DE POTENCIA

Se instalará un transformador de potencia trifásico de columnas en baño de aceite, tipo intemperie, potencia nominal 5 MVA, refrigeración ONAN, relación de transformación 45/6 kV, regulación en vacío en lado AT y grupo de conexión YNd11. Construido y ensayado según Norma CEI. Sus características principales serán:

TRANSFORMADOR DE POTENCIA	
Clase de refrigeración	Natural de aceite / Natural de aire
Clase de servicio	Continuo
Clase de corriente	Alterna, trifásica, 50 Hz
Número de arrollamientos	Tres
Refrigeración ONAN	5.000 kVA
Intensidad de diseño lado A.T.	64,15 A
Intensidad de diseño lado M.T.	481,13 A

TRANSFORMADOR DE POTENCIA	
Grupo de conexión	YNd11
Lado AT	45.000 ± 4 x 2,5 %V
Lado BT	6.000 V

Tabla 6. Características transformador de potencia.

Este transformador incluirá una sonda Pt-100 en cada devanado, que informará al equipo de control de la temperatura de los mismos y un relé de nivel de aceite tipo Buchholz.

Se empleará un depósito para la retención de aceites, con capacidad suficiente para la recogida del aceite que pueda recibir en caso de avería u operaciones de mantenimiento.

Dispondrá de protecciones mecánicas propias: 26, 49, 63B, 63L, 63BJ y 71.

### 3.2.2.4. ZONA 6 KV

#### 3.2.2.4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

En lo referente a la aparamenta de 6 kV, ésta se ubicará en el edificio de la central hidroeléctrica y será de tecnología basada en celdas metálicas prefabricadas de aislamiento en hexafluoruro de azufre, a excepción de las autoválvulas que irán ubicadas en el parque de intemperie.

Las distancias mínimas a respetar entre elementos en tensión y estructuras metálicas, pasillos o cerramiento de la parcela se indican en el cuadro siguiente:

DISTANCIAS DE SEGURIDAD	
Tensión nominal	6 kV
Altura de elementos en tensión no protegidos sobre pasillos	2,72 m
Altura de elem. en tensión no protegidos sobre elem. móviles	0,32 m
Distancia de elementos en tensión al cierre perimetral	1,72 m
Pasillos de maniobra con elementos en tensión a un lado	1,00 m
Pasillos de maniobra con elementos en tensión a ambos lados	1,20 m
Pasillos de inspección con elementos en tensión a un lado	0,80 m
Pasillos de inspección con elementos en tensión a ambos lados	1,00 m
Altura del cierre perimetral medido desde el exterior	2,20 m

Tabla 7. Distancias de seguridad 6 kV.

En los siguientes apartados se describe cada uno de los elementos que componen el parque de intemperie (zona 6 kV) y sala de celdas del edificio de la central hidroeléctrica (zona 6 kV).

### 3.2.2.4.2. AUTOVÁLVULAS DE TRANSFORMADOR

Con objeto de evitar los efectos perjudiciales de los rayos sobre la instalación eléctrica, se instalarán tres (3) descargadores de sobretensiones de óxidos metálicos inmediatamente a las bornas del transformador de potencia. Las características principales son las siguientes:

AUTOVÁLVULAS DE TRANSFORMADOR	
Tipo de instalación	Intemperie
Tensión nom. servicio de la red	6 kV
Tensión máx. servicio de la red	7,2 kV
Tensión (Uc)	4,8 kV
Tensión (Ur)	6 kV
Intensidad	10 kA

Tabla 8. Características autoválvulas de transformador. Lado 6 kV.

### 3.2.2.5. CONDUCTORES

Se prevé la utilización de distintos conductores para la conexión eléctrica de los elementos de la subestación.

A continuación se muestran las características para cada nivel de tensión.

#### 3.2.2.5.1. ZONA 45 KV

Las conexiones entre aparatos se realizarán con conductor de las siguientes características:

	Sección (mm <sup>2</sup> )	Diámetro exterior (mm)	Intensidad máxima Admisible (A)	Resistencia cc 20º C (Ω/km)
LA-78	78,6	11,30	252,58	0,4256

Tabla 9. Conductor desnudo subestación lado 45 kV.

Las conexiones cobre-cobre se realizarán con conectores de bronce y las de cobre-aluminio se realizarán con conectores monometálicos (Ánodo masivo).

### 3.2.2.5.2. ZONA 6 KV

Posición	Conductor	Nº ternos	Sección conductor (mm <sup>2</sup> )	Sección pantalla (mm <sup>2</sup> )
Transformador de Potencia	RHZ1 20L (S) 12/20 kV Al +H16	2	240	16

Tabla 10. Conductor cable aislado subestación lado 6 kV

El dimensionamiento de los cables de 6 kV se muestra en el Anejo AE-03 Cálculos Eléctricos AT.

### 3.2.2.6. ALIMENTACIÓN EN BAJA TENSIÓN CORRIENTE ALTERNA

Las alimentaciones en baja tensión requeridas para el equipamiento de la subestación procederán del cuadro de servicios auxiliares de la Central Hidroeléctrica. Las características del cuadro se describen en el AE-01 Equipos Electromecánicos. El diseño de la instalación de baja tensión se muestra en el Anejo AE-04 Cálculos Eléctricos de BT.

### 3.2.2.7. ALIMENTACIÓN EN BAJA TENSIÓN CORRIENTE CONTINUA

EL conjunto rectificador y baterías que permitirán disponer de corriente continua en 125 VCC para el mando y motores del aparellaje de la subestación será el de la Central Hidroeléctrica. Las características del cuadro se describen en el AE-01 Equipos Electromecánicos.

### 3.2.2.8. PROTECCIÓN FRENTE A DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Para la protección de esta zona frente a descargas atmosféricas, se instalará un pararrayos electrónico con dispositivo de cebado (At) según las normas UNE-21.186, 21.308 y NF-C 17 102. Se situará en pórtico de salida de línea, montado sobre un mástil de 3 m adosado a uno de los pilares del pórtico. El radio de actuación de este pararrayos no será inferior a 40 m en Nivel II.

La conexión del pararrayos a la red de tierra se hará mediante cable de cobre de 50 mm<sup>2</sup>, siendo el trazado del conductor lo más rectilíneo posible.

### 3.2.2.9. SISTEMA DE CONTROL Y COMUNICACIONES

El sistema de control y comunicaciones de la central hidroeléctrica será común para la subestación. Las señales de la subestación se cablearán al relé de protección de línea y al controlador de la central hidroeléctrica.

En el sistema SCADA de la central hidroeléctrica se dispondrá de los despliegues gráficos específicos de la subestación.

Las características y definiciones del sistema de control de la Central Hidroeléctrica de Irueña se describen en el Anejo AE-05 Sistema de control y comunicaciones.

### 3.2.2.10. SISTEMA DE PROTECCIONES

En el interior de la sala de control se dispondrá de un cuadro eléctrico para alojar las protecciones de transformador y línea 45 kV, montadas sobre chasis (o en la puerta del armario en caso de que alguna protección no ofrezca dicha posibilidad). El tarado se deberá hacer de acuerdo con las características definitivas del transformador y en coordinación con el otro extremo de la línea

Se dispondrá de uno o dos relés digitales multifunción para protección del transformador y línea. Se dispondrán de las siguientes funcionalidades:

- Diferencial de transformador (87T)
- Sobreintensidad instantánea y temporizada (50/51)
- Sobreintensidad neutro instantánea y temporizada (50N/51N)
- Sobreintensidad direccional (67N)
- Mínima tensión (27)
- Mínima y máxima frecuencia (81)
- Sobretensión (59)
- Supervisión de fallo del interruptor (50BF)

Como funciones de medida y monitorización se incluyen:

- Intensidades, tensiones, potencias activas y reactivas, factores de potencia y frecuencias, todos ellos por fase y totales.
- Registro oscilográfico de los últimos 500 sucesos con definición de 1ms.
- Interfaz gráfica con indicadores led de estado.
- Dos puertos RJ45, uno ocupado para integración con el sistema de control y otro libre para programación.
- Comunicación IEC61850 con el sistema SCADA a través del puerto RJ45.

Como relés auxiliares se utilizarán relés instantáneos tipo RJ8 y RF4 o similar.

Un relé de enclavamiento (86) mediante un relé auxiliar biestable tipo BF3 o similar por grupo.

Todas estas protecciones actuarán sobre el interruptor de línea.

El cuadro se completa con la instalación de un analizador de red. El analizador se integrará en el sistema de control a través de Modbus TCP.

Adicionalmente y conectadas a la protección o protecciones instaladas se dispondrá de las respectivas protecciones mecánicas del transformador (ANSI 63, 26, 49, 71)

### 3.2.2.11. SISTEMA DE MEDIDA

Se instalarán los equipos necesarios para cuantificar la energía vertida y consumida a través de la subestación a la red. Estos equipos serán conformes al Reglamento de Puntos de Medida y Puntos Frontera, y las especificaciones particulares de la Compañía Distribuidora.

La posición de interconexión contará con un punto de medida comprobante, compuesto por un contador registrador tarificador de medida en cuatro cuadrantes con clases de precisión 0,2 para la potencia activa y 0,5 para reactiva. El sistema de medida se completa con la instalación de un contador de medida principal en la llegada de la SET Fuenteguinaldo 45 kV, de idénticas características al instalado en Irueña.

Tanto los armarios que alberguen los equipos de medida, como el conexionado, cableado, etiquetado, bornero de comprobación, etc. serán conformes con RPM e indicaciones de la compañía distribuidora.

Dispondrá, además de un módem telefónico o GSM para realizar telemedidas desde un despacho remoto.

Asimismo, los equipos de medida estarán dotado de los puertos necesarios para facilitar los datos relativos a los parámetros eléctricos de la instalación requeridos por la reglamentación vigente.

Con el fin del cumplimiento del reglamento de puntos de medida se dispondrá del cuadro de resistencias para la carga de los transformadores de medida, si fuera finalmente necesario.

El sistema de medida se ubicará en una caseta con acceso desde la plataforma de la Central Hidroeléctrica sin necesidad de acceder a la subestación o central hidroeléctrica.



### 3.2.2.12. ALUMBRADO EXTERIOR

Se dispondrá de una instalación de alumbrado exterior formada por proyectores con lámparas de vapor de sodio de alta presión de 250 W o equipo equivalente en tecnología LED.

## ANEJO AE-03. CALCULOS ELECTRICOS AT

---

## ÍNDICE

<b>1. OBJETO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. DATOS DE PARTIDA .....</b>	<b>1</b>
2.1. DATOS DE LA RED .....	2
2.2. NIVEL DE AISLAMIENTO Y DISTANCIAS DE SEGURIDAD .....	2
2.3. CARACTERÍSTICAS EQUIPOS PRINCIPALES.....	3
2.4. CONDUCTORES.....	4
<b>3. FLUJO DE CARGAS .....</b>	<b>5</b>
3.1. MÉTODO DE CÁLCULO.....	5
3.2. RESUMEN DE RESULTADOS .....	7
3.3. REPORTES DE CÁLCULO.....	10
<b>4. ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO .....</b>	<b>11</b>
4.1. MÉTODO DE CÁLCULO.....	11
4.2. RESULTADO.....	14
<b>5. CABLES .....</b>	<b>15</b>
5.1. DIMENSIONAMIENTO .....	15

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Potencia de cortocircuito 45 kV. ....	2
Tabla 2. Niveles de aislamiento .....	2
Tabla 3. Distancias de seguridad parque de intemperie. ....	3
Tabla 4. Características transformador de potencia SET. ....	3
Tabla 5. Características transformador de SS.AA. ....	3
Tabla 6. Conductor desnudo subestación lado 45 kV.....	4
Tabla 7. Características generador – 1 .....	5
Tabla 8. Características generador -2 .....	5
Tabla 9. Valores representativos flujo de carga en las diferentes hipótesis.....	9
Tabla 10. Intensidad máxima admisible en instalación aérea.....	16
Tabla 11. Intensidad máxima admisible en instalación enterrada .....	17
Tabla 12. Intensidad máxima admisible en instalación enterrada bajo tubo. ....	17
Tabla 13. Factor de corrección para temp del aire distinta de 40 °C. ....	18
Tabla 14. Factores de corrección por agrupamiento al aire.....	18
Tabla 15. Factores de corrección por temperatura de terreno.....	19
Tabla 16. Temperatura máxima admisible de conductores. ....	19
Tabla 17. Factores de corrección por resistividad del terreno.....	20
Tabla 18. Resistividad del terreno para distintos tipos de suelo.....	20
Tabla 19. Factores de corrección por agrupación de ternos.....	21
Tabla 20. Factores de corrección por profundidad del enterramiento.....	22
Tabla 21. Densidad de corriente máxima en conductores de cobre en cortocircuito. ....	23
Tabla 22. Densidad de corriente máx en conductores de aluminio en cortocircuito. ....	23

## LISTADO DE IMÁGENES

Imagen 1. Esquema eléctrico general Central Hidroeléctrica Irueña .....	1
Imagen 2. Hipótesis de cálculo para el flujo de cargas. ....	7
Imagen 3. Modelado eléctrico ETAP .....	14

## 1. OBJETO

El objeto del presente documento es la presentación de los cálculos eléctricos justificativos de la instalación de alta tensión (flujo de cargas, cálculo de cortocircuito y dimensionamiento de cables de alta tensión).

Los cálculos presentados en este documento son referenciales, debiéndose verificar en la fase de ejecución, de acuerdo con los equipos adquiridos.

## 2. DATOS DE PARTIDA

La Central Hidroeléctrica de Irueña dispondrá de dos turbogrupos, compuesto cada uno de ellos de una turbina Francis y un generador síncrono. La Central Hidroeléctrica tendrá los siguientes niveles de tensión:

- Nivel 45 kV. Equipamiento de la subestación eléctrica y línea de interconexión.
- Nivel 6 kV. Tensión de generación y celdas de alta tensión.
- Nivel 400 /230 V. Sistemas auxiliares para la alimentación del equipamiento auxiliar de los grupos generadores e instalaciones auxiliares de la central hidroeléctrica.
- Nivel 125 Vcc. Tensión segura desde baterías para la alimentación del sistema de control, comunicaciones y motores y mandos de aparata de alta tensión.

En la siguiente figura se muestra la configuración general de la central hidroeléctrica en lo referente a la conexión entre generadores y celdas de media tensión y entre estas y la subestación de la central, para después realizar la evacuación hacia la subestación existente Fuenteguinaldo mediante una línea aérea de 45 kV.

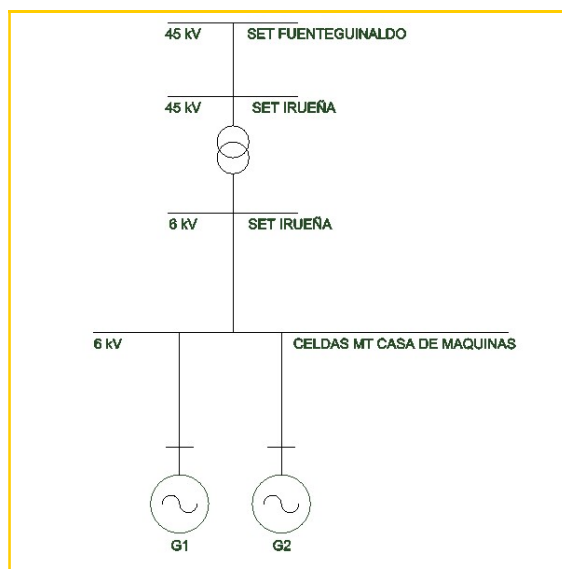


Imagen 1. Esquema eléctrico general Central Hidroeléctrica Irueña

## 2.1. DATOS DE LA RED

Para el dimensionamiento de las instalaciones eléctricas se tienen en cuenta los siguientes datos de potencia de cortocircuito. .

POTENCIA DE CORTOCIRCUITO 45 kV	
Tensión de red (kV)	45 kV
Intensidad de cortocircuito 3F <sup>1</sup>	25 kA
Intensidad de cortocircuito 1F	25 kA
Potencia de cortocircuito 3F	1,954 MVA

Tabla 1. Potencia de cortocircuito 45 kV.

## 2.2. NIVEL DE AISLAMIENTO Y DISTANCIAS DE SEGURIDAD

Según la Instrucción ITC – RAT 12, los niveles de aislamiento de los equipos de la instalación de alta tensión serán:

NIVELES DE AISLAMIENTO		
Tensión nominal	45 kV	6 kV
Tensión más elevada para el material	52,5 kV	7,2 kV
Tensión soportada a impulso tipo rayo	250 kV <sub>cresta</sub>	60 kV <sub>cresta</sub>
Tensión soportada de corta duración a frecuencia industrial	95 kV <sub>ef</sub>	20 kV <sub>ef</sub>
Distancia mínima fase – tierra en el aire (cm)	48 cm	12 cm
Distancia mínima entre fases en el aire (cm)	48 cm	12 cm

Tabla 2. Niveles de aislamiento

A la hora del diseño del parque de intemperie de la subestación se deberán guardar las siguientes distancias de seguridad mínimas:

DISTANCIAS DE SEGURIDAD		
Tensión nominal	45 kV	6 kV
Altura de elementos en tensión no protegidos sobre pasillos	2,98 m	2,72 m
Altura de elem. en tensión no protegidos sobre elem. móviles	0,58 m	0,32 m
Distancia de elementos en tensión al cierre perimetral	1,98 m	1,72 m
Pasillos de maniobra con elementos en tensión a un lado	1,00 m	
Pasillos de maniobra con elementos en tensión a ambos lados	1,20 m	
Pasillos de inspección con elementos en tensión a un lado	0,80 m	

<sup>1</sup> Intensidad de cortocircuito requerida es la establecida en el documento MT 2.00.03 Especificaciones particulares para instalaciones de clientes en AT, elaborado por Iberdrola.

DISTANCIAS DE SEGURIDAD	
Pasillos de inspección con elementos en tensión a ambos lados	1,00 m
Altura del cierre perimetral medido desde el exterior	2,20 m

Tabla 3. Distancias de seguridad parque de intemperie.

## 2.3. CARACTERÍSTICAS EQUIPOS PRINCIPALES

En los siguientes apartados se muestran las principales características de los equipos eléctricos, las cuales serán utilizadas para el modelado eléctrico de la planta para la realización de los cálculos eléctricos de alta tensión.

### 2.3.1. TRANSFORMADOR POTENCIA

Los parámetros del transformador de potencia considerados en el diseño de la instalación son los siguientes:

TRANSFORMADOR DE POTENCIA	
Potencia aparente	5 MVA
Relación de transformación	45/6 $\pm$ 4 x 2,5%kV
Conexión	YNd11
Intensidad de diseño lado A.T.	64,15 A
Intensidad de diseño lado M.T.	481,13 A
Tensión de cortocircuito	7,15 %

Tabla 4. Características transformador de potencia SET.

### 2.3.2. TRANSFORMADOR DE SS.AA.

Los parámetros del transformador de SS.AA. considerados en el diseño de la instalación son los siguientes:

TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES	
Potencia aparente	100 kVA
Relación de transformación	6 / 0,42-0.242 kV
Cambiador de tomas en vacío	$\pm$ 4 x 2,5 % V
Conexión	Dyn11
Revisa Intensidad de diseño lado alta	1,92 A
Intensidad de diseño lado baja	144,34 A
Tensión de cortocircuito	4,0 %

Tabla 5. Características transformador de SS.AA.



## 2.4. CONDUCTORES

Se prevé la utilización de distintos conductores para la conexión eléctrica de los elementos de la subestación. A continuación, se muestran las características para cada nivel de tensión.

### 2.4.1. CONDUCTOR NIVEL 45 KV

En el nivel de 45 kV se utilizará conductor desnudo idéntico al utilizado en la línea de interconexión con la SET Fuenteguinaldo 45 kV

	Sección (mm <sup>2</sup> )	Diámetro exterior (mm)	Intensidad máxima Admisible (A)	Resistencia cc 20º C (Ω/km)
LA-78	78,6	11,30	252,58	0,4256

Tabla 6. Conductor desnudo subestación lado 45 kV.

### 2.4.2. CONDUCTORES NIVEL 6 KV

En el nivel de 6 kV se utilizara conductores aislados de 12/20 kV dado a que al tratarse de un cable habitual en el mercado, el precio y plazo del mismo será más ventajoso en comparación con otro tipo de cable. La sección y número de ternas necesarias para cada conexión se muestra en el epígrafe 5.

### 2.4.3. GENERADORES

Los generadores se definen en detalle en el Anejo AE-01 del presente proyecto. A continuación se muestran los datos más importantes para el diseño eléctrico de la instalación.

GENERADOR -1	
Tipo de generador	Síncrono
Topología	Eje Horizontal
Tipo de Turbina	Francis
Tipo de servicio	S-1
Potencia (kVA)	1.093
Tensión (kV)	6.000
Factor de potencia	0,90
Potencia activa (kW)	983
Frecuencia	50 Hz
Velocidad (rpm)	1.000
Embalamiento (rpm)	1.786

GENERADOR -1	
Altitud (m.s.n.m)	< 1000
Tº Ambiente	40º C
Clase de aislamiento	F
Clase de calentamiento	B
Forma constructiva	IM-1001
Grado de protección	IP-23
Método de refrigeración	IC-01

Tabla 7. Características generador – 1

GENERADOR -2	
Tipo de generador	Síncrono
Topología	Eje Horizontal
Tipo de Turbina	Francis
Tipo de servicio	S-1
Potencia (kVA)	4.769
Tensión (kV)	6.000
Factor de potencia	0,90
Potencia activa (kW)	4.292
Frecuencia	50 Hz
Velocidad (rpm)	500
Embalamiento (rpm)	906
Altitud (m.s.n.m)	< 1000
Tº Ambiente	40º C
Clase de aislamiento	F
Clase de calentamiento	B
Forma constructiva	IM-1001
Grado de protección	IP-23
Método de refrigeración	IC-01

Tabla 8. Características generador -2

### 3. FLUJO DE CARGAS

#### 3.1. MÉTODO DE CÁLCULO

La resolución del flujo de carga de la instalación que se proyecta se ha realizado mediante el método de Newton-Raphson. Una vez resuelto, se obtienen los valores de tensión en cada

uno de los nudos, intensidades en cada una de las ramas y consecuentemente las caídas de tensión y pérdidas de potencia.

Un paso previo al cálculo del flujo de cargas es la definición de la matriz de admitancias de rama de la red. En esta matriz está ocupando los valores de la diagonal ( $Y_{ii}$ ) la suma de las admitancias conectadas a cada nudo, y fuera de la diagonal ( $Y_{ij}$ ) el valor de la admitancia total conectada entre los nudos  $i$  y  $j$  cambiada de signo.

Una vez obtenida la matriz de admitancias, los valores de las potencias activa y reactiva inyectadas o consumidas en cada nodo se formulan según las expresiones siguientes:

$$P_i = \sum_{n=1}^N |Y_{in} V_i V_n| \cos(\theta_{in} + \delta_n - \delta_i)$$

$$Q_i = -\sum_{n=1}^N |Y_{in} V_i V_n| \text{sen}(\theta_{in} + \delta_n - \delta_i)$$

Donde:

- $i$  es cada uno de los nudos de la red.
- $P_i$  es la potencia activa en el nudo  $i$ .
- $Q_i$  es la potencia reactiva.
- $N$  es el número total de nudos de la red.
- $V_i$  es la tensión en el nudo  $i$ .
- $V_n$  es la tensión en el nudo  $n$ .
- $Y_{in}$  es el valor de la posición  $in$  de la matriz de admitancia.
- $\theta_{in}$  es el argumento de la admitancia  $Y_{in}$
- $\delta_i$  es el argumento de la tensión  $V_i$ .

A partir de la matriz de impedancias se puede plantear la ecuación del flujo de cargas. El método de Newton-Raphson parte de unos valores supuestos de tensión  $V$  y argumento  $\delta$  en cada nudo a partir de los cuales formula y resuelve iterativamente la ecuación de flujo de carga siguiente:

$$\begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta\delta \\ \frac{\Delta V}{V} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix}$$

Donde:

- $\Delta\delta$  y  $\Delta V/V$  son las correcciones que se deben aplicar a los valores propuestos de  $\delta$  y  $V$ .
- $J_i$  es la matriz jacobiana que se obtiene al realizar la derivada parcial de las funciones  $P$  y  $Q$  frente a las variables  $\Delta\delta$  y  $\Delta V/V$

- $\Delta P$  y  $\Delta Q$  son los errores que se obtienen al restar los valores reales con el resultado de las ecuaciones del sistema eléctrico utilizando los valores de con respecto a los valores de  $\delta$  y  $V$  propuestos.

El método de Newton-Raphson posee una característica única de convergencia cuadrática. Por lo general, tiene una velocidad de convergencia muy rápida en comparación con otros métodos de cálculo del flujo de carga. También tiene la ventaja de que los criterios de convergencia se especifican para garantizar la convergencia de la potencia activa en los nodos y los desajustes de potencia reactiva. Este criterio le da el control directo de la precisión que desea especificar para la resolución del sistema. Los criterios de convergencia para el método de Newton-Raphson se suelen establecer en 0,001 MW y 0,001 MVar.

El método de Newton-Raphson es altamente dependiente de los valores iniciales de la tensión en los nodos, por lo que cobra especial relevancia una cuidadosa selección del voltaje de partida.

### 3.2. RESUMEN DE RESULTADOS

El flujo de cargas se realiza con el fin de estimar el cumplimiento del código de red para instalaciones de tipo B según la norma técnica de supervisión de la conformidad de los módulos de generación de electricidad según el reglamento UE 2016/631. La citada norma técnica requiere el cumplimiento en el PCR de una determinada relación P/Q para los siguientes casos:

P/P <sub>max</sub> [%]	U en PCR	Q en PCR	Valor requerido en PCR Q/P <sub>max</sub>
*100%	*90%Un		0
100%	95%Un		0
100%	100%Un		-0,15
100%	105%Un		-0,3
*100%	**110%Un ó 108,75%Un		-0,3
50%	100%Un		-0,15
Mínimo técnico de funcionamiento estable	100%Un		-0,15
10%	100%Un		-0,15
10%	100%Un		-0,05
*100%	*90%Un		0,3
100%	95%Un		0,3
100%	100%Un		0,15
100%	105%Un		0
*100%	**110%Un ó 108,75%Un		0
50%	100%Un		0,15
Mínimo técnico de funcionamiento estable	100%Un		0,15

Imagen 2. Hipótesis de cálculo para el flujo de cargas.

- \*: Estas simulaciones solo se llevaran a cabo en el caso de que la simulación se realice sobre MGES de tipo D o sobre un MGES de tipo C cuya capacidad máxima sea mayor de 15 MW.

- \*\*: El valor máximo de la tensión será 110% en caso de que el nivel de tensión del PCR al que se conecta el MGES este comprendido entre 110 kV y 300 kV y de 108,75% en caso de que nivel de tensión del PCR al que se conecta el MGES sea mayor que 300 kV y hasta 400 kV.

Simulados los casos anteriores, a continuación se presenta una tabla resumen con los resultados obtenidos y que permiten verificar el cumplimiento de la Norma Técnica.

Hipótesis	U (PCR) kV	P/P <sub>max</sub> (PCR) kW	Q/P <sub>max</sub> (PCR) kVAr	P G1 kW	Q G1 kVAr	U G1 %	P G2 kW	Q G2 kVAr	U G2 %	Cumple
95 100 0	42,75	4504	0	950	100	96,30%	3674	255	96,37%	OK
100 100 -0,15	45	4501	674	950	-100	100,23%	3672	-242	100,28%	OK
105 100 -0,3	47,25	4496	1348	950	-300	104,25%	3672	-725	104,32%	OK
100 50 -0,15	45	2265	678	950	-100	99,57%	1400	-470	99,57%	OK
100 MT -0,15	45	283	683	355	-150	99,06%	0	-500	99,04%	OK
100 10 -0,15	45	452	675	525	-140	99,11%	0	-500	99,09%	OK
100 10 -0,05	45	452	224	525	-140	99,77%	0	-55	99,76%	OK
95 100 0,3	42,75	4502	-1348	950	300	98,36%	3680	1435	98,44%	OK
100 100 0,15	45	4506	-676	950	50	102,19%	3680	960	102,16%	OK
105 100 0	47,25	4505	0	950	50	106,13%	3680	250	106,20%	OK
100 50 0,15	45	2253	-677	950	175	101,55%	1390	610	101,56%	OK
100 MT 0,15	45	282	676	357	160	101,05%	0	550	101,05%	OK

Tabla 9. Valores representativos flujo de carga en las diferentes hipótesis.

De la tabla anterior se verifica el cumplimiento de la Norma Técnica. Se requiere que el generador pueda funcionar adecuadamente en un margen de tensiones de  $\pm 10\%$ .

### 3.3. REPORTES DE CÁLCULO

A continuación se adjuntan los reportes del software ETAP para cada una de las hipótesis estudiadas anteriormente.

Project:  
 Location:  
 Contract:  
 Engineer:  
 Filename: ETAP

**ETAP**  
 19.5.0C

Study Case: 95 100 0

Page: 1  
 Date: 13-12-2022  
 SN: AIN-ACTIVE  
 Revision: Base  
 Config.: Normal

**LOAD FLOW REPORT**

Bus		Voltage			Generation		Load		Load Flow					XFMR	
ID	kV	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap		
Bus 1	6.000	96.303	4.1	0.950	0.100	0.000	0.000	Bus 3	0.950	0.100	95.4	99.5			
Bus 2	6.000	96.369	4.2	3.674	0.255	0.000	0.000	Bus 3	3.674	0.255	367.7	99.8			
Bus 3	6.000	96.266	4.1	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 7	0.067	0.035	7.6	88.5			
								Bus 2	-3.670	-0.253	367.7	99.8			
								Bus 1	-0.950	-0.100	95.5	99.4			
								TP BT	4.553	0.318	456.2	99.8			
* Bus 6	45.000	95.000	0.0	-4.504	0.001	0.000	0.000	TP AT	-4.504	0.001	60.8	100.0			
Bus 7	6.000	96.265	4.1	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 3	-0.067	-0.036	7.6	88.3			
								Bus 8	0.067	0.036	7.6	88.3			
Bus 8	0.420	93.501	3.2	0.000	0.000	0.066	0.034	Bus 7	-0.066	-0.034	108.4	89.0			
TP AT	45.000	95.200	0.1	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 6	4.514	-0.002	60.8	100.0			
								TP BT	-4.514	0.002	60.8	100.0			
TP BT	6.000	96.224	4.1	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 3	-4.551	-0.317	456.2	99.8			
								TP AT	4.551	0.317	456.2	99.8			

\* Indicates a voltage regulated bus ( voltage controlled or swing type machine connected to it)

# Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA



Project:  
 Location:  
 Contract:  
 Engineer:  
 Filename: ETAP

**ETAP**  
 19.5.0C

Study Case: 100 100 -015

Page: 1  
 Date: 13-12-2022  
 SN: AIN-ACTIVE  
 Revision: Base  
 Config.: Normal

**LOAD FLOW REPORT**

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow					XFMR	
ID	kV	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap	
Bus 1	6.000	100.234	3.9	0.950	-0.100	0.000	0.000	Bus 3	0.950	-0.100	91.7	-99.5		
Bus 2	6.000	100.293	3.9	3.672	-0.242	0.000	0.000	Bus 3	3.672	-0.242	353.1	-99.8		
Bus 3	6.000	100.205	3.9	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 7	0.073	0.038	7.9	88.5		
								Bus 2	-3.669	0.244	353.1	-99.8		
								Bus 1	-0.950	0.100	91.7	-99.5		
								TP BT	4.546	-0.382	438.1	-99.6		
* Bus 6	45.000	100.000	0.0	-4.501	0.674	0.000	0.000	TP AT	-4.501	0.674	58.4	-98.9		
Bus 7	6.000	100.204	3.9	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 3	-0.073	-0.039	7.9	88.3		
								Bus 8	0.073	0.039	7.9	88.3		
Bus 8	0.420	97.326	2.9	0.000	0.000	0.071	0.036	Bus 7	-0.071	-0.036	112.8	89.0		
TP AT	45.000	100.165	0.1	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 6	4.509	-0.677	58.4	-98.9		
								TP BT	-4.509	0.677	58.4	-98.9		
TP BT	6.000	100.169	3.8	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 3	-4.544	0.383	438.0	-99.6		
								TP AT	4.544	-0.383	438.0	-99.6		

\* Indicates a voltage regulated bus ( voltage controlled or swing type machine connected to it)

# Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

Project:  
 Location:  
 Contract:  
 Engineer:  
 Filename: ETAP

**ETAP**  
 19.5.0C

Study Case: 105 100 -0,3

Page: 1  
 Date: 13-12-2022  
 SN: AIN-ACTIVE  
 Revision: Base  
 Config.: Normal

**LOAD FLOW REPORT**

Bus		Voltage			Generation		Load		Load Flow					XFMR	
ID	kV	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap		
Bus 1	6.000	104.266	3.6	0.950	-0.300	0.000	0.000	Bus 3	0.950	-0.300	91.9	-95.4			
Bus 2	6.000	104.318	3.7	3.672	-0.725	0.000	0.000	Bus 3	3.672	-0.725	345.3	-98.1			
Bus 3	6.000	104.243	3.6	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 7	0.079	0.041	8.2	88.5			
								Bus 2	-3.669	0.726	345.2	-98.1			
								Bus 1	-0.950	0.300	91.9	-95.4			
								TP BT	4.540	-1.068	430.5	-97.3			
* Bus 6	45.000	105.000	0.0	-4.496	1.348	0.000	0.000	TP AT	-4.496	1.348	57.4	-95.8			
Bus 7	6.000	104.242	3.6	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 3	-0.079	-0.042	8.2	88.3			
								Bus 8	0.079	0.042	8.2	88.3			
Bus 8	0.420	101.248	2.7	0.000	0.000	0.077	0.039	Bus 7	-0.077	-0.039	117.3	89.0			
TP AT	45.000	105.134	0.1	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 6	4.505	-1.353	57.4	-95.8			
								TP BT	-4.505	1.353	57.4	-95.8			
TP BT	6.000	104.213	3.6	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 3	-4.538	1.068	430.5	-97.3			
								TP AT	4.538	-1.068	430.5	-97.3			

\* Indicates a voltage regulated bus ( voltage controlled or swing type machine connected to it)

# Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

Project:  
 Location:  
 Contract:  
 Engineer:  
 Filename: ETAP

**ETAP**  
 19.5.0C

Study Case: 100 50 -0,15

Page: 1  
 Date: 13-12-2022  
 SN: AIN-ACTIVE  
 Revision: Base  
 Config.: Normal

**LOAD FLOW REPORT**

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow					XFMR
ID	kV	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap
Bus 1	6.000	99.576	2.0	0.950	-0.100	0.000	0.000	Bus 3	0.950	-0.100	92.3	-99.5	
Bus 2	6.000	99.572	2.0	1.400	-0.470	0.000	0.000	Bus 3	1.400	-0.470	142.7	-94.8	
Bus 3	6.000	99.546	2.0	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 7	0.072	0.038	7.8	88.5	
								Bus 2	-1.399	0.469	142.7	-94.8	
								Bus 1	-0.950	0.100	92.3	-99.5	
								TP BT	2.278	-0.607	227.8	-96.6	
* Bus 6	45.000	100.000	0.0	-2.265	0.678	0.000	0.000	TP AT	-2.265	0.678	30.3	-95.8	
Bus 7	6.000	99.545	2.0	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 3	-0.072	-0.038	7.8	88.3	
								Bus 8	0.072	0.038	7.8	88.3	
Bus 8	0.420	96.686	1.1	0.000	0.000	0.070	0.036	Bus 7	-0.070	-0.036	112.0	89.0	
TP AT	45.000	100.071	0.1	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 6	2.268	-0.686	30.4	-95.7	
								TP BT	-2.268	0.686	30.4	-95.7	
TP BT	6.000	99.531	2.0	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 3	-2.277	0.607	227.8	-96.6	
								TP AT	2.277	-0.607	227.8	-96.6	

\* Indicates a voltage regulated bus ( voltage controlled or swing type machine connected to it)

# Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

Project:  
 Location:  
 Contract:  
 Engineer:  
 Filename: ETAP

**ETAP**  
 19.5.0C

Study Case: 100 MT -0,15

Page: 1  
 Date: 13-12-2022  
 SN: AIN-ACTIVE  
 Revision: Base  
 Config.: Normal

**LOAD FLOW REPORT**

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow					XFMR	
ID	kV	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap	
Bus 1	6.000	99.056	0.3	0.355	-0.150	0.000	0.000	Bus 3	0.355	-0.150	37.4	-92.1		
Bus 2	6.000	99.038	0.3	0.000	-0.500	0.000	0.000	Bus 3	0.000	-0.500	48.6	0.0		
Bus 3	6.000	99.048	0.3	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 7	0.071	0.037	7.8	88.5		
								Bus 2	0.000	0.499	48.5	0.0		
								Bus 1	-0.355	0.150	37.4	-92.1		
								TP BT	0.284	-0.686	72.1	-38.3		
* Bus 6	45.000	100.000	0.0	-0.283	0.683	0.000	0.000	TP AT	-0.283	0.683	9.5	-38.3		
Bus 7	6.000	99.047	0.3	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 3	-0.071	-0.038	7.8	88.3		
								Bus 8	0.071	0.038	7.8	88.3		
Bus 8	0.420	96.203	-0.6	0.000	0.000	0.069	0.036	Bus 7	-0.069	-0.036	111.5	89.0		
TP AT	45.000	99.987	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 6	0.283	-0.693	9.6	-37.8		
								TP BT	-0.283	0.693	9.6	-37.8		
TP BT	6.000	99.051	0.3	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 3	-0.284	0.686	72.1	-38.3		
								TP AT	0.284	-0.686	72.1	-38.3		

\* Indicates a voltage regulated bus ( voltage controlled or swing type machine connected to it)

# Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

Project:  
 Location:  
 Contract:  
 Engineer:  
 Filename: ETAP

**ETAP**  
 19.5.0C

Study Case: 100 10 -0,15

Page: 1  
 Date: 13-12-2022  
 SN: AIN-ACTIVE  
 Revision: Base  
 Config.: Normal

**LOAD FLOW REPORT**

Bus		Voltage			Generation		Load		Load Flow					XFMR
ID	kV	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap	
Bus 1	6.000	99.113	0.5	0.525	-0.140	0.000	0.000	Bus 3	0.525	-0.140	52.8	-96.6		
Bus 2	6.000	99.089	0.5	0.000	-0.500	0.000	0.000	Bus 3	0.000	-0.500	48.6	0.0		
Bus 3	6.000	99.099	0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 7	0.071	0.037	7.8	88.5		
								Bus 2	0.000	0.499	48.4	0.0		
								Bus 1	-0.525	0.140	52.7	-96.6		
								TP BT	0.454	-0.676	79.1	-55.7		
* Bus 6	45.000	100.000	0.0	-0.452	0.675	0.000	0.000	TP AT	-0.452	0.675	10.4	-55.7		
Bus 7	6.000	99.098	0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 3	-0.071	-0.038	7.8	88.3		
								Bus 8	0.071	0.038	7.8	88.3		
Bus 8	0.420	96.252	-0.4	0.000	0.000	0.070	0.036	Bus 7	-0.070	-0.036	111.5	89.0		
TP AT	45.000	99.995	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 6	0.453	-0.685	10.5	-55.1		
								TP BT	-0.453	0.685	10.5	-55.1		
TP BT	6.000	99.100	0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 3	-0.454	0.676	79.0	-55.8		
								TP AT	0.454	-0.676	79.0	-55.8		

\* Indicates a voltage regulated bus ( voltage controlled or swing type machine connected to it)

# Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

Project:  
 Location:  
 Contract:  
 Engineer:  
 Filename: ETAP

**ETAP**  
 19.5.0C

Study Case: 100 10 -0,05

Page: 1  
 Date: 13-12-2022  
 SN: AIN-ACTIVE  
 Revision: Base  
 Config.: Normal

**LOAD FLOW REPORT**

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow					XFMR
ID	kV	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap
Bus 1	6.000	99.772	0.4	0.525	-0.140	0.000	0.000	Bus 3	0.525	-0.140	52.4	-96.6	
Bus 2	6.000	99.757	0.4	0.000	-0.055	0.000	0.000	Bus 3	0.000	-0.055	5.3	0.0	
Bus 3	6.000	99.758	0.4	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 7	0.072	0.038	7.8	88.5	
								Bus 2	0.000	0.054	5.2	0.0	
								Bus 1	-0.525	0.140	52.4	-96.6	
								TP BT	0.453	-0.231	49.1	-89.1	
* Bus 6	45.000	100.000	0.0	-0.452	0.224	0.000	0.000	TP AT	-0.452	0.224	6.5	-89.6	
Bus 7	6.000	99.757	0.4	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 3	-0.072	-0.038	7.9	88.3	
								Bus 8	0.072	0.038	7.9	88.3	
Bus 8	0.420	96.892	-0.5	0.000	0.000	0.070	0.036	Bus 7	-0.070	-0.036	112.3	89.0	
TP AT	45.000	100.011	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 6	0.453	-0.235	6.5	-88.8	
								TP BT	-0.453	0.235	6.5	-88.8	
TP BT	6.000	99.755	0.4	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 3	-0.453	0.231	49.0	-89.1	
								TP AT	0.453	-0.231	49.0	-89.1	

\* Indicates a voltage regulated bus ( voltage controlled or swing type machine connected to it)

# Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

Project:  
 Location:  
 Contract:  
 Engineer:  
 Filename: ETAP

**ETAP**  
**19.5.0C**

Study Case: 95 100 0,3

Page: 1  
 Date: 13-12-2022  
 SN: AIN-ACTIVE  
 Revision: Base  
 Config.: Normal

**LOAD FLOW REPORT**

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow					XFMR	
ID	kV	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap	
Bus 1	6.000	98.359	3.9	0.950	0.300	0.000	0.000	Bus 3	0.950	0.300	97.5	95.4		
Bus 2	6.000	98.443	3.9	3.680	1.435	0.000	0.000	Bus 3	3.680	1.435	386.1	93.2		
Bus 3	6.000	98.318	3.9	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 7	0.070	0.037	7.7	88.5		
								Bus 2	-3.676	-1.433	386.1	93.2		
								Bus 1	-0.950	-0.300	97.5	95.4		
								TP BT	4.556	1.696	475.8	93.7		
* Bus 6	45.000	95.000	0.0	-4.502	-1.348	0.000	0.000	TP AT	-4.502	-1.348	63.5	95.8		
Bus 7	6.000	98.317	3.9	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 3	-0.070	-0.037	7.7	88.3		
								Bus 8	0.070	0.037	7.7	88.3		
Bus 8	0.420	95.493	2.9	0.000	0.000	0.068	0.035	Bus 7	-0.068	-0.035	110.7	89.0		
TP AT	45.000	95.251	0.1	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 6	4.513	1.348	63.4	95.8		
								TP BT	-4.513	-1.348	63.4	95.8		
TP BT	6.000	98.266	3.9	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 3	-4.554	-1.695	475.8	93.7		
								TP AT	4.554	1.695	475.8	93.7		

\* Indicates a voltage regulated bus ( voltage controlled or swing type machine connected to it)

# Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

Project:  
 Location:  
 Contract:  
 Engineer:  
 Filename: ETAP

**ETAP**  
 19.5.0C

Study Case: 100 100 0,15

Page: 1  
 Date: 13-12-2022  
 SN: AIN-ACTIVE  
 Revision: Base  
 Config.: Normal

**LOAD FLOW REPORT**

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow					XFMR	
ID	kV	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap	
Bus 1	6.000	102.192	3.6	0.950	0.050	0.000	0.000	Bus 3	0.950	0.050	89.6	99.9		
Bus 2	6.000	102.270	3.6	3.680	0.960	0.000	0.000	Bus 3	3.680	0.960	357.8	96.8		
Bus 3	6.000	102.159	3.6	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 7	0.075	0.040	8.0	88.5		
								Bus 2	-3.676	-0.958	357.9	96.8		
								Bus 1	-0.950	-0.050	89.6	99.9		
								TP BT	4.551	0.969	438.3	97.8		
* Bus 6	45.000	100.000	0.0	-4.506	-0.676	0.000	0.000	TP AT	-4.506	-0.676	58.5	98.9		
Bus 7	6.000	102.158	3.6	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 3	-0.075	-0.040	8.0	88.3		
								Bus 8	0.075	0.040	8.0	88.3		
Bus 8	0.420	99.224	2.7	0.000	0.000	0.074	0.038	Bus 7	-0.074	-0.038	115.0	89.0		
TP AT	45.000	100.214	0.1	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 6	4.514	0.673	58.4	98.9		
								TP BT	-4.514	-0.673	58.4	98.9		
TP BT	6.000	102.115	3.6	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 3	-4.549	-0.968	438.3	97.8		
								TP AT	4.549	0.968	438.3	97.8		

\* Indicates a voltage regulated bus ( voltage controlled or swing type machine connected to it)

# Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA



Project:  
 Location:  
 Contract:  
 Engineer:  
 Filename: ETAP

**ETAP**  
 19.5.0C

Study Case: 105 100 0

Page: 1  
 Date: 13-12-2022  
 SN: AIN-ACTIVE  
 Revision: Base  
 Config.: Normal

**LOAD FLOW REPORT**

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow					XFMR	
ID	kV	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap	
Bus 1	6.000	106.134	3.4	0.950	0.050	0.000	0.000	Bus 3	0.950	0.050	86.2	99.9		
Bus 2	6.000	106.196	3.4	3.680	0.250	0.000	0.000	Bus 3	3.680	0.250	334.2	99.8		
Bus 3	6.000	106.103	3.4	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 7	0.081	0.043	8.3	88.5		
								Bus 2	-3.677	-0.249	334.2	99.8		
								Bus 1	-0.950	-0.050	86.3	99.9		
								TP BT	4.545	0.256	412.9	99.8		
* Bus 6	45.000	105.000	0.0	-4.505	0.001	0.000	0.000	TP AT	-4.505	0.001	55.0	100.0		
Bus 7	6.000	106.102	3.4	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 3	-0.081	-0.043	8.4	88.3		
								Bus 8	0.081	0.043	8.4	88.3		
Bus 8	0.420	103.054	2.5	0.000	0.000	0.080	0.041	Bus 7	-0.080	-0.041	119.4	89.0		
TP AT	45.000	105.181	0.1	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 6	4.513	-0.006	55.0	100.0		
								TP BT	-4.513	0.006	55.0	100.0		
TP BT	6.000	106.065	3.4	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 3	-4.544	-0.255	412.9	99.8		
								TP AT	4.544	0.255	412.9	99.8		

\* Indicates a voltage regulated bus ( voltage controlled or swing type machine connected to it)

# Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

Project:  
 Location:  
 Contract:  
 Engineer:  
 Filename: ETAP

**ETAP**  
 19.5.0C

Study Case: 100 50 0,15

Page: 1  
 Date: 13-12-2022  
 SN: AIN-ACTIVE  
 Revision: Base  
 Config.: Normal

**LOAD FLOW REPORT**

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow					XFMR	
ID	kV	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap	
Bus 1	6.000	101.551	1.8	0.950	0.175	0.000	0.000	Bus 3	0.950	0.175	91.5	98.3		
Bus 2	6.000	101.562	1.8	1.390	0.610	0.000	0.000	Bus 3	1.390	0.610	143.8	91.6		
Bus 3	6.000	101.515	1.8	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 7	0.074	0.039	8.0	88.5		
								Bus 2	-1.389	-0.611	143.9	91.5		
								Bus 1	-0.950	-0.175	91.5	98.3		
								TP BT	2.265	0.747	226.0	95.0		
* Bus 6	45.000	100.000	0.0	-2.253	-0.677	0.000	0.000	TP AT	-2.253	-0.677	30.2	95.8		
Bus 7	6.000	101.513	1.8	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 3	-0.074	-0.040	8.0	88.3		
								Bus 8	0.074	0.040	8.0	88.3		
Bus 8	0.420	98.598	0.9	0.000	0.000	0.073	0.037	Bus 7	-0.073	-0.037	114.3	89.0		
TP AT	45.000	100.119	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 6	2.255	0.668	30.1	95.9		
								TP BT	-2.255	-0.668	30.1	95.9		
TP BT	6.000	101.491	1.8	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 3	-2.264	-0.747	226.0	95.0		
								TP AT	2.264	0.747	226.0	95.0		

\* Indicates a voltage regulated bus ( voltage controlled or swing type machine connected to it)

# Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

Project:  
 Location:  
 Contract:  
 Engineer:  
 Filename: ETAP

**ETAP**  
 19.5.0C

Study Case: 100 MT 0,15

Page: 1  
 Date: 13-12-2022  
 SN: AIN-ACTIVE  
 Revision: Base  
 Config.: Normal

**LOAD FLOW REPORT**

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow					XFMR	
ID	kV	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap	
Bus 1	6.000	101.052	0.2	0.357	0.160	0.000	0.000	Bus 3	0.357	0.160	37.3	91.3		
Bus 2	6.000	101.047	0.1	0.000	0.550	0.000	0.000	Bus 3	0.000	0.550	52.4	0.0		
Bus 3	6.000	101.036	0.2	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 7	0.074	0.039	7.9	88.5		
								Bus 2	0.000	-0.551	52.5	0.0		
								Bus 1	-0.357	-0.160	37.3	91.2		
								TP BT	0.283	0.673	69.5	38.8		
* Bus 6	45.000	100.000	0.0	-0.282	-0.676	0.000	0.000	TP AT	-0.282	-0.676	9.4	38.5		
Bus 7	6.000	101.035	0.2	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 3	-0.074	-0.039	8.0	88.3		
								Bus 8	0.074	0.039	8.0	88.3		
Bus 8	0.420	98.133	-0.8	0.000	0.000	0.072	0.037	Bus 7	-0.072	-0.037	113.7	89.0		
TP AT	45.000	100.036	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 6	0.282	0.666	9.3	39.0		
								TP BT	-0.282	-0.666	9.3	39.0		
TP BT	6.000	101.029	0.2	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus 3	-0.283	-0.673	69.5	38.8		
								TP AT	0.283	0.673	69.5	38.8		

\* Indicates a voltage regulated bus ( voltage controlled or swing type machine connected to it)

# Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

## 4. ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO

### 4.1. MÉTODO DE CÁLCULO

Para el cálculo del valor de intensidad de cortocircuito se seguirá el método propuesto por la Comisión Electrotécnica Internacional, en la norma 60909. En esta publicación se describe como modelizar el circuito para obtener la intensidad para distintos tipos de falta (trifásica, bifásica y monofásica). A continuación, se realiza una somera descripción del método utilizado.

La norma CEI 60909 y las asociadas clasifican las corrientes de cortocircuito de acuerdo a su magnitud (máximo y mínimo) y distancias de la falla al generador (lejos y cerca). Las intensidades de cortocircuito máximas se utilizan para el dimensionamiento de los equipos, mientras que las corrientes mínimas establecen la configuración del equipo de protección.

En el cálculo de cortocircuito una fuente de tensión en el punto de la falta sustituye todas las demás, por su parte, se aplica un factor de tensión - c - a la fuente para ajustar los cálculos de intensidades de falta a su valor máximo y mínimo.

Todas las máquinas están representadas por sus impedancias internas. Las tomas de los transformadores de potencia se pueden suponer en su estado nominal o modificado, ya que hay varios métodos para corregir la impedancia equivalente del mismo. El resto de las impedancias del sistema deben ser trifásicas y equilibradas.

Para el cálculo de las faltas no simétricas (fase-tierra, fase-fase o fase-fase-tierra), sean imperantes o no, se utilizan las redes de secuencia.

A continuación, se incluyen las principales expresiones utilizadas para el cálculo según la norma antes mencionada.

#### 4.1.1. MODELIZACIÓN DEL SISTEMA

##### 4.1.1.1. RED

$$Z_Q = \frac{cU_{nQ}}{S''_{kQ}}$$

Donde:

$Z_Q$  es la impedancia equivalente de la red.

c es el factor de cálculo de cortocircuito máximo y mínimo que vale 1,10 y 1,00 respectivamente. Para redes de alta tensión y 1,10 y 0,95 para redes de baja tensión.

$U_{nQ}$  es la tensión nominal de la red.

$S''_{kQ}$  es la potencia de cortocircuito.

#### 4.1.1.2. TRANSFORMADORES

$$Z_T = \frac{U_{kr} U_{rT}^2}{S_{rT}}$$

$$R_T = \frac{U_{Rr} U_{rT}^2}{S_{rT}}$$

Donde:

- $Z_T$  es la impedancia equivalente del transformador.
- $R_T$  es la parte resistiva de la impedancia equivalente del transformador.
- $U_{kr}$  es la tensión de cortocircuito del transformador en p.u.
- $U_{Rr}$  es la pérdida óhmica a potencia nominal en p.u.
- $U_{rT}$  es la tensión nominal del transformador en el lado donde se modeliza el circuito.
- $S_{rT}$  es la potencia aparente nominal del transformador.

#### 4.1.1.3. MÁQUINAS SÍNCRONAS

$$Z_{GK} = K_G Z_G = K_G (R_G + jX_d'')$$

$$K_G = \frac{U_n}{U_{rG}} \cdot \frac{C_{\max}}{1 + X_d'' \cdot \sin \phi_{rG}}$$

Donde:

- $C_{\max}$  es el factor de tensión.
- $U_n$  es la tensión nominal del sistema.
- $U_{rG}$  es la tensión asignada del generador
- $Z_{GK}$  es la impedancia corregida del generador
- $Z_G$  es la impedancia del generador ( $Z_G = R_G + jX_d$ )
- $X_d''$  es la reactancia subtransitoria del generador referida a su impedancia asignada ( $x_d'' = X_d / Z_{rG}$ )
- $\phi_{rG}$  es el ángulo de fase entre  $I_{rG}$  y  $U_{rG} / \sqrt{3}$ .

#### 4.1.2. INTENSIDAD DE FALTA

##### 4.1.2.1. INTENSIDAD INICIAL DE CORTOCIRCUITO SIMÉTRICA

$$I''_k = \frac{cU_n}{\sqrt{3}Z_k}$$

Donde:

- $Z_k$  es la impedancia equivalente del circuito en el punto de la falta.
- $c$  es el factor de cálculo de cortocircuito máximo y mínimo que vale 1,10 y 1,00 respectivamente. Para redes de alta tensión y 1,10 y 0,95 para redes de baja tensión.

##### 4.1.2.2. BIFÁSICA AISLADA

$$I''_k = \frac{cU_n}{Z_1 + Z_2}$$

Donde:

- $Z_i$  es la impedancia equivalente del circuito en el punto de la falta en secuencia directa ( $i=1$ ) e inversa ( $i=2$ ).
- $c$  es el factor de cálculo de cortocircuito máximo y mínimo que vale 1,10 y 1,00 respectivamente para redes de alta tensión y 1,10 y 0,95 para redes de baja tensión.

##### 4.1.2.3. BIFÁSICA A TIERRA

$$I''_k = \frac{\sqrt{3}cU_n}{Z_1 + Z_0 + Z_0 \frac{Z_1}{Z_2}}$$

Donde:

- $Z_i$  es la impedancia equivalente del circuito en el punto de la falta en secuencia homopolar ( $i=0$ ), directa ( $i=1$ ) e inversa ( $i=2$ ).
- $c$  es el factor de cálculo de cortocircuito máximo y mínimo que vale 1,10 y 1,00 respectivamente para redes de alta tensión y 1,10 y 0,95 para redes de baja tensión.

##### 4.1.2.4. MONOFÁSICA

$$I''_k = \frac{\sqrt{3}cU_n}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$$

Donde:

- $Z_i$  es la impedancia equivalente del circuito en el punto de la falta en secuencia homopolar ( $i=0$ ), directa ( $i=1$ ) e inversa ( $i=2$ ).
- $c$  es el factor de cálculo de cortocircuito máximo y mínimo que vale 1,10 y 1,00 respectivamente para redes de alta tensión y 1,10 y 0,95 para redes de baja tensión.

#### 4.1.2.5. INTENSIDAD PICO DE CORTOCIRCUITO

$$i_p = \sqrt{2}kI''_k$$

Donde:

- $k$  es función de la relación R/X del sistema en el punto de la falta y oscila entre 1 y 2.

#### 4.2. RESULTADO

A continuación, se detallan los valores de intensidad de falta trifásica, monofásica y bifásica aislada o a tierra para los nudos principales de la instalación que se muestran en la siguiente imagen

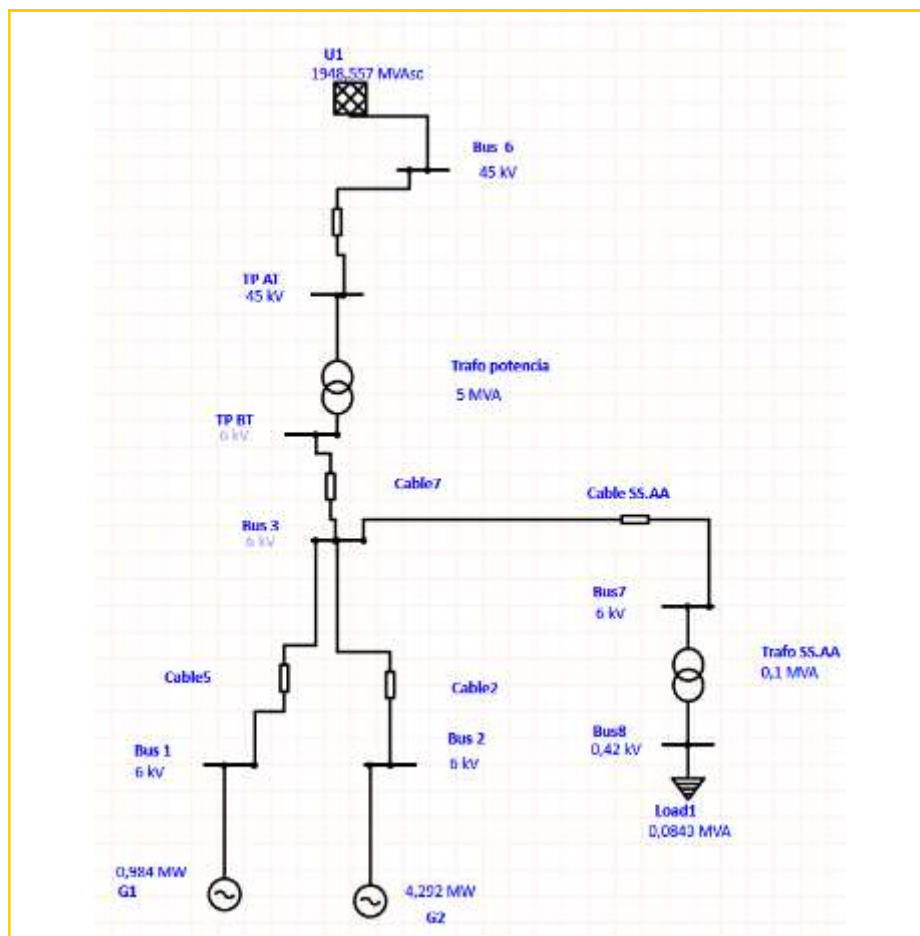


Imagen 3. Modelado eléctrico ETAP

Project:  
 Location:  
 Contract:  
 Engineer:  
 Filename: ETAP

**ETAP**  
 19.5.0C

Study Case: 3 Ph

Page: 1  
 Date: 19-12-2022  
 SN: AIN-ACTIVE  
 Revision: Base  
 Config.: Normal

**Short-Circuit Summary Report**

3-Phase, LG, LL, LLG Fault Currents

Bus		3-Phase Fault			Line-to-Ground Fault				Line-to-Line Fault				*Line-to-Line-to-Ground			
ID	kV	I''k	ip	Ik	I''k	ip	Ib	Ik	I''k	ip	Ib	Ik	I''k	ip	Ib	Ik
Bus 1	6.000	9.782	22.776	9.565	0.022	0.051	0.022	0.022	8.538	19.880	8.538	8.538	8.544	19.893	8.544	8.544
Bus 2	6.000	9.938	23.679	9.706	0.022	0.052	0.022	0.022	8.680	20.682	8.680	8.680	8.686	20.695	8.686	8.686
Bus 3	6.000	10.062	24.153	7.947	0.022	0.053	0.022	0.022	8.786	21.090	8.786	8.786	8.791	21.103	8.791	8.791
Bus 6	45.000	25.294	62.469	25.284	25.495	62.964	25.495	25.495	21.910	54.110	21.910	21.910	25.404	62.740	25.404	25.404
Bus 7	6.000	9.983	23.843	9.756	0.022	0.053	0.022	0.022	8.715	20.817	8.715	8.715	8.721	20.830	8.721	8.721
Bus 8	0.420	3.602	5.907	3.602	3.631	5.954	3.631	3.631	3.120	5.116	3.120	3.120	3.628	5.950	3.628	3.628
TP AT	45.000	13.861	24.323	13.851	11.137	19.543	11.137	11.137	12.010	21.075	12.010	12.010	13.491	23.674	13.491	13.491
TP BT	6.000	10.094	24.459	9.864	0.022	0.053	0.022	0.022	8.813	21.354	8.813	8.813	8.818	21.368	8.818	8.818

All fault currents are in rms kA. Current ip is calculated using Method C.

\* LLG fault current is the larger of the two faulted line currents.



Project:  
 Location:  
 Contract:  
 Engineer:  
 Filename: ETAP

**ETAP**  
 19.5.0C  
 Study Case: 3 Ph

Page: 2  
 Date: 19-12-2022  
 SN: AIN-ACTIVE  
 Revision: Base  
 Config.: Normal

**Sequence Impedance Summary Report**

Bus		Positive Seq. Imp. (ohm)			Negative Seq. Imp. (ohm)			Zero Seq. Imp. (ohm)			Fault Zf (ohm)		
ID	kV	Resistance	Reactance	Impedance	Resistance	Reactance	Impedance	Resistance	Reactance	Impedance	Resistance	Reactance	Impedance
Bus 1	6.000	0.05838	0.38515	0.38955	0.06431	0.37804	0.38347	519.72510	0.72472	519.72560	0.00000	0.00000	0.00000
Bus 2	6.000	0.05028	0.38011	0.38342	0.05618	0.37275	0.37696	519.72510	0.72469	519.72560	0.00000	0.00000	0.00000
Bus 3	6.000	0.04506	0.37603	0.37872	0.05102	0.36903	0.37254	519.72510	0.72470	519.72560	0.00000	0.00000	0.00000
Bus 6	45.000	0.11226	1.12426	1.12985	0.11276	1.12377	1.12941	0.11141	1.09804	1.10368	0.00000	0.00000	0.00000
Bus 7	6.000	0.04888	0.37858	0.38172	0.05483	0.37158	0.37560	519.73940	0.73045	519.73990	0.00000	0.00000	0.00000
Bus 8	0.420	0.03852	0.05927	0.07069	0.03855	0.05924	0.07067	0.03828	0.05742	0.06901	0.00000	0.00000	0.00000
TP AT	45.000	0.93252	1.83893	2.06186	0.93263	1.83658	2.05981	0.99842	3.47076	3.61152	0.00000	0.00000	0.00000
TP BT	6.000	0.04375	0.37495	0.37749	0.04973	0.36811	0.37145	519.72890	0.72760	519.72940	0.00000	0.00000	0.00000

## 5. CABLES

### 5.1. DIMENSIONAMIENTO

En este apartado se comprueba la validez de los cables seleccionados para cada tramo de la instalación.

#### 5.1.1. MÉTODO DE CÁLCULO

Para verificar la validez de un cable se realizarán los siguientes pasos:

- Comprobar que el cable elegido tiene una intensidad máxima admisible permanente superior a la nominal de la instalación.
- Comprobar que las caídas de tensión y las pérdidas de potencia son inferiores a las solicitadas para el cable elegido.
- Comprobar que la intensidad máxima de cortocircuito para el tiempo de actuación de las protecciones es inferior a la máxima que pueden soportar los cables elegidos para ese tiempo.

A continuación, se muestra en detalle el método de cálculo de cada uno de los puntos.

##### 5.1.1.1. INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE PERMANENTE POR EL CABLE

La intensidad máxima admisible por un cable es función del modo de instalación seleccionado.

En la ITC-LAT 06 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión se establece la intensidad máxima admisible por cables aislados en distintos modos de instalación: al aire, en zanja directamente enterrado o en zanja bajo tubo.

A continuación, se incluyen las tablas correspondientes a cada modo de instalación, así como los factores de corrección de aplicación en función de las condiciones particulares de montaje.

##### 5.1.1.1.1. INSTALACIÓN AL AIRE

En la tabla 13 de la ITC-LAT 06 se indican las intensidades máximas admisibles en servicio permanente y con corriente alterna con cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV instalados al aire. Se muestra a continuación:

Sección (mm <sup>2</sup> )	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	140	110	155	120	160	125
35	170	130	185	145	195	150

Sección (mm <sup>2</sup> )	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
50	205	155	220	170	230	180
70	255	195	275	210	295	225
95	310	240	335	255	355	275
120	355	275	385	295	410	320
150	405	315	435	335	465	360
185	465	360	500	385	535	415
240	550	425	590	455	630	495
300	630	490	680	520	725	565
400	740	570	790	610	840	660

Tabla 10. Intensidad máxima admisible en instalación aérea.

#### 5.1.1.1.2. EN ZANJA DIRECTAMENTE ENTERRADO

La tabla 6 de la ITC-LAT 06 indica las intensidades máximas admisibles en servicio permanente y con corriente alterna para cables aislados de hasta 18/30 kV. Esta tabla es válida para las siguientes condiciones de instalación:

- Un solo turno de cables unipolares directamente enterrados en toda su longitud a 1 metro de profundidad (medido hasta la parte superior del cable).
- En un terreno con una resistividad térmica media de 1,5 K.m/W.
- Con una temperatura ambiente del terreno a la profundidad del cable de 25°C.
- Con una temperatura del aire ambiente de 40°C.

A continuación, se indica la tabla:

Sección (mm <sup>2</sup> )	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	125	96	130	100	135	105
35	145	115	155	120	160	125
50	175	135	180	140	190	145
70	215	165	225	170	235	180
95	255	200	265	205	280	215
120	290	225	300	235	320	245
150	325	255	340	260	360	275
185	370	285	380	295	405	315
240	425	335	440	345	470	365
300	480	375	490	390	530	410

Sección (mm <sup>2</sup> )	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
400	540	430	560	445	600	470

Tabla 11. Intensidad máxima admisible en instalación enterrada.

### 5.1.1.1.3. EN ZANJA BAJO TUBO

En la tabla 12 de la ITC-LAT 06 se indican las intensidades máximas admisibles en servicio permanente y con corriente alterna con cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV bajo tubo. Se muestra a continuación:

Sección (mm <sup>2</sup> )	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	115	90	120	90	125	95
35	135	105	145	110	150	115
50	160	125	170	130	180	135
70	200	155	205	160	220	170
95	235	185	245	190	260	200
120	270	210	280	215	295	230
150	305	235	315	245	330	255
185	345	270	355	280	375	290
240	400	310	415	320	440	345
300	450	355	460	365	500	390
400	510	405	520	415	565	450

Tabla 12. Intensidad máxima admisible en instalación enterrada bajo tubo.

### 5.1.1.1.4. FACTORES DE CORRECCIÓN PARA INSTALACIONES AL AIRE

Para condiciones de instalación distintas a las indicadas en el punto 5.1.1.1.1, se aplicarán factores de corrección que se multiplicarán directamente por la intensidad obtenida de las tablas.

Los factores a aplicar son los que se muestran a continuación:

#### 5.1.1.1.4.1. FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA

En la tabla 14 se indican los factores de corrección, F, de la intensidad admisible para temperaturas del aire ambiente,  $\theta_a$ , distintas de 40 °C, en función de la temperatura máxima de servicio,  $\theta_s$  (tabla 5 IT-LAT-06).

Temperatura de servicio, $\theta_s$ , en °C	Temperatura ambiente, $\theta_a$ , en °C										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
105	1,21	1,18	1,14	1,11	1,07	1,04	1	0,96	0,92	0,88	0,83
90	1,27	1,23	1,18	1,14	1,10	1,05	1	0,95	0,89	0,84	0,78
70	1,41	1,35	1,29	1,23	1,16	1,08	1	0,91	0,82	0,71	0,58
65	1,48	1,41	1,34	1,27	1,18	1,10	1	0,89	0,78	0,63	0,45

Tabla 13. Factor de corrección para temp del aire distinta de 40 °C.

#### 5.1.1.1.4.2. FACTOR DE CORRECCIÓN POR AGRUPACIÓN

Para ternos de cables unipolares instalados en bandeja se tomarán los factores indicados en la tabla 15 de la ITC-LAT 06, que se representa a continuación:

Número de bandejas	Factor de corrección				
	Numero de cables tripolares o ternos unipolares				
	1	2	3	6	9
1	0,95	0,90	0,88	0,85	0,84
2	0,90	0,85	0,83	0,81	0,80
3	0,88	0,83	0,81	0,79	0,78
6	0,86	0,81	0,79	0,77	0,76

Tabla 14. Factores de corrección por agrupamiento al aire.

#### 5.1.1.1.5. FACTORES CORRECTORES PARA INSTALACIONES EN ZANJA.

Para condiciones de instalación distintas a las indicadas en los puntos 5.1.1.1.2 y 5.1.1.1.3, se aplicarán factores de corrección que se multiplicarán directamente por la intensidad obtenida de las tablas.

Los factores a aplicar son los que se muestran a continuación:

##### 5.1.1.1.5.1. TEMPERATURA DEL TERRENO DISTINTA DE 25 °C.

Para temperaturas del terreno  $\theta_t$  distintas de 25°C se tomarán los factores indicados en la tabla 7 de la ITC-LAT 06, que se representa a continuación:

Temperatura °C Servicio Permanente $\theta_s$	Temperatura del Terreno, $\theta_t$ , en °C									
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
105	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,83	
90	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78	
70	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67	

Temperatura °C Servicio Permanente $\theta_s$	Temperatura del Terreno, $\theta_t$ , en °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
65	1,17	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61

Tabla 15. Factores de corrección por temperatura de terreno

Las temperaturas máximas admisibles del conductor en servicio permanente  $\theta_s$ , y en cortocircuito  $\theta_{cc}$ , vienen determinadas por el tipo de aislamiento, según la tabla 5 de la ITC-LAT 06, que se muestra a continuación:

Sección (mm <sup>2</sup> )	Condiciones	
	Servicio Permanente $\theta_s$	Cortocircuito $\theta_{cc}$ (t ≤ 5 s)
Policloruro de vinilo (PVC)* S ≤ 300 mm <sup>2</sup> S > 300 mm <sup>2</sup>	70	160
	70	140
Polietileno reticulado (XLPE)	90	250
Etileno – Propileno (EPR)	90	250
Etileno – Propileno de alto módulo (HEPR)	105 para $U_0/U \leq 18/30$ kV 90 para $U_0/U > 18/30$ kV	250

Tabla 16. Temperatura máxima admisible de conductores.

\*: Solo para instalaciones de tensión asignada hasta 6 kV.

#### 5.1.1.1.5.2. RESISTIVIDAD TÉRMICA DEL TERRENO DISTINTA DE 1,5 KM/W

En la tabla 8 de la ITC-LAT 06 se indican, para distintas resistividades térmicas del terreno, los correspondientes factores de corrección de la intensidad admisible, según se indica a continuación:

Tipo de Instalación	Sección conduct (mm <sup>2</sup> )	Resistividad Térmica del Terreno K.m/W						
		0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Cables directamente enterrados	25	1,25	1,20	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
	35	1,25	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
	50	1,26	1,26	1,16	1,00	0,89	0,81	0,74
	70	1,27	1,22	1,17	1,00	0,89	0,81	0,74
	95	1,28	1,22	1,18	1,00	0,89	0,80	0,74
	120	1,28	1,22	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
	150	1,28	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
	185	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
	240	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,73

Tipo de Instalación	Sección conduct (mm <sup>2</sup> )	Resistividad Térmica del Terreno K.m/W						
		0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
	300	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,80	0,73
	400	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,79	0,73
Cables en el interior de tubos enterrados	25	1,12	1,10	1,08	1,00	0,93	0,88	0,83
	35	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,88	0,83
	50	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,83
	70	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
	95	1,14	1,12	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
	120	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
	150	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
	185	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
	240	1,15	1,12	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
	400	1,16	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81

Tabla 17. Factores de corrección por resistividad del terreno.

La resistividad térmica del terreno vendrá dada por su naturaleza, tal como se define en la tabla 9 de la ITC-LAT 06:

Resistividad térmica del terreno (K.m/W)	Naturaleza del terreno y grado de humedad
0,40	Inundado
0,50	Muy húmedo
0,70	Húmedo
0,85	Poco húmedo
1,00	Seco
1,20	Arcilloso muy seco
1,50	Arenoso muy seco
2,00	De piedra arenisca
2,50	De piedra caliza
3,00	De piedra granítica

Tabla 18. Resistividad del terreno para distintos tipos de suelo.

### 5.1.1.1.5.3. CABLES TRIPOLARES O TERNOS DE CABLES UNIPOLARES AGRUPADOS BAJO TIERRA

En la tabla 10 de la ITC-LAT 06 se indican los factores de corrección que se deben aplicar, según el número de cables tripolares o de ternos de cables unipolares y la distancia entre ternos o cables tripolares que se instalen en la zanja, según se muestra a continuación:

Factor de Corrección										
Tipo de Instalación	Separación de los Ternos	Número de Ternos en la Zanja								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cables Directamente Enterrados	Contacto	0,76	0,65	0,58	0,53	0,50	0,47	0,45	0,43	0,42
	d = 0,2 m	0,82	0,73	0,68	0,64	0,61	0,59	0,57	0,56	0,55
	d = 0,4 m	0,86	0,78	0,75	0,72	0,70	0,68	0,67	0,66	0,65
	d = 0,6 m	0,88	0,82	0,79	0,77	0,76	0,74	0,74	0,73	-
	d = 0,8 m	0,90	0,85	0,83	0,81	0,80	0,79	-	-	-
Cables Bajo Tubo	Contacto	0,80	0,70	0,64	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,49
	d = 0,2 m	0,83	0,75	0,70	0,67	0,64	0,62	0,60	0,59	0,58
	d = 0,4 m	0,87	0,80	0,77	0,74	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68
	d = 0,6 m	0,89	0,83	0,81	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	-
	d = 0,8 m	0,90	0,86	0,84	0,82	0,81	-	-	-	-

Tabla 19. Factores de corrección por agrupación de ternos

### 5.1.1.1.5.4. CABLES ENTERRADOS EN ZANJA A DIFERENTES PROFUNDIDADES

En la tabla 11 de la ITC-LAT 06, se indican los factores de corrección que deben aplicarse para profundidades de instalación distintas de 1 metro (cables con aislamiento seco hasta 18/30 kV), según se indica a continuación:

Profundidad (m)	Cables enterrados de sección		Cables bajo tubo de sección	
	≤185 mm <sup>2</sup>	>185 mm <sup>2</sup>	≤185 mm <sup>2</sup>	>185 mm <sup>2</sup>
0,50	1,06	1,09	1,06	1,08
0,60	1,04	1,07	1,04	1,06
0,80	1,02	1,03	1,02	1,03
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,25	0,98	0,98	0,98	0,98
1,50	0,97	0,96	0,97	0,96
1,75	0,96	0,94	0,96	0,95
2,00	0,95	0,93	0,95	0,94
2,50	0,93	0,91	0,93	0,92



Profundidad (m)	Cables enterrados de sección		Cables bajo tubo de sección	
	≤185 mm <sup>2</sup>	>185 mm <sup>2</sup>	≤185 mm <sup>2</sup>	>185 mm <sup>2</sup>
3,00	0,92	0,89	0,92	0,91

Tabla 20. Factores de corrección por profundidad del enterramiento.

### 5.1.1.2. INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO

El cálculo de la densidad máxima de corriente que es capaz de soportar un conductor viene determinado por lo indicado en el punto 6.2 de la ITC-LAT 06.

Estas densidades de corriente se calculan de acuerdo con las temperaturas especificadas en la tabla 5 de la ITC-LAT 06, considerando como temperatura inicial,  $\theta_i$ , la máxima asignada al conductor para servicio permanente,  $\theta_s$ , y como temperatura final la máxima asignada al conductor para cortocircuitos de duración inferior a 5 segundos,  $\theta_{cc}$ , En el cálculo se considera un cortocircuito adiabático.

La máxima densidad de corriente se calcula con la siguiente expresión:

$$\frac{I_{cc}}{S} = \frac{K}{\sqrt{t_{cc}}}$$

Donde,

$I_{cc}$ : corriente de cortocircuito, en amperios.

$S$ : sección del conductor, en mm<sup>2</sup>.

$K$ : coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de las temperaturas al inicio y final del cortocircuito (según tabla 5 de la ITC-LAT 06).

$t_{cc}$ : duración del cortocircuito, en segundos.

A continuación, se incluyen dos tablas (una para conductores de cobre y otra para conductores de aluminio) con densidades máximas de corriente de cortocircuito, en función de la duración del mismo y del material aislante:

Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito, en A/mm <sup>2</sup> , para conductores de cobre (tabla 25)											
Tipo de Aislamiento	* $\Delta\theta$ (K)	Duración del cortocircuito, $t_{cc}$ , en segundos									
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
PVC:											

Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito, en A/mm <sup>2</sup> , para conductores de cobre (tabla 25)											
Tipo de Aislamiento	* Δθ (K)	Duración del cortocircuito, t <sub>cc</sub> , en segundos									
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
sección < 300 mm <sup>2</sup>	90	363	257	210	162	148	115	93	81	72	66
sección > 300 mm <sup>2</sup>	70	325	229	187	145	132	102	83	72	65	59
XLPE, EPR y HEPR > 18/30 kV	160	452	319	261	202	184	143	116	101	90	82
HEPR U <sub>0</sub> /U ≤ 18/30 kV	145	426	301	246	190	174	135	110	95	85	78

(\*) Δθ es la diferencia entre la temperatura de servicio permanente y la temperatura de cortocircuito.

Tabla 21. Densidad de corriente máxima en conductores de cobre en cortocircuito.

Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito, en A / mm <sup>2</sup> , para conductores de aluminio (tabla 26)											
Tipo de Aislamiento	* Δθ (K)	Duración del cortocircuito, t <sub>cc</sub> , en segundos									
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
<b>PVC:</b>											
sección < 300 mm <sup>2</sup>	90	240	170	138	107	98	76	62	53	48	43
sección > 300 mm <sup>2</sup>	70	215	152	124	96	87	68	55	48	43	39
<b>XLPE, EPR y HEPR</b>	160	298	211	172	133	122	94	77	66	59	54
<b>HEPR U<sub>0</sub>/U ≤ 18/30 kV</b>	145	281	199	162	126	115	89	73	63	56	51

(\*) Δθ es la diferencia entre la temperatura de servicio permanente y la temperatura de cortocircuito.

Tabla 22. Densidad de corriente máx en conductores de aluminio en cortocircuito.

### 5.1.1.3. CAÍDA DE TENSIÓN Y PERDIDA DE POTENCIA

Las caídas de tensión en las líneas interiores de parque se limitarán al 5% de la nominal, y las pérdidas de potencia que se limitarán al 3%.

## 5.1.2. RESULTADO

A continuación, se muestra el cálculo detallado para cada uno de los tramos, para lo cual en primer lugar se establecen las condiciones generales de la instalación y posteriormente se justifica la adecuación del conductor seleccionado en cuanto a intensidad en régimen permanente y en cortocircuito, para finalmente fijar los valores globales de caída de tensión y pérdida de potencia.

### 5.1.2.1. CONDICIONES GENERALES DE LA INSTALACIÓN

Dentro de la instalación (Casa de máquinas y subestación) coexistirán dos tipos de instalación para los cables de media tensión:

- Los cables que conectan los generadores síncronos con las respectivas celdas de media tensión serán de instalación en bandeja.
  - Factor de corrección por agrupación 0,88 (3 ternas discurren sobre la misma bandeja).
- Los cables que conectan la celda de protección del transformador de servicios auxiliares con el transformador de servicios auxiliares serán de instalación en bandeja
  - Factor de corrección por agrupación 1 ( 1 terna sobre la misma bandeja).
- Los cables que conectan la celda de medida de media tensión con el transformador de potencia discurrirán enterrados en zanja bajo tubo.
  - Para la temperatura del terreno se toma un valor de 25°C, por lo que el factor de corrección es de 1,0.
  - El número de ternas por zanja será 2, cada terna discurrirá por su propio tubo estando separados estos a una distancia de 0,20 m. por tanto, el factor de corrección que le aplica será 0,83.

### 5.1.2.2. CABLE AISLADO TURBOGRUPO G1

TURBOGRUPO G1			
<b>Calculo intensidad regimen permanente</b>			
Potencia Aparente	1093	KVA	$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \rightarrow I = S / (\sqrt{3} \cdot U)$
Tensión	6,00	kV	
Intensidad	105,2	A	
<b>Descripción del tipo de montaje</b>			
En canal de cables registrable / Al aire			
<b>Datos del conductor</b>			
Designación	RHZ1-OL (AS) 12/20 kV 1x240 mm <sup>2</sup> Al + H16/H25		
Sección	240	mm <sup>2</sup>	
Nº de conductores por fase	1		
Intensidad Max. Admisible	455	A	
Temperatura	25	°C	
<b>Factores correctores</b>			
Tipo instalación	En canal	Observaciones	
Agrupación	0,88	Agrupación: Una bandejas y tres ternas cable (ITC-LAT-06, Tabla 15). Temperatura: Aire a 40°C (ITC-LAT-06, Tabla 14)	
Temperatura	1,00		
Profundidad	1,00		
Resistividad térmica	1,00		
<b>Resultado</b>			
Intensidad total	455	A	
Intensidad corregida	400,4	A	
Intensidad total circuito	105	A	
Margen	26%		<b>CUMPLE</b>
<b>Cálculo caída de tensión</b>			
Longitud	15	m	$\Delta U = L \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot ((R \cdot \cos \theta) + (X \cdot \sin \theta))$
Intensidad	105	A	
Resistencia	0,161	Ω/km	
Reactancia	0,113	Ω/km	
Factor de potencia	0,9		
Caída de tensión	0,53	V	<b>CUMPLE</b>
Caída de tensión	0,0001	%	<b>CUMPLE</b>
<b>Intensidad de cortocircuito</b>			
Ampacidad	94	A/mm <sup>2</sup>	
Icc Instalación	10,065	kA	
Icc Conductor	22,56	kA	
Margen	45%		<b>CUMPLE</b>

### 5.1.2.3. CABLE AISLADO TURBOGRUPO G2

TURBOGRUPO G2			
<b>Calculo intensidad regimen permanente</b>			
Potencia Aparente	4769	KVA	$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \rightarrow I = S / (\sqrt{3} \cdot U)$
Tensión	6,00	kV	
Intensidad	458,9	A	
<b>Descripción del tipo de montaje</b>			
En canal de cables registrable / Al aire			
<b>Datos del conductor</b>			
Designación	RHZ1-OL (AS) 12/20 kV 2x240 mm <sup>2</sup> Al + H16/H25		
Sección	240	mm <sup>2</sup>	
Nº de conductores por fase	2		
Intensidad Max. Admisible	455	A	
Temperatura	25	°C	
<b>Factores correctores</b>			
Tipo instalación	En canal	Observaciones	
Agrupación	0,88	Agrupación: Una bandejas y tres ternas cable (ITC-LAT-06, Tabla 15). Temperatura: Aire a 40°C (ITC-LAT-06, Tabla 14)	
Temperatura	1,00		
Profundidad	1,00		
Resistividad térmica	1,00		
<b>Resultado</b>			
Intensidad total	910	A	
Intensidad corregida	800,8	A	
Intensidad total circuito	459	A	
Margen	57%		<b>CUMPLE</b>
<b>Cálculo caída de tensión</b>			
Longitud	23	m	$\Delta U = L \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot ((R \cdot \cos \theta) + (X \cdot \sin \theta))$
Intensidad	229	A	
Resistencia	0,161	Ω/km	
Reactancia	0,113	Ω/km	
Factor de potencia	0,9		
Caída de tensión	1,77	V	<b>CUMPLE</b>
Caída de tensión	0,0003	%	<b>CUMPLE</b>
<b>Intensidad de cortocircuito</b>			
Ampacidad	94	A/mm <sup>2</sup>	
Icc Instalación	10,065	kA	
Icc Conductor	22,56	kA	
Margen	45%		<b>CUMPLE</b>

#### 5.1.2.4. CABLE AISLADO TRANSFORMADOR DE POTENCIA SET

TRAFO DE POTENCIA 5 MVA			
<b>Calculo intensidad regimen permanente</b>			
Potencia Aparente	5000	KVA	$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \rightarrow I = S / (\sqrt{3} \cdot U)$
Tensión	6,00	kV	
Intensidad	481,1	A	
<b>Descripción del tipo de montaje</b>			
Enterrada bajo tubo en zanja			
<b>Datos del conductor</b>			
Designación	RHZ1-OL (AS) 12/20 kV 2x240 mm <sup>2</sup> Al + H16/H25		
Sección	240	mm <sup>2</sup>	
Nº de conductores por fase	2		
Intensidad Max. Admisible	455	A	
Temperatura	25	°C	
<b>Factores correctores</b>			
Tipo instalación	Bajo tubo	Observaciones	
Agrupación	0,83	Agrupación: Dos ternas de cable enterrado bajo tubo separados 0,20 m (ITC-LAT-06, Tabla 10). Temperatura: Terreno a 25°C (ITC-LAT-06, Tabla 7) Profundidad: 1 m. (ITC-LAT-06, Tabla 11) Resist. terreno 1,5 K.m/W (ITC-LAT-06, Tabla 8)	
Temperatura	1,00		
Profundidad	1,00		
Resistividad térmica	1,00		
<b>Resultado</b>			
Intensidad total	910	A	
Intensidad corregida	755,3	A	
Intensidad total circuito	481	A	
Margen	64%		<b>CUMPLE</b>
<b>Cálculo caída de tensión</b>			
Longitud	20	m	$\Delta U = L \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot ((R \cdot \cos \theta) + (X \cdot \sin \theta))$
Intensidad	241	A	
Resistencia	0,161	Ω/km	
Reactancia	0,113	Ω/km	
Factor de potencia	0,9		
Caída de tensión	1,62	V	<b>CUMPLE</b>
Caída de tensión	0,0003	%	<b>CUMPLE</b>
<b>Intensidad de cortocircuito</b>			
Ampacidad	94	A/mm <sup>2</sup>	
Icc Instalación	10,065	kA	
Icc Conductor	22,56	kA	
Margen	45%		<b>CUMPLE</b>

### 5.1.2.5. CABLE AISLADO TRANSFORMADOR DE SS.AA.

TRAFO DE SS.AA. 0,1 MVA			
<b>Calculo intensidad regimen permanente</b>			
Potencia Aparente	100	KVA	$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \rightarrow I = S / (\sqrt{3} \cdot U)$
Tensión	6,00	kV	
Intensidad	9,6	A	
<b>Descripción del tipo de montaje</b>			
Enterrada bajo tubo en zanja			
<b>Datos del conductor</b>			
Designación	RHZ1-OL (AS) 12/20 kV 1x150 mm <sup>2</sup> Al + H16/H25		
Sección	150	mm <sup>2</sup>	
Nº de conductores por fase	1		
Intensidad Max. Admisible	335	A	
Temperatura	25	°C	
<b>Factores correctores</b>			
Tipo instalación	En canal	Observaciones	
Agrupación	1,00	Agrupación: Una bandejas y una terna de cable (ITC-LAT-06, Tabla 15). Temperatura: Aire a 40°C (ITC-LAT-06, Tabla 14)	
Temperatura	1,00		
Profundidad	1,00		
Resistividad térmica	1,00		
<b>Resultado</b>			
Intensidad total	335	A	
Intensidad corregida	335	A	
Intensidad total circuito	10	A	
Margen	3%		<b>CUMPLE</b>
<b>Cálculo caída de tensión</b>			
Longitud	7	m	$\Delta U = L \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot ((R \cdot \cos \theta) + (X \cdot \sin \theta))$
Intensidad	10	A	
Resistencia	0,262	Ω/km	
Reactancia	0,121	Ω/km	
Factor de potencia	0,9		
Caída de tensión	0,03	V	<b>CUMPLE</b>
Caída de tensión	0,0000	%	<b>CUMPLE</b>
<b>Intensidad de cortocircuito</b>			
Ampacidad	94	A/mm <sup>2</sup>	
Icc Instalación	9,98	kA	
Icc Conductor	14,1	kA	
Margen	71%		<b>CUMPLE</b>

## ANEJO AE-04. CÁLCULOS ELECTRICOS DE BT

---



## ÍNDICE

<b>1. OBJETO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. NORMATIVA.....</b>	<b>1</b>
<b>3. SUMINISTRO DE ENERGÍA .....</b>	<b>1</b>
<b>4. PREVISION DE CARGAS.....</b>	<b>1</b>
<b>5. MEMORIA DE CÁLCULO .....</b>	<b>2</b>
5.1. PREVISIÓN DE POTENCIAS.....	2
5.2. INTENSIDAD MAXIMA PREVISTA .....	2
5.3. SECCIÓN .....	3
5.4. CAIDAS DE TENSION .....	8
5.5. INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO .....	9
5.6. PROTECCION DE LAS INSTALACIONES .....	14
<b>6. SISTEMAS DE INSTALACION EMPLEADOS .....</b>	<b>16</b>
6.1. RZ1-K (AS) - B1 MULT. EMPOTRADOS BAJO TUBO .....	16
6.2. RZ1-K (AS) - B1 MULT. EN MONTAJE SUPERFICIAL BAJO TUBO.....	16
6.3. RZ1-K (AS) - C MULT. EN BANDEJA CONTINUA .....	17
6.4. RZ1-K (AS) –C UNIP. EN BANDEJA CONTINUA .....	18
6.5. RZ1-K (AS) - D1 MULT. ENTERRADOS BAJO TUBO .....	19
<b>7. ANEJO DE CUADROS RESUMEN POR CIRCUITO .....</b>	<b>21</b>
7.1. ACOMETIDA.....	21
7.2. BARRAS ESENCIALES.....	21
7.3. BARRAS NO ESENCIALES.....	24
7.4. PANEL DE ALUMBRADO.....	25
7.5. IDENTIFICACIÓN DE LOS METODOS DE INSTALACIÓN .....	25

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Previsión de cargas de la instalación. ....	2
Tabla 2. Intensidad máxima prevista. ....	3
Tabla 3. Sección por calentamiento. ....	4
Tabla 4. Temperaturas máximas admisibles del aislamiento. ....	4
Tabla 5. Caída de tensión permitida en las diferentes instalaciones. ....	5
Tabla 6. Calculo de caída de tensión. ....	5
Tabla 7. Método de los momentos eléctricos. ....	6
Tabla 8. Cálculo de la conductividad. ....	7
Tabla 9. Temperatura del conductor al paso de la intensidad de diseño. ....	7
Tabla 10. Resistividad de los diferentes tipos de conductor empleados. ....	8
Tabla 11. Calculo de la caída de tensión. ....	9
Tabla 12. Calculo de las corrientes de cortocircuito. ....	10
Tabla 13. Calculo de la impedancia de la red de alimentación. ....	10
Tabla 14. Calculo de impedancia de la red, referida al lado de baja del transformador. ....	11
Tabla 15. Resistencia y reactancia de la red. ....	11
Tabla 16. Impedancia del transformador. ....	12
Tabla 17. Resistividad del conductor. ....	12
Tabla 18. Variación de la resistividad con la temperatura. ....	13
Tabla 19. Reactancia de los conductores. ....	13
Tabla 20. Valores de reactancia unitaria. ....	13
Tabla 21. Impedancia del conductor. ....	13
Tabla 22. Protección contra las corrientes de sobrecarga. ....	14
Tabla 23. Tiempo máximo de actuación de la protección. ....	15
Tabla 24. Corriente mínima que asegura el disparo magnético. ....	15
Tabla 25. Características RZ1-K (AS) - B1 mult. empotrados bajo tubo. ....	16
Tabla 26. Características RZ1-K (AS) - B1 mutl. en montaje superficial bajo tubo. ....	17
Tabla 27. Características RZ1-K (AS) - C mult. en bandeja continua. ....	18
Tabla 28. Características RZ1-K (AS)-C Unip. En bandeja continua. ....	19
Tabla 29. Características RZ1-K (AS) - D1 mult. enterrados bajo tubo. ....	20

Tabla 30. Características acometida.....	21
Tabla 31. Características circuitos barras esenciales.....	23
Tabla 32. Características principales barras no esenciales.....	25
Tabla 33. Características principales panel de alumbrado.....	25
Tabla 34. Identificación de los métodos de instalación. ....	26
Tabla 35. Leyenda.....	26

## LISTADO DE IMÁGENES

Imagen 1. Triangulo de potencias. ....2

## 1. OBJETO

---

El objeto del presente documento es el diseño de la instalación eléctrica de baja tensión.

Este documento realiza un dimensionamiento preliminar de la instalación de baja tensión partiendo de cargas típicas. El cálculo deberá ser adaptado en la fase de ejecución teniendo en cuenta los consumos del equipamiento electromecánico adquirido.

## 2. NORMATIVA

---

La normativa de referencia para el diseño de baja tensión propuesto cumplirá con la última edición de las siguientes normas o documentos de referencia:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto, y publicado en el B.O.E. nº 224 de fecha 18 de septiembre de 2002.
- Normas UNE de referencia listadas en la Instrucción ITC-BT-02 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- Normas Técnicas de Construcción y Montaje de las Instalaciones Eléctricas de Distribución, que para el suministro tiene establecidas la Compañía Distribuidora de la zona.

## 3. SUMINISTRO DE ENERGÍA

---

La alimentación de los servicios de baja tensión de la central hidroeléctrica y subestación anexa se realizará desde un transformador de servicios auxiliares común para ambas instalaciones. El transformador estará protegido por una celda con seccionamiento y ruptofusible dispuesta en el nivel de 6 kV.

En caso de fallo de red o del transformador, los servicios auxiliares esenciales de central y subestación serán alimentados desde un grupo diésel de emergencia instalado en la sala adyacente al transformador de servicios auxiliares.

De acuerdo con el cálculo de cortocircuito, incluido en el AE-03 Cálculos Eléctricos AT, se establece que la intensidad máxima de cortocircuito para la que se hace el diseño es 3,6 kA

El esquema de conexión de tierra corresponderá al sistema TT.

## 4. PREVISION DE CARGAS

---

Se determina una potencia máxima prevista de 90,24 kW. El triángulo de potencias queda establecido según el siguiente esquema:

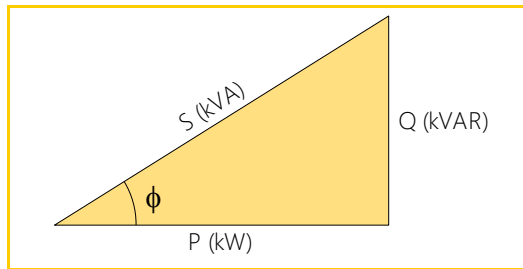


Imagen 1. Triángulo de potencias.

PREVISION DE CARGAS	
<b>P</b>	90,32 Kw
<b>Q</b>	42,92 kVAR
<b>S</b>	100,00 Kva
<b>Cos (phi)</b>	0,9032

Tabla 1. Previsión de cargas de la instalación.

En función de las características de la instalación de enlace, se calcula una potencia máxima admisible de 110,84 kW por calentamiento, y 1.352,90 kW por caída de tensión.

## 5. MEMORIA DE CÁLCULO

### 5.1. PREVISIÓN DE POTENCIAS

Se realiza el cómputo general de potencias según lo establecido en la ITC-BT-10 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Se calcula la potencia máxima prevista en cada tramo sumando la potencia instalada de los receptores que alimenta, y aplicando la simultaneidad adecuada y los coeficientes impuestos por el REBT. Entre estos últimos cabe destacar:

- Factor de 1'8 a aplicar en tramos que alimentan a puntos de luz con lámparas o tubos de descarga. (Instrucción ITC-BT-09, apartado 3 e Instrucción ITC-BT 44, apartado 3.1 del REBT).
- Factor de 1'25 a aplicar en tramos que alimentan a uno o varios motores, y que afecta a la potencia del mayor de ellos. (Instrucción ITC-BT-47, apartado. 3 del REBT).

### 5.2. INTENSIDAD MÁXIMA PREVISTA

La intensidad máxima prevista ( $I_b$ ) se determina en función de la potencia prevista y de la tensión del sistema, usando las siguientes expresiones:

Distribución monofásica	Distribución trifásica
$I_b = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$	$I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$
U=Tensión de línea: F-N en monofásica y F-F en trifásica (V).	
P=Potencia activa máxima prevista (W).	
I <sub>b</sub> =Intensidad máxima prevista (A).	
cos φ=Factor de potencia.	

Tabla 2. Intensidad máxima prevista.

### 5.3. SECCIÓN

Se determina la sección por varios métodos atendiendo a distintos criterios de cálculo (calentamiento, caída de tensión, selección de protección, etc.), y se elige la sección normalizada mayor. Se consideran las secciones mínimas de 1,5 mm<sup>2</sup> para alumbrado y 2,5 mm<sup>2</sup> para fuerza.

#### 5.3.1. CRITERIO DE LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE O DE CALENTAMIENTO

Se aplica para el cálculo por calentamiento lo expuesto en la norma UNE-HD 60364-5-52:2014 Instalaciones eléctricas de baja tensión. La intensidad máxima que debe circular por un cable para que éste no se deteriore viene marcada por las tablas B.52.2 a B.52.13. En función del método de instalación adoptado de la tabla A.52.3, se determina el método de referencia según B.52.1, que en función del tipo de cable indicará la tabla de intensidades máximas que se ha de utilizar.

La intensidad máxima admisible (I<sub>z</sub>) se ve afectada por una serie de factores como son la temperatura ambiente, la agrupación de varios cables, la exposición al sol, etc. que generalmente reducen su valor. Se calcula el factor por temperatura ambiente a partir de las tablas B.52.14 y B.52.15. El factor por agrupamiento, de las tablas B.52.17, B.52.18, B.52.19A y B.52.19B. El factor por resistividad del terreno, en el caso de instalaciones enterradas, se obtiene de la tabla B.52.16. Si el cable está expuesto al sol, o bien, se trata de un cable con aislamiento mineral, desnudo y accesible, se aplica directamente un 0,9.

Para el cálculo de la sección, se divide la intensidad de cálculo (I<sub>b</sub>) por el producto de todos los factores correctores, y se busca en la tabla la sección correspondiente para el valor resultante. Para determinar la intensidad máxima admisible del cable, se busca en la misma tabla la intensidad para la sección adoptada, y se multiplica por el producto de los factores correctores.

De este modo, la sección elegida por calentamiento tiene que cumplir la siguiente expresión:

$I_b < I_z$
$I_b$ =Intensidad máxima prevista (A).
$I_z$ =Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Tabla 3. Sección por calentamiento.

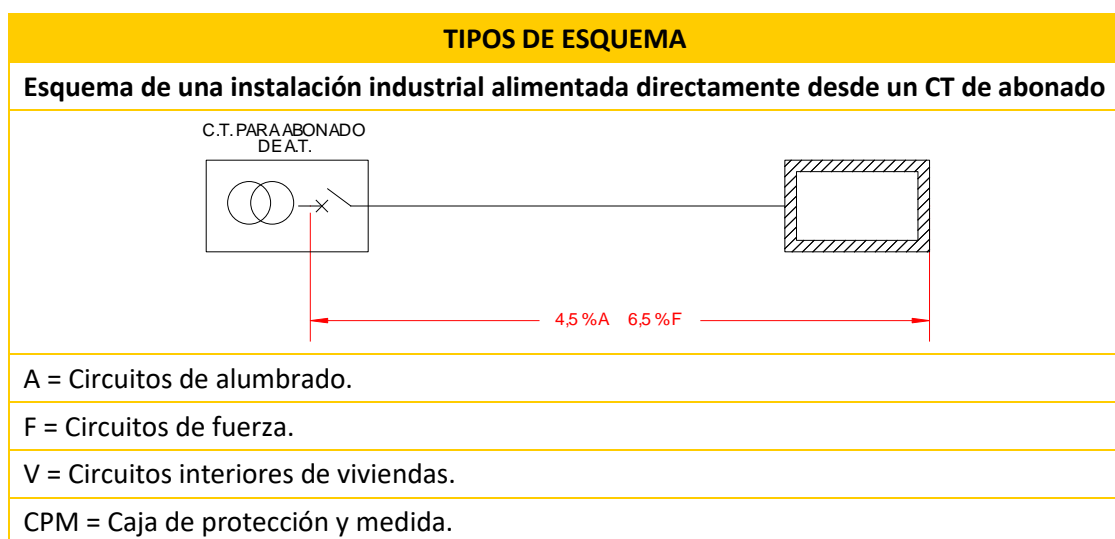
En definitiva, se trata de adoptar una sección en la que el paso de la intensidad de diseño no eleve su temperatura más allá del límite admisible por el aislamiento del cable. Las temperaturas máximas de funcionamiento según los tipos de aislamiento los marca la tabla 52.1 de la norma UNE-HD 60364-5-52:2014.

Tipo de aislamiento	Límite de Temperatura, °C
Policloruro de vinilo (PVC) y aislamiento termoplástico a base de poliolefina (Z1)	Conductor: 70 °C
Polietileno reticulado (XLPE) y goma o caucho de etileno - propileno (EPR)	Conductor: 90 °C
Mineral (con cubierta de PVC ó desnudo y accesible)	Cubierta: 70 °C
Mineral (desnudo e inaccesible y no en contacto con materiales combustibles)	Cubierta: 105 °C

Tabla 4. Temperaturas máximas admisibles del aislamiento.

### 5.3.2. CRITERIO DE LA CAIDA DE TENSIÓN

Este método consiste en calcular la sección mínima que respete los límites de caída de tensión impuestos por la normativa vigente. El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión fija unos límites de caída de tensión en la instalación que se pueden resumir en el siguiente gráfico:





TIPOS DE ESQUEMA
CGP = Caja General de protección.
CC = Centralización de contadores.
LGA = Línea general de alimentación.
DI = Derivación.

Tabla 5. Caída de tensión permitida en las diferentes instalaciones.

### 5.3.2.1. CAÍDA DE TENSIÓN MÁXIMA EN UN TRAMO

Este método se utiliza para evitar sobrepasar los límites de caída de tensión en tramos especiales como pueden ser las líneas generales de alimentación o las derivaciones individuales. Para su uso se utilizan las siguientes fórmulas:

Distribución monofásica	Distribución trifásica
$e = 2 \cdot (R \cdot I_b \cdot \cos \varphi + X \cdot I_b \cdot \sin \varphi)$	$e = \sqrt{3} \cdot (R \cdot I_b \cdot \cos \varphi + X \cdot I_b \cdot \sin \varphi)$
$R = \frac{c \cdot L}{K \cdot S}; X = 10^{-3} \cdot \frac{x_u}{n} \cdot L; I_b = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$	$R = \frac{c \cdot L}{K \cdot S}; X = 10^{-3} \cdot \frac{x_u}{n} \cdot L; I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$
$S = \frac{2 \cdot c \cdot L \cdot P}{K \cdot \left( e - 2 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{x_u}{n} \cdot L \cdot \frac{P \cdot \tan \varphi}{U} \right) \cdot U}$	$S = \frac{c \cdot L \cdot P}{K \cdot \left( e - 10^{-3} \cdot \frac{x_u}{n} \cdot L \cdot \frac{P \cdot \tan \varphi}{U} \right) \cdot U}$
$\text{si } (c = 1) \text{ y } (x_u = 0) \Rightarrow S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{K \cdot e \cdot U}$	$\text{si } (c = 1) \text{ y } (x_u = 0) \Rightarrow S = \frac{P \cdot L}{K \cdot e \cdot U}$
S = Sección (mm <sup>2</sup> ).	
I <sub>b</sub> = Intensidad máxima prevista (A).	
P = Potencia activa máxima prevista (W).	
cos φ = Factor de potencia de la carga	
N = Número de conductores por fase.	
L = Longitud del tramo (m).	
C = Factor de aumento de la resistencia en alterna por efecto piel y proximidad (c=1+γ <sub>s</sub> +γ <sub>p</sub> ).	
K = Conductividad del material (m / (Ω·mm <sup>2</sup> )).	
x <sub>u</sub> = Reactancia unitaria (Ω/km)	
E = Caída de tensión (V).	
U = Tensión de línea: F-N en monofásica y F-F en trifásica (V).	

Tabla 6. Cálculo de caída de tensión.

### 5.3.2.2. CAÍDA DE TENSIÓN MÁXIMA EN LA INSTALACIÓN. MÉTODO DE LOS MOMENTOS ELÉCTRICOS

Este método permite ajustar los límites máximos de caída de tensión a lo largo de toda la instalación. En este caso, se utilizan los límites de 4,5% para alumbrado y 6,5% para fuerza. Para ejecutarlo, se siguen las siguientes fórmulas:

Distribución monofásica	Distribución trifásica
$S = \frac{2 \cdot c \cdot \sum (P_i \cdot L_i)}{K \cdot \left( e - 2 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{x_u}{n} \cdot \frac{\sum (P_i \cdot L_i \cdot \tan \varphi_i)}{U} \right) \cdot U}$ $si (c = 1) y (x_u = 0) \Rightarrow S = \frac{2 \cdot \sum (P_i \cdot L_i)}{K \cdot e \cdot U}$	$S = \frac{c \cdot \sum (P_i \cdot L_i)}{K \cdot \left( e - 10^{-3} \cdot \frac{x_u}{n} \cdot \frac{\sum (P_i \cdot L_i \cdot \tan \varphi_i)}{U} \right) \cdot U}$ $si (c = 1) y (x_u = 0) \Rightarrow S = \frac{\sum (P_i \cdot L_i)}{K \cdot e \cdot U}$
S = Sección (mm <sup>2</sup> ).	
C = Factor de aumento de la resistencia en alterna por efecto piel y proximidad (c=1+γ <sub>s</sub> +γ <sub>p</sub> ).	
K = Conductividad del material (m / (Ω·mm <sup>2</sup> )).	
x <sub>u</sub> = Reactancia unitaria (Ω/km)	
E = Caída de tensión (V).	
U = Tensión de línea: F-N en monofásica y F-F en trifásica (V).	
N = Número de conductores por fase.	
L <sub>i</sub> = Longitud desde el tramo hasta el receptor i (m).	
P <sub>i</sub> = Potencia consumida por el receptor i (W).	
cos φ <sub>i</sub> Factor de potencia del receptor i.	

Tabla 7. Método de los momentos eléctricos.

### 5.3.2.3. CONDUCTIVIDAD

Se determina la conductividad para cada tramo en función del material conductor y de la temperatura de trabajo prevista. La conductividad de un material depende de su temperatura según la siguiente ecuación:

$K = \frac{1}{\rho}; \quad \rho = \rho_{20} \cdot [1 + \alpha \cdot (T - 20)]$
K = Conductividad del conductor a la temperatura T °C (m / (Ω·mm <sup>2</sup> )).
ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T °C ((Ω·mm <sup>2</sup> )/m).
ρ <sub>20</sub> = Resistividad del conductor a 20 °C ((Ω·mm <sup>2</sup> )/m).

$\alpha$  = Coeficiente de variación de resistencia específica por temperatura del conductor ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ).  
( $\alpha=0,00392\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  para el cobre y  $\alpha=0,00403\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  para el aluminio).

T = Temperatura real estimada en el conductor ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Tabla 8. Cálculo de la conductividad.

Así mismo, la temperatura del conductor al paso de la intensidad de diseño ( $I_b$ ), se puede obtener a partir de la siguiente expresión:

$$T = T_0 + (T_{m\acute{a}x} - T_0) \cdot \left( \frac{I_b}{I_z} \right)^2$$

T = Temperatura real estimada en el conductor ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$T_{m\acute{a}x}$  = Temperatura máxima admisible para el conductor según su tipo de aislamiento ( $^{\circ}\text{C}$ ).  
(PVC= $70^{\circ}\text{C}$ , XLPE= $90^{\circ}\text{C}$ , EPR= $90^{\circ}\text{C}$ ).

$T_0$  = Temperatura ambiente del conductor ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$I_b$  = Intensidad máxima prevista para el conductor (A)

$I_z$  = Intensidad máxima admisible para el conductor según el tipo de instalación (A).  
(depende de la sección).

Tabla 9. Temperatura del conductor al paso de la intensidad de diseño.

Se deduce que el cálculo por caída de tensión ha de ser iterativo, ya que la intensidad máxima admisible ( $I_z$ ) depende de la sección del conductor. De este modo, se realiza el siguiente proceso para determinar la sección por caída de tensión:

- Se parte de una temperatura inicial de  $20^{\circ}\text{C}$  a la que se determina la conductividad del material conductor (Usualmente se utilizan los valores de  $56\text{ m}/(\Omega\cdot\text{mm}^2)$  para el cobre y  $35\text{ m}/(\Omega\cdot\text{mm}^2)$  para el aluminio).
- Se calcula la sección por caída de tensión.
- A partir de la sección resultante, se determina la temperatura de trabajo (al circular la intensidad de diseño), y la nueva conductividad a dicha temperatura.
- Si la conductividad a la temperatura de trabajo difiere de la usada inicialmente, se vuelve al paso nº 2 usando ahora esta conductividad en el cálculo de la sección. Se repite este ciclo hasta que el error sea despreciable, es decir, hasta que las conductividades inicial y final sean prácticamente iguales.

Se usarán los siguientes valores de resistividad para determinar las conductividades a las distintas temperaturas:

ID Montaje	Cable	Material	Resistividad ( $\Omega\cdot\text{mm}^2$ )/m	T ( $^{\circ}\text{C}$ )
RZ1-K (AS)/u/59-B1	RZ1-K (AS)	Cu	0,017241	20,0

ID Montaje	Cable	Material	Resistividad ( $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )
RZ1-K (AS)/u/4-B1	RZ1-K (AS)	Cu	0,017241	20,0
RZ1-K (AS)/u/30-C	RZ1-K (AS)	Cu	0,017241	20,0
RZ1-K (AS)/u/71-D1	RZ1-K (AS)	Cu	0,017241	20,0

Tabla 10. Resistividad de los diferentes tipos de conductor empleados.

#### 5.3.2.4. EFECTO PIEL Y PROXIMIDAD

Para este tipo de instalaciones es factible despreciar el aumento de resistencia en alterna debido al efecto piel y proximidad, tomando para todas las fórmulas  $c = 1,0$ .

#### 5.3.2.5. REACTANCIA

Para este tipo de instalaciones la contribución a la caída de tensión por efecto de la inductancia es despreciable frente al efecto de la resistencia, por lo que se tomará  $x_u = 0,0 \Omega/\text{km}$  para todas las fórmulas.

### 5.4. CAIDAS DE TENSIÓN

Una vez adoptada una sección adecuada del conductor, se calcula la caída de tensión según las ecuaciones siguientes:

Distribución monofásica	Distribución trifásica
$e = 2 \cdot (R \cdot I_b \cdot \cos \varphi + X \cdot I_b \cdot \text{sen} \varphi)$	$e = \sqrt{3} \cdot (R \cdot I_b \cdot \cos \varphi + X \cdot I_b \cdot \text{sen} \varphi)$
$R = \frac{c \cdot L}{K \cdot S}; X = 10^{-3} \cdot \frac{x_u}{n} \cdot L; I_b = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$	$R = \frac{c \cdot L}{K \cdot S}; X = 10^{-3} \cdot \frac{x_u}{n} \cdot L; I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$
$e = \frac{2 \cdot c \cdot L \cdot P}{K \cdot S \cdot U} + 2 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{x_u}{n} \cdot L \cdot \frac{P \cdot \tan \varphi}{U}$	$e = \frac{c \cdot L \cdot P}{K \cdot S \cdot U} + 10^{-3} \cdot \frac{x_u}{n} \cdot L \cdot \frac{P \cdot \tan \varphi}{U}$
$\text{si } (c = 1) \text{ y } (x_u = 0) \Rightarrow e = \frac{2 \cdot P \cdot L}{K \cdot S \cdot U}$	$\text{si } (c = 1) \text{ y } (x_u = 0) \Rightarrow e = \frac{P \cdot L}{K \cdot S \cdot U}$
e=Caída de tensión (V).	
$I_b$ =Intensidad máxima prevista (A).	
P=Potencia activa máxima prevista (W).	
$\cos \varphi$ = Factor de potencia de la carga	
n=Número de conductores por fase.	
L=Longitud del tramo (m).	
c=Factor de aumento de la resistencia en alterna por efecto piel y proximidad ( $c=1+\gamma_s+\gamma_p$ ).	
K=Conductividad del material ( $\text{m} / (\Omega \cdot \text{mm}^2)$ ).	

Distribución monofásica	Distribución trifásica
$x_u$ =Reactancia unitaria ( $\Omega/\text{km}$ )	
S=Sección ( $\text{mm}^2$ ).	
U=Tensión de línea: F-N en monofásica y F-F en trifásica (V).	

Tabla 11. Cálculo de la caída de tensión.

## 5.5. INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO

Será necesario conocer dos niveles de intensidad de cortocircuito:

- La corriente máxima de cortocircuito ( $I_{cc \text{ máx}}$ ), determina el poder de corte de los interruptores automáticos.
- La corriente mínima de cortocircuito ( $I_{cc \text{ mín}}$ ), permite seleccionar las curvas de disparo de los interruptores automáticos y fusibles.

Para calcular estas intensidades en cada punto de la instalación se utiliza el método de las impedancias. Éste método consiste en sumar las resistencias y reactancias situadas aguas arriba del punto considerado, y aplicar las siguientes expresiones:

INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO
<b>Defecto trifásico:</b>
$I_{cc3} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{cc}}$
<b>Defecto bifásico:</b>
$I_{cc2} = \frac{c \cdot U_n}{2 \cdot Z_{cc}}$
<b>Defecto monofásico:</b>
$I_{cc1} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot (Z_{cc} + Z_{LN})}$
<b>Defecto a tierra:</b>
$I_{cch} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot (Z_{cc} + Z_h)}$
<b>Donde:</b>
$Z_{cc} = \sqrt{R_{cc}^2 + X_{cc}^2}; \quad R_{cc} = R_Q + R_T + R_L; \quad X_{cc} = X_Q + X_T + X_L$ $(Z_{cc} + Z_{LN}) = \sqrt{(R_{cc} + R_{LN})^2 + (X_{cc} + X_{LN})^2}$ $(Z_{cc} + Z_h) = \sqrt{(R_{cc} + R_h)^2 + (X_{cc} + X_h)^2}$
$I_{cc3}$ =Intensidad de cortocircuito en un defecto trifásico (kA).

INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO
$I_{cc2}$ = Intensidad de cortocircuito en un defecto bifásico (kA).
$I_{cc1}$ = Intensidad de cortocircuito en un defecto fase-neutro (kA).
$I_{cch}$ = Intensidad de cortocircuito en un defecto fase-tierra (kA).
C = Coeficiente de tensión (c=0.95 para $I_{ccmín}$ y c=1,05 para $I_{ccmáx}$ ).
$U_n$ = Tensión compuesta (V).
$R_Q$ y $X_Q$ = Resistencia y reactancia de red (mΩ).
$R_T$ y $X_T$ = Resistencia y reactancia del transformador (mΩ).
$R_L$ y $X_L$ = Resistencia y reactancia del conductor de fase (mΩ).
$R_{LN}$ y $X_{LN}$ = Resistencia y reactancia del conductor neutro (mΩ).
$R_h$ y $X_h$ = Resistencia y reactancia del conductor de protección (mΩ).

Tabla 12. Cálculo de las corrientes de cortocircuito.

En los siguientes apartados se desarrollan los métodos de cálculo de las impedancias en cada punto de la instalación.

### 5.5.1. IMPEDANCIA DE LA RED DE ALIMENTACIÓN

Si un cortocircuito trifásico es alimentado por una red de la que sólo se conoce la corriente de cortocircuito simétrica inicial  $I''_{kQ}$ , o bien, su potencia de cortocircuito  $S''_{kQ}$ , entonces la impedancia equivalente viene dada por:

IMPEDANCIA RED
<b>Conocida <math>I''_{kQ}</math> (kA):</b>
$Z_Q = \frac{c \cdot U_{nQ}}{\sqrt{3} \cdot I''_{kQ}}$
<b>Conocida <math>S''_{kQ}</math> (MVA):</b>
$Z_Q = \frac{c \cdot U_{nQ}^2}{10^3 \cdot S''_{kQ}}; \quad S''_{kQ} = 10^{-3} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{nQ} \cdot I''_{kQ}$
Donde:
$Z_Q$ = Impedancia de Red (mΩ).
C = Factor de tensión.
$U_{nQ}$ = Tensión de la red de alimentación (V).
$I''_{kQ}$ = Intensidad máxima de cortocircuito simétrica inicial (kA).
$S''_{kQ}$ = Potencia de cortocircuito de la red de alimentación (MVA).

Tabla 13. Cálculo de la impedancia de la red de alimentación.

Si el cortocircuito es alimentado por un transformador, la impedancia equivalente de la red de alimentación referida al lado de baja del transformador se determina por:

IMPEDANCIA EQUIVALENTE RED
<b>Conocida <math>I''_{kQ}</math> (kA):</b>
$Z_Q = \frac{c \cdot U_{nQ}}{\sqrt{3} \cdot I''_{kQ}} \cdot \frac{1}{t_r^2} = \frac{c \cdot U_{rT}^2}{\sqrt{3} \cdot I''_{kQ} \cdot U_{nQ}}; \quad t_r = \frac{U_{nQ}}{U_{rT}}$
<b>Conocida <math>S''_{kQ}</math> (MVA):</b>
$Z_Q = \frac{c \cdot U_{nQ}^2}{10^3 \cdot S''_{kQ}} \cdot \frac{1}{t_r^2} = \frac{c \cdot U_{rT}^2}{10^3 \cdot S''_{kQ}}; \quad t_r = \frac{U_{nQ}}{U_{rT}}$
Donde:
$Z_Q$ =Impedancia de Red, referida al lado de baja del transformador (mΩ).
c=Factor de tensión.
$U_{nQ}$ =Tensión de la red de alimentación (V).
$U_{rT}$ =Tensión en el lado de baja del transformador (V).
$t_r$ =Relación de transformación.
$I''_{kQ}$ =Intensidad máxima de cortocircuito simétrica inicial (kA).
$S''_{kQ}$ =Potencia de cortocircuito de la red de alimentación (MVA).

Tabla 14. Cálculo de impedancia de la red, referida al lado de baja del transformador.

Para el cálculo de la resistencia y reactancia de red, se consideran las siguientes relaciones:

R Y X DE RED
$R_Q = 0,1 \cdot X_Q$
$X_Q = 0,995 \cdot Z_Q$
$R_Q$ =Resistencia de red (mΩ).
$X_Q$ =Reactancia de red (mΩ).
$Z_Q$ =Impedancia de red (mΩ).

Tabla 15. Resistencia y reactancia de la red.

### 5.5.2. IMPEDANCIA DEL TRANSFORMADOR

Las impedancias de cortocircuito de los transformadores de dos devanados se calculan a partir de los datos asignados del transformador siguiendo las siguientes expresiones:

IMPEDANCIA TRANSFORMADOR
$Z_T = \frac{u_{kr}}{100\%} \cdot \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}}$
$R_T = \frac{u_{Rr}}{100\%} \cdot \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}}$
$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}$
U <sub>rT</sub> =Tensión asignada del transformador en el lado de baja (V).
S <sub>rT</sub> =Potencia aparente asignada del transformador (kVA).
u <sub>kr</sub> =Tensión de cortocircuito del transformador (%).
u <sub>Rr</sub> =Pérdidas totales del transformador en los devanados a la corriente asignada (%).
Z <sub>T</sub> =Impedancia del transformador (mΩ).
R <sub>T</sub> =Resistencia del transformador (mΩ).
X <sub>T</sub> =Reactancia del transformador (mΩ).

Tabla 16. Impedancia del transformador.

### 5.5.3. IMPEDANCIA DE LOS CABLES

La resistencia de los conductores se determina en función de su longitud, resistividad y sección:

IMPEDANCIA CABLES
$R_L = 10^3 \cdot \rho \cdot \frac{L}{S}$
R <sub>L</sub> =Resistencia del conductor (mΩ).
ρ=Resistividad del material (Ω·mm <sup>2</sup> /m).
L=Longitud del conductor (m).
S=Sección del conductor (mm <sup>2</sup> ).

Tabla 17. Resistividad del conductor.

La resistividad del material varía con la temperatura según la siguiente expresión:

RESISTIVIDAD DEL MATERIAL
$\rho = \rho_{20} \cdot [1 + \alpha \cdot (T - 20)]$
ρ=Resistividad del conductor a la temperatura T
ρ <sub>20</sub> =Resistividad del conductor a 20°C.



### RESISTIVIDAD DEL MATERIAL

$\alpha$ =Coeficiente de variación de resistencia específica por temperatura del conductor, en  $^{\circ}\text{C}^{-1}$   
( $\alpha=0,00392\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  para el cobre y  $\alpha=0,00403\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  para el aluminio).

Tabla 18. Variación de la resistividad con la temperatura.

Se calculará la resistencia de los conductores a la temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$  para el cálculo de la intensidad máxima de cortocircuito, y a la temperatura de  $145^{\circ}\text{C}$  para el cálculo de la intensidad mínima de cortocircuito.

La reactancia de los conductores se puede estimar siguiendo la siguiente expresión:

$X_L = x_u \cdot L$
Donde:
$X_L$ =Reactancia del conductor ( $\text{m}\Omega$ ).
$x_u$ =Reactancia unitaria ( $\text{m}\Omega/\text{m}$ ).
$L$ =Longitud del conductor (m).

Tabla 19. Reactancia de los conductores.

Se han utilizado los siguientes valores de reactancia unitaria:

ID Montaje	Cable	Tipo	Reactancia Unitaria ( $x_u$ ) ( $\text{m}\Omega/\text{m}$ )
RZ1-K (AS)/u/59-B1	RZ1-K (AS)	unipolar	0,12
RZ1-K (AS)/u/4-B1	RZ1-K (AS)	unipolar	0,12
RZ1-K (AS)/u/30-C	RZ1-K (AS)	unipolar	0,12
RZ1-K (AS)/u/71-D1	RZ1-K (AS)	unipolar	0,12

Tabla 20. Valores de reactancia unitaria.

Finalmente, para determinar la impedancia del conductor, se utiliza la siguiente ecuación:

<b>IMPEDANCIA CONDUCTOR</b>
$Z_L = \sqrt{R_L^2 + X_L^2}$
$Z_L$ =Impedancia del conductor ( $\text{m}\Omega$ ).
$R_L$ =Resistencia del conductor ( $\text{m}\Omega$ ).
$X_L$ =Reactancia del conductor ( $\text{m}\Omega$ ).

Tabla 21. Impedancia del conductor.

## 5.6. PROTECCION DE LAS INSTALACIONES

### 5.6.1. PROTECCION CONTRA LAS CORRIENTES DE SOBRECARGA

Se instalarán dispositivos de protección para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que pueda provocar un calentamiento perjudicial al aislamiento, a las conexiones, a las extremidades o al medio ambiente de las canalizaciones. Se dimensionan estos dispositivos según lo establecido en la normativa aplicada, para lo cual se verifican las siguientes condiciones:

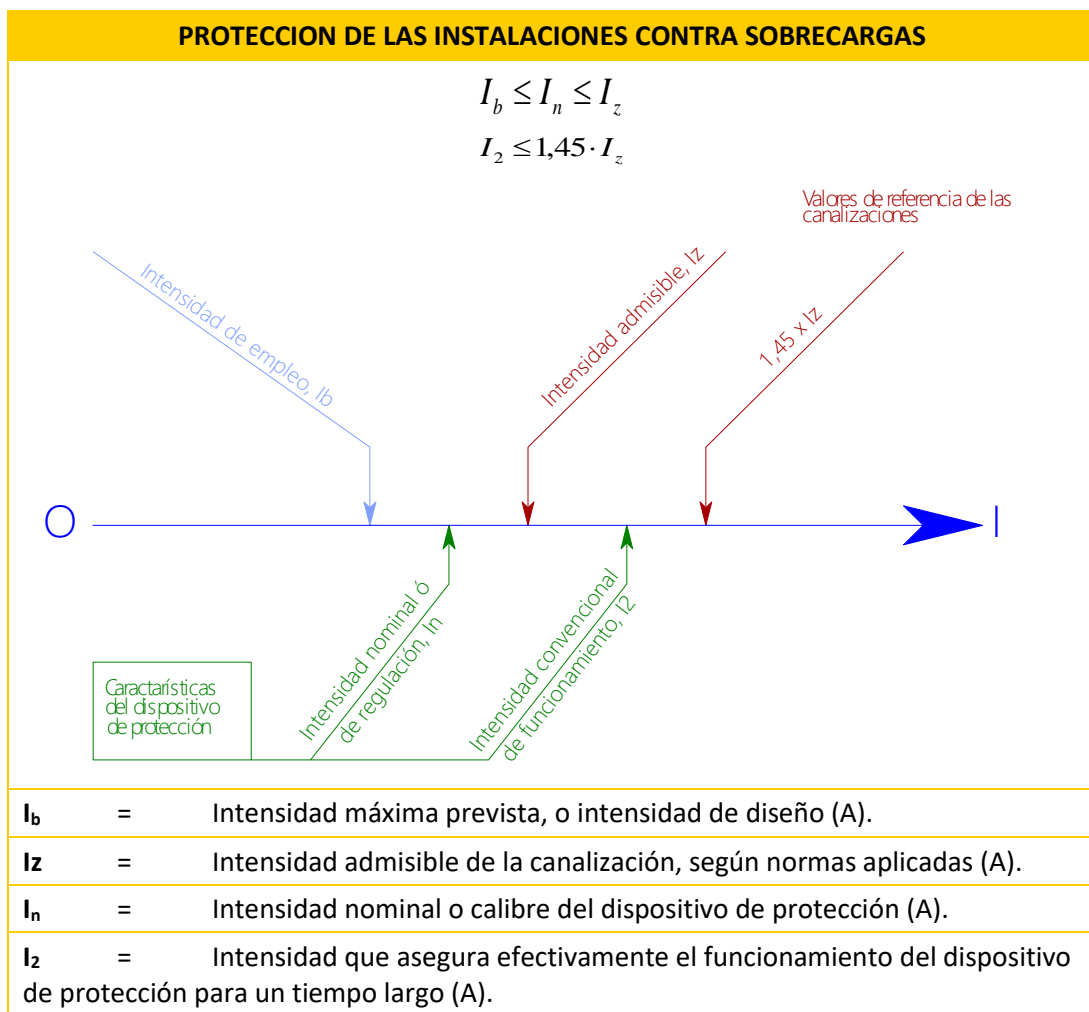


Tabla 22. Protección contra las corrientes de sobrecarga.

### 5.6.2. PROTECCION CONTRA LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

Se instalarán dispositivos de protección para interrumpir toda corriente de cortocircuito antes de que ésta pueda resultar peligrosa debido a los efectos térmicos y mecánicos producidos en los conductores y en las conexiones.

Según la normativa aplicada, todo dispositivo que asegure la protección contra cortocircuito responderá a las dos condiciones siguientes:

- Su poder de corte debe ser como mínimo igual a la corriente de cortocircuito supuesta en el punto donde está instalado.
- El tiempo de corte de toda corriente que resulte de un cortocircuito que se produzca en un punto cualquier del circuito no debe ser superior al tiempo que tarda en alcanzar la temperatura de los conductores el límite admisible.

TIEMPO MAX DE ACTUACIÓN DE LA PROTECCIÓN	
$\sqrt{t} = k \cdot \frac{S}{I_{cc}}$	
t	= Duración en segundos (s).
S	= Sección (mm <sup>2</sup> ).
K	= Constante que depende del material de aislamiento
I <sub>cc</sub>	= Corriente de cortocircuito efectiva (A).

Tabla 23. Tiempo máximo de actuación de la protección.

Esta segunda condición se puede transformar, en caso de interruptores automáticos, en la condición siguiente, que resulta más fácil de aplicar, y es generalmente más restrictiva:

CORRIENTE DE DISPARO MAGNÉTICO	
$I_{cc\text{ mín}} > I_m$	
I <sub>cc mín</sub> =	Corriente de cortocircuito mínima que se calcula en el extremo del circuito protegido por el interruptor automático (A).
I <sub>m</sub> =	Corriente mínima que asegura el disparo magnético, por ejemplo: IA curva B: I <sub>m</sub> = 5 · I <sub>n</sub> IA curva C: I <sub>m</sub> = 10 · I <sub>n</sub> IA curva D: I <sub>m</sub> = 20 · I <sub>n</sub>

Tabla 24. Corriente mínima que asegura el disparo magnético.

## 6. SISTEMAS DE INSTALACION EMPLEADOS

### 6.1. RZ1-K (AS) - B1 MULT. EMPOTRADOS BAJO TUBO

**Tipo de instalación (UNE-HD 60364-5-52:2014):** Cable RZ1-K (AS) multipolar de tensión asignada 0,6/1 kV, con conductor de cobre clase 5 (-K), aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina (Z1), no propagador del incendio, con emisión de humos y opacidad reducida (AS), clasificación de reacción al fuego «Cca-s1b,d1,a1» según CPR, dispuesto según [Ref 59] Conductores aislados o cables multipolares en tubo empotrado en mampostería. (tabla A.52.3 de la norma UNE-HD 60364-5-52:2014).

CARACTERÍSTICAS
Identificador: RZ1-K (AS)/m/59-B1
Norma: UNE-HD 60364-5-52:2014
Temperatura ambiente: 40 °C
Exposición al sol: No
Tipo de cable: unipolar
Norma: UNE 21123-4
Resistencia al fuego: Cca-s1b,d1,a1
Material de aislamiento: XLPE (Polietileno reticulado) y Z1 (cubierta de poliolefina)
Tensión de aislamiento: 0,6/1 kV
Material conductor: Cu
Conductividad, K: calculada por temperatura de trabajo para cada circuito
Resistividad, $\rho$ : 0,017241 ( $\Omega \cdot \text{mm}^2$ )/m a 20,0°C
Tabla de intensidades máximas para 2 conductores: B.52.3 col.4 Cu
Tabla de intensidades máximas para 3 conductores: B.52.5 col.4 Cu
Tabla de tamaño de los tubos: 5, ITC-BT-21
Líneas de la instalación que utilizan este sistema: TC planta sup; Termo eléctrico; Alumbrado Planta superior; ; Alumbrado planta superior;

Tabla 25. Características RZ1-K (AS) - B1 mult. empotrados bajo tubo.

### 6.2. RZ1-K (AS) - B1 MULT. EN MONTAJE SUPERFICIAL BAJO TUBO

**Tipo de instalación (UNE-HD 60364-5-52:2014):** Cable RZ1-K (AS) multipolar de tensión asignada 0,6/1 kV, con conductor de cobre clase 5 (-K), aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina (Z1), no propagador del incendio, con emisión de humos y opacidad reducida (AS), clasificación de reacción al fuego «Cca-s1b,d1,a1» según CPR, dispuesto según [Ref 4] Conductores aislados o cables multipolares en tubo sobre pared de madera o de mampostería, o separado de ella a una

distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo. (tabla A.52.3 de la norma UNE-HD 60364-5-52:2014).

CARACTERÍSTICAS
Identificador: RZ1-K (AS)/m/4-B1
Norma: UNE-HD 60364-5-52:2014
Temperatura ambiente: 40 °C
Exposición al sol: No
Tipo de cable: multipolar
Norma: UNE 21123-4
Resistencia al fuego: Cca-s1b,d1,a1
Material de aislamiento: XLPE (Polietileno reticulado) y Z1 (cubierta de poliolefina)
Tensión de aislamiento: 0,6/1 kV
Material conductor: Cu
Conductividad, K: calculada por temperatura de trabajo para cada circuito
Resistividad, $\rho$ : 0,017241 ( $\Omega \cdot \text{mm}^2$ )/m a 20,0°C
Tabla de intensidades máximas para 2 conductores: B.52.3 col.4 Cu
Tabla de intensidades máximas para 3 conductores: B.52.5 col.4 Cu
Tabla de tamaño de los tubos: 2, ITC-BT-21
Líneas de la instalación que utilizan este sistema: Cuadro de alumbrado; Alumbrado G1; Emergencia; Alumbrado G2; Alumbrado Planta superior;

Tabla 26. Características RZ1-K (AS) - B1 mutl. en montaje superficial bajo tubo.

### 6.3. RZ1-K (AS) - C MULT. EN BANDEJA CONTINUA

Tipo de instalación (UNE-HD 60364-5-52:2014): Cable RZ1-K (AS) multipolar de tensión asignada 0,6/1 kV, con conductor de cobre clase 5 (-K), aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina (Z1), no propagador del incendio, con emisión de humos y opacidad reducida (AS), clasificación de reacción al fuego «Cca-s1b,d1,a1» según CPR, dispuesto según [Ref 30] Cables unipolares o multipolares sobre bandejas no perforadas en recorrido horizontal o vertical. (tabla A.52.3 de la norma UNE-HD 60364-5-52:2014).

CARACTERÍSTICAS
Identificador: RZ1-K (AS)/m/30-C
Norma: UNE-HD 60364-5-52:2014
Temperatura ambiente: 40 °C
Exposición al sol: No
Tipo de cable: multipolar

CARACTERÍSTICAS
Norma: UNE 21123-4
Resistencia al fuego: Cca-s1b,d1,a1
Material de aislamiento: XLPE (Polietileno reticulado) y Z1 (cubierta de poliolefina)
Tensión de aislamiento: 0,6/1 kV
Material conductor: Cu
Conductividad, K: calculada por temperatura de trabajo para cada circuito
Resistividad, $\rho$ : 0,017241 ( $\Omega \cdot \text{mm}^2$ )/m a 20,0°C
Tabla de intensidades máximas para 2 conductores: B.52.3 col.6 Cu
Tabla de intensidades máximas para 3 conductores: B.52.5 col.6 Cu
Tabla de tamaño de los tubos:
Líneas de la instalación que utilizan este sistema: Acometida; Acometida no esenciales; Aire acondicionado sala de control; Alimentación trafo exc G1; Alimentación trafo de excitación G2; Caldeo G1; Caldeo G2; Caldeo Lubricación G1; Caldeo Reg G1; Caldeo Reg G2; Caldeo lubricación G2; Puente grúa; Reserva; Reserva 3; Alumbrado cuadros; Alumbrado exterior SET; Auxiliares GE; Bocina de alarma; Bomba 1 Reg G1; Bomba 1 Reg G2; Bomba 2 Reg 1; Bomba 2 Reg G2; Bomba Lubricación G1; Bomba Lubricación G2; Bomba de achique 1; Bomba de achique 2; Bomba de refrigeración 1; Bomba de refrigeración 2; Bomba de refrigeración 3; Calefacción armarios 1; Calefacción armarios 2; Calefacción celdas 6 kV; Central PCI; Alumbrado G1; Cuadros de toma corriente; Cuadro de toma corriente G2; Cuadro toma corriente celdas; Cuadro de toma corriente G1; Fuerza exterior SET; Módulo PASS SET; Puerta motorizada SET; Rectificador de baterías; Refrigeración-Fuerza Trafo; Regulación trafo; SAI; Tomas de corriente cuadros;

Tabla 27. Características RZ1-K (AS) - C mult. en bandeja continua.

#### 6.4. RZ1-K (AS) –C UNIP. EN BANDEJA CONTINUA

Tipo de instalación (UNE-HD 60364-5-52:2014): Cable RZ1-K (AS) unipolar de tensión asignada 0,6/1 kV, con conductor de cobre clase 5 (-K), aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina (Z1), no propagador del incendio, con emisión de humos y opacidad reducida (AS), clasificación de reacción al fuego «Cca-s1b,d1,a1» según CPR, dispuesto según [Ref 30] Cables unipolares o multipolares sobre bandejas no perforadas en recorrido horizontal o vertical. (tabla A.52.3 de la norma UNE-HD 60364-5-52:2014).

CARACTERÍSTICAS
Identificador: RZ1-K (AS)/u/30-C
Norma: UNE-HD 60364-5-52:2014
Temperatura ambiente: 40 °C
Exposición al sol: No
Tipo de cable: unipolar

CARACTERÍSTICAS
Norma: UNE 21123-4
Resistencia al fuego: Cca-s1b,d1,a1
Material de aislamiento: XLPE (Polietileno reticulado) y Z1 (cubierta de poliolefina)
Tensión de aislamiento: 0,6/1 kV
Material conductor: Cu
Conductividad, K: calculada por temperatura de trabajo para cada circuito
Resistividad, $\rho$ : 0,017241 ( $\Omega \cdot \text{mm}^2$ )/m a 20,0°C
Tabla de intensidades máximas para 2 conductores: B.52.3 col.6 Cu
Tabla de intensidades máximas para 3 conductores: B.52.5 col.6 Cu
Tabla de tamaño de los tubos:
Líneas de la instalación que utilizan este sistema: Acometida;

Tabla 28. Características RZ1-K (AS)-C Unip. En bandeja continua.

## 6.5. RZ1-K (AS) - D1 MULT. ENTERRADOS BAJO TUBO

Tipo de instalación (UNE-HD 60364-5-52:2014): Cable RZ1-K (AS) multipolar de tensión asignada 0,6/1 kV, con conductor de cobre clase 5 (-K), aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina (Z1), no propagador del incendio, con emisión de humos y opacidad reducida (AS), clasificación de reacción al fuego «Cca-s1b,d1,a1» según CPR, dispuesto según [Ref 71] Cable unipolar en tubo o en conducto cerrado de sección no circular en el suelo. (tabla A.52.3 de la norma UNE-HD 60364-5-52:2014). La resistividad térmica del terreno es de 2,50 K · m / W. La profundidad de instalación es 0,70 m.

CARACTERÍSTICAS
Identificador: RZ1-K (AS)/m/71-D1
Norma: UNE-HD 60364-5-52:2014
Temperatura ambiente: 25 °C
Exposición al sol: No
Tipo de cable: multipolar
Norma: UNE 21123-4
Resistencia al fuego: Cca-s1b,d1,a1
Material de aislamiento: XLPE (Polietileno reticulado) y Z1 (cubierta de poliolefina)
Tensión de aislamiento: 0,6/1 kV
Material conductor: Cu
Conductividad, K: calculada por temperatura de trabajo para cada circuito
Resistividad, $\rho$ : 0,017241 ( $\Omega \cdot \text{mm}^2$ )/m a 20,0°C

<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Tabla de intensidades máximas para 2 conductores: B.52.3 col.7 Cu
Tabla de intensidades máximas para 3 conductores: B.52.5 col.7 Cu
Tabla de tamaño de los tubos: 9, ITC-BT-21
Líneas de la instalación que utilizan este sistema: Alumbrado exterior SET; Bombeo abastecimiento; Fuerza exterior SET; Modulo PASS SET; Puerta motorizada SET; Refrigeración-Fuerza Trafo; Regulación trafo;

Tabla 29. Características RZ1-K (AS) - D1 mult. enterrados bajo tubo.



## 7. ANEJO DE CUADROS RESUMEN POR CIRCUITO

### 7.1. ACOMETIDA

Acometida																	
Circuito	P	U <sub>n</sub>	I <sub>b</sub>	I <sub>z</sub>	Fct·I <sub>zt</sub>	I <sub>cc</sub> máx	I <sub>cc</sub> mín	I <sub>PROT.</sub>	Sección	Cable e instalación	T <sub>TRAB</sub>	K	L <sub>CDT</sub>	CDT <sub>circ</sub>	CDT <sub>acum</sub>	P <sub>máx</sub> CAL	P <sub>máx</sub> CDT
Acometida	90. 321	400	144,34	177,13	0,7735×229	3,60	2,698	160	(3×70/35)+TT×35	RZ1-K (AS)/u/30- C;	73,2	47,99	17,88	0,3004	0,3004	110.841	1.352.896

Tabla 30. Características acometida.

### 7.2. BARRAS ESENCIALES

Barras esenciales																	
Circuito	P	U <sub>n</sub>	I <sub>b</sub>	I <sub>z</sub>	Fct·I <sub>zt</sub>	I <sub>cc</sub> máx	I <sub>cc</sub> mín	I <sub>PROT.</sub>	Sección	Cable e instalación	T <sub>TRAB</sub>	K	L <sub>CDT</sub>	CDT <sub>circ</sub>	CDT <sub>acum</sub>	P <sub>máx</sub> CAL	P <sub>máx</sub> CDT
Acometida no esenciales	33.412	400	53,58	64,61	0,91×71	3,46	2,697	63	5G10	RZ1-K (AS)/m/30-C;	74,4	47,81	0,06	0,0027	0,3031	40.287	78.151.257
Alumbrado cuadros	140	230	0,68	30,03	0,91×33	3,28	1,903	10	3G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	40	53,78	3,11	0,0122	0,3127	6.216	70.969
Alumbrado exterior SET	270	230	1,17	33,07	0,624×53	3,28	0,749	10	3G6	RZ1-K (AS)/m/30-C (22,2m); RZ1-K (AS)/m/70-D1 (7,74m);	40	53,78	29,94	0,0934	0,3938	12.139	11.972
Auxiliares GE	400	230	1,93	30,03	0,91×33	3,28	0,424	10	3G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	40,2	53,74	23,62	0,2659	0,5663	6.216	9.327
Bocina de alarma	40	230	0,19	30,03	0,91×33	3,28	1,202	10	3G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	40	53,78	6,87	0,0077	0,3082	6.216	32.095
Bomba 1 Reg G1	4.324	400	6,93	27,30	0,91×30	3,46	0,735	10	4G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	43,2	53,16	22,89	0,4654	0,7659	17.023	57.589
Bomba 1 Reg G2	4.324	400	6,93	27,30	0,91×30	3,46	0,523	10	4G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	43,2	53,16	33,40	0,6791	0,9795	17.023	39.472
Bomba 2 Reg 1	4.324	400	6,93	27,30	0,91×30	3,46	0,723	10	4G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	43,2	53,16	23,35	0,4747	0,7751	17.023	56.468
Bomba 2 Reg G2	4.324	400	6,93	27,30	0,91×30	3,46	0,513	10	4G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	43,2	53,16	34,09	0,6931	0,9935	17.023	38.675
Bomba Lubricacion G1	1.103	400	1,77	27,30	0,91×30	3,46	0,746	10	4G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	40,2	53,74	22,51	0,1155	0,4159	17.023	59.209

Barras esenciales																	
Bomba Lubricación G2	1.103	400	1,77	27,30	0,91×30	3,46	0,822	10	4G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	40,2	53,74	20,13	0,1033	0,4037	17.023	66.207
Bomba de achique 1	4.412	400	7,08	27,30	0,91×30	3,46	0,665	10	4G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	43,4	53,14	25,66	0,5326	0,8330	17.023	51.356
Bomba de achique 2	4.412	400	7,08	27,30	0,91×30	3,46	0,672	10	4G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	43,4	53,14	25,33	0,5258	0,8262	17.023	52.020
Bomba de refrigeración 1	2.162	400	3,47	27,30	0,91×30	3,46	0,654	10	4G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	40,8	53,63	26,10	0,2630	0,5634	17.023	50.956
Bomba de refrigeración 2	2.162	400	3,47	27,30	0,91×30	3,46	0,666	10	4G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	40,8	53,63	25,60	0,2580	0,5585	17.023	51.938
Bomba de refrigeración 3	2.162	400	3,47	27,30	0,91×30	3,46	0,633	10	4G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	40,8	53,63	27,09	0,2730	0,5734	17.023	49.091
Bombeo abastecimiento	370	230	1,79	50,88	0,96×53	3,28	2,421	10	3G6	RZ1-K (AS)/m/70-D1;	25,1	56,87	3,37	0,0138	0,3142	10.532	166.222
Calefacción armarios 1	400	230	1,93	30,03	0,91×33	3,28	2,109	10	3G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	40,2	53,74	2,38	0,0268	0,3273	6.216	92.435
Calefacción armarios 2	400	230	1,93	30,03	0,91×33	3,28	2,039	10	3G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	40,2	53,74	2,62	0,0295	0,3299	6.216	84.118
Calefacción celdas 6 kV	800	230	3,86	30,03	0,91×33	3,28	0,689	10	3G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	40,8	53,62	13,80	0,3114	0,6118	6.216	15.929
Central PCI	80	230	0,39	30,03	0,91×33	3,28	1,621	10	3G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	40	53,78	4,29	0,0097	0,3101	6.216	51.346
Cuadro de alumbrado	1.258	230	5,47	28,21	0,91×31	3,28	1,654	25	3G2,5	RZ1-K (AS)/u/4-B1;	41,9	53,42	4,13	0,1469	0,4474	6.488	35.942
Cuadros de toma corriente	22.000	400	35,28	64,61	0,91×71	3,46	1,017	40	5G10	RZ1-K (AS)/m/30-C (48,52m);	54,9	51,02	34,12	0,9196	1,2200	40.287	148.318
Fuerza exterior SET	20.000	400	32,08	42,24	0,96×44	3,46	1,150	40	4G6	RZ1-K (AS)/m/30-C (22,1m); RZ1-K (AS)/m/70-D1 (9,56m);	63	49,64	31,66	1,3282	1,6287	29.506	93.303
Modulo PASS SET	4.175	230	20,17	50,88	0,96×53	3,28	0,901	25	3G6	RZ1-K (AS)/m/30-C (16,79m); RZ1-K (AS)/m/70-D1 (7,19m);	47,3	52,39	23,98	1,1884	1,4888	10.925	21.501

Barras esenciales																	
<b>Puerta motorizada SET</b>	1.868	400	3,00	42,24	0,96×44	3,46	1,313	10	4G6	RZ1-K (AS)/m/30-C (16,89m); RZ1-K (AS)/m/70-D1 (9,43m);	40,2	53,75	26,31	0,0934	0,3938	29.506	121.559
<b>Rectificador de baterías</b>	10.000	400	16,04	27,30	0,91×30	3,46	2,629	20	4G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	57,3	50,61	0,73	0,0363	0,3367	17.023	1.709.819
<b>Refrigeración-Fuerza Trafo</b>	5.900	400	9,46	42,24	0,96×44	3,46	1,302	10	4G6	RZ1-K (AS)/m/30-C (21,96m); RZ1-K (AS)/m/70-D1 (4,67m);	42	53,40	26,63	0,3039	0,6043	29.506	119.323
<b>Regulación trafo</b>	750	400	1,20	42,24	0,96×44	3,46	1,281	10	4G6	RZ1-K (AS)/m/30-C (22,02m); RZ1-K (AS)/m/70-D1 (5,26m);	40	53,78	27,28	0,0392	0,3396	29.506	117.321
<b>SAI</b>	2.700	230	13,04	30,03	0,91×33	3,28	1,333	16	3G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	49,4	52,00	5,91	0,4641	0,7645	6.216	36.067
<b>Tomas de corriente cuadros</b>	3.680	230	16,00	30,03	0,91×33	3,28	1,697	20	3G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	54,2	51,15	3,94	0,4289	0,7293	6.907	53.193

Tabla 31. Características circuitos barras esenciales.

### 7.3. BARRAS NO ESENCIALES

Barras no esenciales																	
Circuito	P	U <sub>n</sub>	I <sub>b</sub>	I <sub>z</sub>	Fct-I <sub>zt</sub>	I <sub>cc</sub> máx	I <sub>cc</sub> mín	I <sub>PROT.</sub>	Sección	Cable e instalación	T <sub>TRAB</sub>	K	L <sub>CDT</sub>	CDT <sub>circ</sub>	CDT <sub>acum</sub>	P <sub>máx</sub> CAL	P <sub>máx</sub> CDT
Aire acondicionado sala de control	2.500	230	12,08	30,03	0,91×33	3,27	1,044	16	3G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	48,1	52,25	8,29	0,6000	0,9031	6.216	25.818
Alimentacion trafo exc G1	2.500	230	12,08	30,03	0,91×33	3,27	0,631	16	3G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	48,1	52,25	15,24	1,1025	1,4055	6.216	14.053
Alimentación trafo de excitacion G2	2.500	230	12,08	30,03	0,91×33	3,27	0,340	16	3G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	48,1	52,25	29,84	2,1589	2,4620	6.216	7.176
Caldeo G1	1.200	230	5,80	30,03	0,91×33	3,27	0,720	10	3G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	41,9	53,42	13,08	0,4445	0,7475	6.216	16.731
Caldeo G2	1.200	230	5,80	30,03	0,91×33	3,27	0,336	10	3G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	41,9	53,42	30,27	1,0282	1,3313	6.216	7.232
Caldeo Lubricacion G1	1.200	400	1,92	27,30	0,91×30	3,46	0,818	10	4G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	40,2	53,74	20,22	0,1129	0,4160	17.023	65.875
Caldeo Reg G1	1.200	230	5,80	30,03	0,91×33	3,27	0,338	10	3G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	41,9	53,42	30,10	1,0225	1,3256	6.216	7.273
Caldeo Reg G2	1.200	230	5,80	30,03	0,91×33	3,27	0,296	10	3G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	41,9	53,42	34,53	1,1731	1,4762	6.216	6.339
Caldeo lubricacion G2	1.200	230	5,80	30,03	0,91×33	3,27	0,497	10	3G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	41,9	53,42	19,87	0,6751	0,9782	6.216	11.015
Puente grúa	29.412	400	47,17	64,61	0,91×71	3,46	1,340	50	5G10	RZ1-K (AS)/m/30-C;	66,6	49,03	23,14	0,8673	1,1704	40.287	210.139
Reserva	11.000	400	17,64	27,30	0,91×30	3,46	0,751	20	4G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	60,9	49,99	22,32	1,2280	1,5311	17.023	55.510
Reserva	11.000	400	17,64	27,30	0,91×30	3,46	0,740	20	4G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	60,9	49,99	22,72	1,2501	1,5531	17.023	54.530
Reserva 3	10.000	400	16,04	27,30	0,91×30	3,46	1,566	20	4G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	57,3	50,61	8,35	0,4126	0,7157	17.023	150.191
Reserva 3	2.500	400	4,01	27,30	0,91×30	3,46	1,614	10	4G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	41,1	53,57	7,92	0,0924	0,3955	17.023	167.640
Reserva 3	1.500	400	2,41	27,30	0,91×30	3,46	1,663	10	4G2,5	RZ1-K (AS)/m/30-C;	40,4	53,71	7,50	0,0524	0,3554	17.023	177.531

Barras no esenciales																	
<b>TC planta sup</b>	2.300	230	10,00	28,21	0,91×31	3,27	1,612	16	3G2,5	RZ1-K (AS)/u/59-B1;	46,3	52,58	4,31	0,2852	0,5883	6.488	49.979
<b>Termo eléctrico</b>	1.500	230	7,25	28,21	0,91×31	3,27	2,089	10	3G2,5	RZ1-K (AS)/u/59-B1;	43,3	53,15	2,43	0,1035	0,4066	5.839	89.784

Tabla 32. Características principales barras no esenciales.

## 7.4. PANEL DE ALUMBRADO

Panel de distribución de alumbrado																	
Circuito	P	U <sub>n</sub>	I <sub>b</sub>	I <sub>z</sub>	Fct-I <sub>zt</sub>	I <sub>cc máx</sub>	I <sub>cc mín</sub>	I <sub>PROT.</sub>	Sección	Cable e instalación	T <sub>TRAB</sub>	K	L <sub>CDT</sub>	CDT <sub>circ</sub>	CDT <sub>acum</sub>	P <sub>máxCAL</sub>	P <sub>máxCDT</sub>
<b>Alumbrado Ext casa de maquinas</b>	250	230	1,09	20,93	0,91×23	2,30	0,718	10	3G1,5	RZ1-K (AS)/u/4-B1;	40,1	53,76	5,41	0,0634	0,5107	4.814	15.984
<b>Alumbrado G1</b>	250	230	1,09	20,93	0,91×23	2,30	0,286	10	3G1,5	RZ1-K (AS)/u/4-B1 (26m); RZ1-K (AS)/u/30-C (0,07m);	40,1	53,76	19,04	0,1413	0,5886	4.814	4.541
<b>Alumbrado G2</b>	300	230	1,30	20,93	0,91×23	2,30	0,132	10	3G1,5	RZ1-K (AS)/u/4-B1 (61,94m);	40,2	53,75	45,26	0,4490	0,8963	4.814	1.910
<b>Alumbrado Planta superior</b>	302	230	1,31	20,93	0,91×23	2,30	0,367	10	3G1,5	RZ1-K (AS)/u/4-B1 (13,85m); RZ1-K (AS)/u/59-B1 (13,81m);	40,2	53,75	13,29	0,0822	0,5296	4.814	6.145
<b>Emergencia</b>	156	230	0,68	20,93	0,91×23	2,30	0,158	10	3G1,5	RZ1-K (AS)/u/4-B1 (73,98m);	40,1	53,77	37,35	0,0906	0,5380	4.814	2.315

Tabla 33. Características principales panel de alumbrado.

## 7.5. IDENTIFICACIÓN DE LOS METODOS DE INSTALACIÓN

Identificación de los métodos de instalación							
Cable e instalación	Descripción	Norma	Ref. Inst.	Ref. Met.	Tabla 2 conductores	Tabla 3 conductores	Reacción al fuego (CPR)
<b>RZ1-K (AS)/u/30-C</b>	RZ1-K (AS) - C unip. en bandeja continua	UNE-HD 60364-5-52:2014	Ref 30	C	B.52.3 col.6 Cu	B.52.5 col.6 Cu	Cca-s1b,d1,a1
<b>RZ1-K (AS)/m/30-C</b>	RZ1-K (AS) - C mult. en bandeja continua	UNE-HD 60364-5-52:2014	Ref 30	C	B.52.3 col.6 Cu	B.52.5 col.6 Cu	Cca-s1b,d1,a1
<b>RZ1-K (AS)/m/71-D1</b>	RZ1-K (AS) - D1 mult. enterrados bajo tubo	UNE-HD 60364-5-52:2014	Ref 71	D1	B.52.3 col.7 Cu	B.52.5 col.7 Cu	Cca-s1b,d1,a1

Identificación de los métodos de instalación							
RZ1-K (AS)/m/4-B1	RZ1-K (AS) - B1 mult. en montaje superficial bajo tubo	UNE-HD 60364-5-52:2014	Ref 4	B1	B.52.3 col.4 Cu	B.52.5 col.4 Cu	Cca-s1b,d1,a1
RZ1-K (AS)/m/59-B1	RZ1-K (AS) - B1 mult. empotrados bajo tubo	UNE-HD 60364-5-52:2014	Ref 59	B1	B.52.3 col.4 Cu	B.52.5 col.4 Cu	Cca-s1b,d1,a1

Tabla 34. Identificación de los métodos de instalación.

Leyenda		
P	=	Potencia activa máxima prevista (W)
$U_n$	=	Tensión nominal (V)
$I_b$	=	Intensidad de diseño o máxima prevista (A)
$I_z$	=	Intensidad máxima admisible para las condiciones del circuito (A)
$F_{ct} \cdot I_{zt}$	=	Factores correctores por intensidad máxima admisible tabulada en norma (A)
$I_{cc \text{ máx}}$	=	Intensidad de cortocircuito máxima al inicio del circuito (kA)
$I_{cc \text{ mín}}$	=	Intensidad de cortocircuito mínima al final del circuito (kA)
Sección	=	Sección de los conductores del circuito (mm <sup>2</sup> )
$T_{TRAB}$	=	Temperatura de trabajo cuando circula la intensidad de diseño (°C)
K	=	Conductividad usada para el cálculo de la caída de tensión (m/Ω·mm <sup>2</sup> )
$L_{CDT}$	=	Longitud hasta el receptor con mayor caída de tensión del circuito (m)
$CDT_{circ}$	=	Caída de tensión más desfavorable del circuito (%)
$CDT_{acum}$	=	Caída de tensión acumulada más desfavorable del circuito (%)
$P_{máxCAL}$	=	Potencia máxima admisible por calentamiento (W)
$P_{máxCDT}$	=	Potencia máxima admisible por caída de tensión (W)

Tabla 35. Leyenda.

## ANEJO AE-05. SISTEMA DE CONTROL Y COMUNICACIONES

---

## ÍNDICE

<b>1. OBJETO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. NORMATIVA DE APLICACIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>3. CARACTERÍSTICAS GENERALES .....</b>	<b>2</b>
<b>4. SISTEMA CONTROL DE GENERACIÓN .....</b>	<b>4</b>
4.1. ARQUITECTURA DE CONTROL .....	5
4.2. CUADRO DE CONTROL.....	7
4.3. SISTEMA SCADA.....	8
4.4. MODOS DE OPERACIÓN .....	15
4.5. REGULADOR DE TURBINA .....	16
4.6. REGULADOR DE TENSIÓN.....	16
4.7. MEDIDA DE PARAMETROS ELÉCTRICOS .....	17
<b>5. RED DE COMUNICACIONES.....</b>	<b>18</b>
<b>6. ACCESO A INTERNET.....</b>	<b>18</b>



## LISTADO DE TABLAS

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.

## LISTADO DE IMÁGENES

Imagen 1. Pirámide de control .....	6
Imagen 2. Bucle de regulación .....	6

## 1. OBJETO

---

El objeto del presente documento es la completa definición de los equipos asociados al sistema de control y comunicaciones de la Central Hidroeléctrica y subestación de Irueña (Salamanca).

Se describen las obras a ejecutar y equipos de control a instalar para el correcto funcionamiento de la Central Hidroeléctrica y de la Subestación. Concretamente, son objeto de este documento el equipamiento de control y comunicaciones requerido.

## 2. NORMATIVA DE APLICACIÓN

---

La normativa de referencia para el diseño de los equipos electromecánicos propuestos cumplirá con la última edición de las siguientes normas o documentos de referencia:

- UNE-EN 62061. Seguridad de las máquinas. Seguridad funcional de sistemas de mandos eléctricos, electrónicos y electrónicos programables relativos a la seguridad.
- UNE-EN 61508. Seguridad funcional de los sistemas eléctricos / electrónicos / electrónicos programables relacionados con la seguridad (Todas las partes).
- UNE-EN 62270. Automatización de centrales hidroeléctricas. Guía para el control basado en ordenador.
- IEEE Std 1010. Guide for Control of Hydroelectric Power Plants
- UNE-EN 61000-6-2. Compatibilidad electromagnética. Parte 6-2: Normas genéricas. Inmunidad en entornos industriales.
- UNE-EN 61000-6-4. Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 6-4: Normas genéricas. Norma de emisión en entornos industriales.
- UNE-EN 60068-1. Ensayos ambientales. Parte 1: Generalidades y guía.
- UNE-EN 60068-2-6. Ensayos ambientales. Parte 2-6: Ensayos Fc: Vibración (Sinuoidal).
- UNE-EN 60068-2-27. Ensayos ambientales. Parte 2-27: Ensayos. Ensayo Ea y guía: Choque.
- UNE-EN 60297. Estructuras mecánicas para equipos electrónicos. Dimensiones de las estructuras mecánicas de la serie 482,6mm (19 pulgadas).
- UNE-EN 60654. Condiciones de funcionamiento de los equipos de medida y control de los procesos industriales.
- UNE-EN 61131-1. Autómatas programables. Parte 1: Información general.
- UNE-EN 61131-2. Autómatas programables. Parte 2: Requisitos y ensayos de los equipos.
- UNE-EN 61131-3. Autómatas programables. Parte 3: Lenguajes de programación.
- UNE-EN 61131-5. Autómatas programables. Parte 5: Comunicaciones.
- UNE-EN 61131-6. Autómatas programables. Parte 6: Seguridad Funcional.
- UNE-EN 61131-9. Autómatas programables. Parte 6: Interfaz digital de comunicación punto a punto para sensores y accionadores pequeños.

- UNE-EN 61850 Sistemas y redes de comunicación para la automatización de las redes de potencia de las compañías eléctricas.
- UNE-EN 61158. Redes de comunicaciones industriales. Especificación de Fieldbus (Todas las partes).
- UNE-EN 60793. Fibra Óptica.
- UNE-EN 60794. Cables de fibra óptica.
- UIT-T G.652 Características de un cable de fibra óptica monomodo
- UIT-T G.651 Características de los cables de fibra óptica multimodo de índice gradual 50/125  $\mu\text{m}$  para la red de acceso óptico.

### 3. CARACTERÍSTICAS GENERALES

---

El sistema de control, tanto de la planta hidroeléctrica como el de la subestación, estará basado en una arquitectura formada por un controlador (PLC) y un SCADA monopuesto. El controlador supervisará y controlará el proceso y el sistema SCADA será la interfaz para el operador.

El programa de control de la instalación se diseñará de modo que la central pueda funcionar sin presencia de personal, disponiendo también de la posibilidad de operar en modo manual. El programa se ajustará a las especificaciones técnicas, a definir durante la fase de construcción y de acuerdo con los equipos finalmente adquiridos. El controlador y sistema SCADA será de la marca SIEMENS, SCHNEIDER o similar.

El controlador (PLC) y sus tarjetas, entradas y salidas, tanto digitales como analógicas, será instalado en el interior del cuadro de control hidromecánico. El software SCADA estará instalado en un ordenador de sobremesa ubicado en el interior de la sala de control. En función de los requerimientos finales, el servidor SCADA podrá ubicarse dentro de alguno de los cuadros de control o comunicaciones en formato rack.

El controlador y SCADA serán programados a través de una única plataforma, siendo ambos del mismo fabricante. El idioma del software de programación como del sistema de supervisión (pantallas SCADA) será Español.

El controlador de la central hidroeléctrica será el encargado de ejecutar / controlar las siguientes funcionalidades como mínimo:

- Supervisión de todas las señales de campo de los turbogrupos, instalaciones auxiliares (SS.AA, cargador baterías, ventilación, drenaje, subestación, etc).
- Ejecutar la activación / desactivación, arranque /parada, apertura/cierre, etc, de equipos eléctricos y equipos electromecánicos de la central hidroeléctrica y subestación.
- Supervisar las operaciones ejecutadas en modo manual por parte del operador, bloqueando operaciones inseguras para la planta o para el propio personal.

- Supervisar y ejecutar las operaciones ejecutadas en modo automático, de acuerdo con la lógica de programación desarrollada. Se incluirá en la lógica de programación al menos las siguientes:
  - Maniobra de arranque, parada lenta, parada de emergencia de los turbogrupos.
  - Control estable y regulación de los turbogrupos durante el proceso de generación. Se incluirá en esta funcionalidad las lógicas necesarias para el turbinado del caudal ecológico (según época del año) y la gestión de los grupos para no exceder de la potencia máxima de conexión de la Central Hidroeléctrica de Irueña.
  - Maniobra de la válvula de descarga de la central hidroeléctrica, garantizando el caudal ecológico.
  - Control de las turbinas, funcionalidad de regulador de turbina para supervisar y llevar a cabo la regulación de velocidad y toma de carga en los diferentes estados de la máquina (en vacío o sincronizada). El Controlador dispondrá de la lógica propia del regulador de turbina, permitiendo modos de control por velocidad, apertura, potencia, nivel y caudal.
  - Control secuencial para activación/desactivación del regulador de tensión de cada máquina. El controlador encenderá o apagará el regulador de tensión, de acuerdo a la secuencia lógica de operación. El controlador proporcionará las consignas de operación requeridas en cada momento al regulador de tensión de cada máquina.
  - Control secuencial para activación/desactivación de la columna de sincronización para la sincronización de cada máquina. El controlador arrancará o parará el sincronizador según sea necesario. El controlador manejará el sistema de contactores necesarios que permitirá disponer de un único sincronizador para las dos máquinas.
  - Supervisión y control de interruptores y seccionadores motorizados en el nivel de 400 V, 6.000 V y 45.000 V. Esta funcionalidad incluye la gestión de la conmutación automática de transformador de servicios auxiliares y grupo diésel.
  - Control del sistema de drenaje de la planta hidroeléctrica, de acuerdo con los niveles en el pozo de achique.

El SCADA será desarrollado para servir como interfaz gráfica que permita al operador la visualización del estado del proceso de generación, así como la interacción con el mismo. El SCADA será respaldado por una pantalla táctil HMI con unos despliegues gráficos más sencillos pero que permitan controlar el proceso en caso de fallo del sistema SCADA.

El conjunto del sistema de supervisión, formado por SCADA y pantalla táctil HMI, permitirá ajustar todas las consignas necesarias para el proceso de generación sin tener que modificar el programa de control cargado en el PLC. Por ejemplo, se podrán ajustar los escalados de todas las señales analógicas conectadas al PLC, insertar consignas de regulación, establecer límites para generación de alarmas, etc.

El sistema de control se desarrollará partiendo de la base de que todos los lazos de control y generación de alarmas se realizarán en el PLC. No se generarán alarmas en el sistema SCADA directamente, el sistema SCADA representará los valores de las diferentes posiciones de memoria del controlador en forma de indicadores analógicos, señales de estado, eventos, alarmas, etc.

Los siguientes equipos, con capacidad para el intercambio de datos por comunicaciones, formarán parte de la red de control (red OT).

- Reguladores de tensión (generador 1, generador 2) a través de Modbus TCP.
- Analizadores de red en el nivel de 400 VCA, 125 VCC, 6.000 V, 45.000 V a través de Modbus TCP.
- Grupo diésel a través de Modbus TCP
- Cargador de baterías a través de Modbus TCP
- Protecciones eléctricas (relés digitales multifunción) a través de IEC 61850 preferiblemente o Modbus TCP en su defecto.

Todas las variables de los equipos anteriores se representarán en el sistema SCADA para visualización del estado por parte del operador. En general, el intercambio de señales por comunicaciones será destinado al sistema de supervisión, o sea se realizará entre los equipos anteriores y el sistema SCADA directamente. Serán señales complementarias al proceso pero nunca serán señales críticas para el control de los grupos y subestación. Las señales críticas serán siempre cableadas al controlador PLC. Por lo tanto, los equipos citados anteriormente además de las señales comunicadas, dispondrán de señales cableadas al PLC y que son críticas para el proceso.

La central hidroeléctrica podrá generar y derivar el caudal ecológico sin la necesidad de las señales comunicadas y sin el sistema SCADA, sólo funcionando a través del PLC y teniendo como interfaz de usuario la pantalla táctil HMI.

## 4. SISTEMA CONTROL DE GENERACIÓN

---

Los equipos utilizados para la automatización serán todos del mismo fabricante, permitiendo la total compatibilidad de la instalación. Esto reducirá el número de elementos intermedios o pasarelas, simplificando la automatización del sistema de control. La automatización propuesta deberá cumplir los siguientes requisitos.

- Configuración PLC (controlador) + HMI (pantalla táctil) en el cuadro de control hidromecánico.
- Sistema de supervisión SCADA monopuesto a través de ordenador de sobremesa o en su defecto servidor en rack de comunicaciones.
- Utilización de equipos contrastados y ampliamente utilizados en el sector hidroeléctrico.

- Soporte y asistencia técnica en España.
- Garantía en la disponibilidad de repuestos.
- Utilización de equipos de última tecnología (series más modernas) con el fin de garantizar el soporte y disponibilidad de equipos durante al menos 20 años.
- Flexibilidad en la ampliación del sistema de control.
- Soporte de múltiples estándares de comunicación, al menos Modbus TCP, IEC6150 y buses de campo tipo PROFINET o PROFIBUS DP

La Planta Hidroeléctrica dispondrá de un sistema de control basado en un autómata para la gestión y mando de:

- Turbinas
- Alternadores
- Válvulas mariposas
- Válvula de descarga
- Grupo refrigeración.
- Grupos regulación.
- Grupos lubricación.
- Sistema de excitación.
- Regulador de turbina
- Cabinas de media tensión 6.000 V
- Servicios auxiliares corriente alterna.
- Servicios auxiliares corriente continua.
- Grupo Electrónico.
- Sistema de bombas de achique
- Sistema de protecciones eléctricas de generación y subestación.
- Equipamiento subestación, transformador y módulo PASS 45 kV.
- Sistema de protección contra incendios e intrusismo.
- Etc.

#### **4.1. ARQUITECTURA DE CONTROL**

El sistema de control de la Planta Hidroeléctrica responderá a la siguiente pirámide de control, cuyos niveles se definen posteriormente.

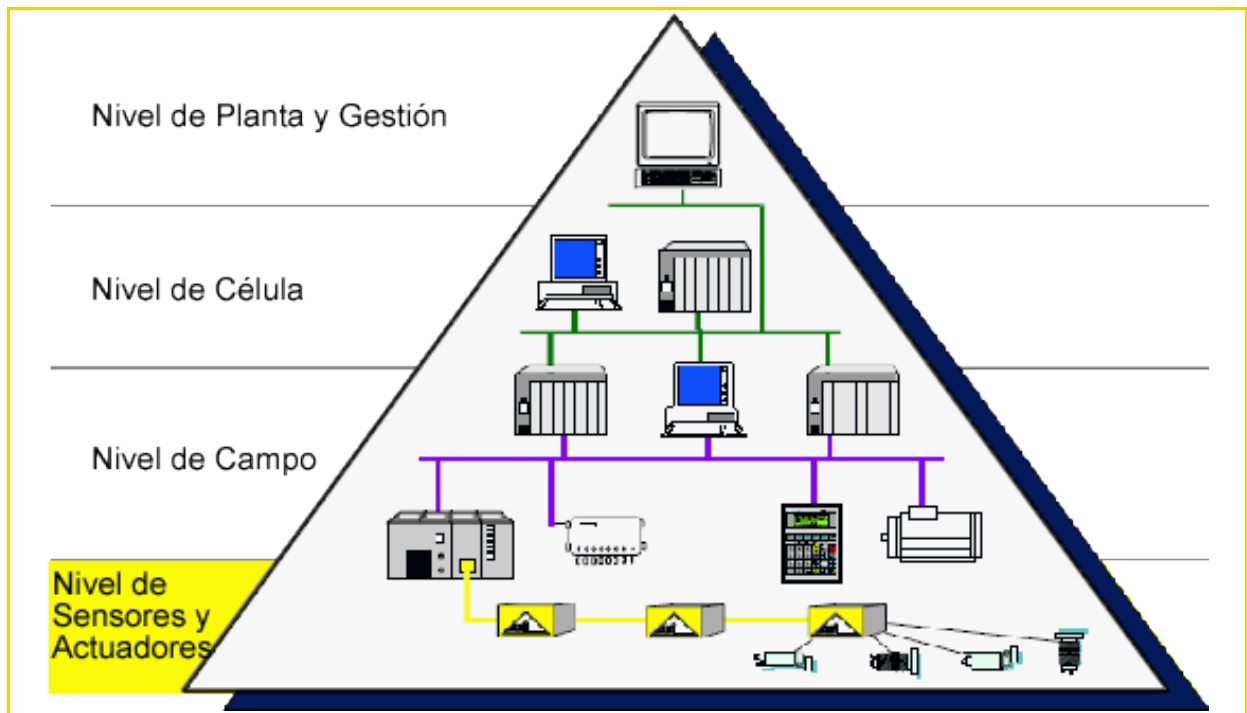


Imagen 1. Pirámide de control

**Nivel de sensores y actuadores:** Estará formada por todos los sensores de campo (sensores de nivel, temperatura, posición, velocidad, caudal, potencia, etc) y actuadores. Serán una parte vital del proceso de control, ya que, conforman la realimentación en lazo cerrado del sistema de control.

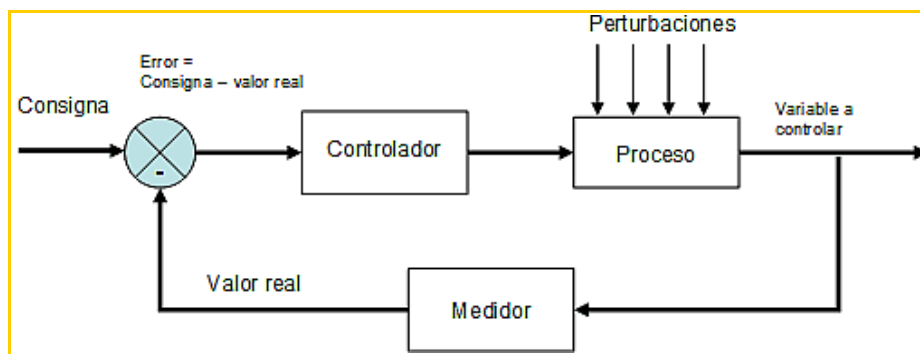


Imagen 2. Bucle de regulación

**Nivel de campo:** Estará formado por subcontroladores que aportan el control básico y de seguridad del equipamiento electromecánico. Estos subcontroladores se encargarán de controlar partes concretas del proceso, aligerando las funciones de los controladores de niveles superiores. Los subcontroladores del nivel de campo recibirán órdenes y consignas de los niveles superiores. Entre los controladores de nivel de campo se encuentra: regulador de



velocidad (en caso de ser finalmente un equipo independiente al controlador de la central hidroeléctrica), sincronizador, regulador de tensión, relés de protección, etc.

**Nivel de célula:** Este nivel estará formado por el controlador (PLC) de la central hidroeléctrica. Este equipo será capaz de gestionar y controlar los equipos instalados en la Planta Hidroeléctrica. El controlador del nivel de célula se comunicará con el nivel de planta y gestión a través de una red Ethernet.

**Nivel de planta y gestión:** Estará formado por el sistema SCADA, mediante el cual se podrá monitorizar y controlar todos los equipos que forman el aprovechamiento hidroeléctrico.

## 4.2. CUADRO DE CONTROL

Se proyecta la instalación de un cuadro de control hidromecánico, en cuyo interior se instalará el controlador de la planta y todas sus tarjetas de entradas, salidas y comunicaciones. Es cuadro eléctrico dispondrá en su frontal una pantalla táctil de 19'' con los despliegues básicos para controlar la instalación en ausencia del SCADA.

Como diseño base se proyecta un sistema centralizado, o sea todas las señales críticas se cablearán a las tarjetas de entradas y salidas del controlador de la Central Hidroeléctrica. No se contempla la instalación de módulos de entradas y salidas distribuidas en otro lugar que no sea el cuadro de Control Hidromecánico. Inicialmente, todos los módulos de E/S serán de la misma serie que la CPU, si bien en función del diseño final, no se descarta disponer de E/S de otra serie conectadas a la CPU a través de un bus de campo. En cualquier caso, todos los módulos estarán alojados en el interior del Cuadro de Control Hidromecánico.

El cuadro de control dispondrá como mínimo de los siguientes equipos de control:

- Fuente de alimentación.
- Módulo CPU
- Módulos de comunicaciones para conexión a la red OT (en caso de ser necesario)
- Módulos de entradas digitales.
- Módulos de salidas digitales.
- Módulos de entradas analógicas.
- Módulos de salidas analógicas.
- Relés de estado sólido en cada una de las salidas digitales.
- HMI.

La pantalla táctil (HMI) tendrá las siguientes características:

- Pantalla táctil de 19 pulgadas mínimo.
- Funcionalidad de gama alta con archivos, scripts, visor PDF/ Word, xcel, Internet Explorer, Media Player y servidor web

- Pantalla con iluminación variables
- Diseño industrial moderno
- Seguridad de los datos en caso de corte de corriente para el equipo a través de tarjeta de memoria.
- Transferencia de datos a través de cable Ethernet o USB
- Comunicación Ethernet con puerto integrado
- Cliente OPC UA y OPC DA
- Programación con la misma plataforma de desarrollo que los controladores, periféricas y SCADA.
- Tipo de display TFT
- Resolución 1366x768 pixeles
- Tensión de alimentación: 125Vcc o 24Vcc
- Reloj por hardware y sincronizable.

El Controlador y pantalla HMI se programarán con el mismo software, el cual también servirá para programar el sistema SCADA. El programa de control será abierto, o sea no existirán funcionalidades bloqueadas. En caso de existir librerías bloqueadas se dará a la Propiedad el usuario y contraseña de las mismas para su modificación, si fuera el caso. El programa de control estará totalmente comentado en Español, incluyendo comentarios que permitan la rápida interpretación del código por otro técnico diferente al programador del mismo. Se utilizarán nombres de variables simbólicos de cara a clarificar el código. Los simbólicos utilizados coincidirán con los planos eléctricos de la instalación.

La pantalla táctil tendrá todos los despliegues gráficos necesarios para poder controlar la planta hidroeléctrica en su totalidad. Se diferenciará del SCADA en el nivel de detalle gráfico, mientras el SCADA tendrá un nivel de detalle gráfico importante (reflejo de la realidad de la instalación), la representación gráfica de la pantalla será más austera.

Pantalla táctil y SCADA permitirán modificar todos los ajustes y consignas que pudieran ser necesarias sin tener que modificar el programa de control. En la fase de detalle se definirá las consignas o parámetros modificables por SCADA y HMI en función de la lógica de programación.

### **4.3. SISTEMA SCADA**

La Planta Hidroeléctrica dispondrá de un sistema SCADA monopuesto. El software estará instalado en un ordenador de sobremesa en la sala de control. El ordenador de sobremesa podrá ser sustituido por un servidor instalado en el rack de comunicaciones o cuadro de control hidromecánico.

El software del SCADA contará con las licencias de desarrollo, permitiendo realizar modificaciones en el sistema SCADA y licencia Runtime para al menos 512 Tags. La licencia

Runtime del SCADA quedará tras la puesta en marcha con al menos una reserva de un 10% de variables sin usar, en caso contrario la licencia permitirá mayor número de señales.

El sistema de supervisión SCADA incluirá los siguientes equipos:

- Ordenador sobremesa de última generación en el momento de la compra del equipo.
- Monitor 27"
- Periféricos tales como: teclado idioma español, ratón, teclado, altavoces, etc.
- SAI a instalar preferentemente en alguno de los cuadros de la central, en caso de no haber espacio se ubicará en la zona de la mesa de la sala de control. El SAI podrá ser sustituido por un inversor alimentado desde baterías de corriente continua.
- Licencias software: Windows 11 o superior compatible con software SCADA, Office (licencia permanente), licencia plataforma para desarrollo del programa del controlador, SCADA y pantalla táctil, licencia Runtime SCADA, licencia conexión remota (WEB) al sistema SCADA para al menos tres usuarios, licencia de software para programación de los reguladores de tensión, licencia para programación de los relés de protección digitales, etc.
- Impresora blanco/negro, color, tamaño de papel A3.

El sistema de monitorización estará diseñado para representar de forma gráfica la instalación real. El sistema de monitorización tendrá las siguientes pantallas:

### **Esquema General / Pantalla Principal**

Se considerará este esquema como la página principal de la interfaz, ya que presentará un sinóptico general de la instalación hidroeléctrica. Los principales valores que podrán ser monitoreados en esta área serán los siguientes:

- Estados de los interruptores
- Velocidad de la turbinas
- Posición de los distribuidores.
- Potencia Activa y Reactiva Generador
- Frecuencia Generador
- Tensiones
- Intensidades
- Estado de la planta

### **Turbina - Generador – Válvula de Guarda**

Habrà una pantalla por turbina-generador instalado. Se indicarán todos los datos referentes a sensores instalados para el control de la turbina y generador, así como consignas de funcionamiento.

- Velocidad
- Apertura distribuidor
- Caudal consumido
- Máxima y mínima apertura para el arranque
- Tiempo de arranques e intentos de acoplamiento
- Potencia activa y reactiva
- Tensiones
- Frecuencia
- Energía entregada
- Horas de funcionamiento
- Intensidades
- Temperaturas
- Niveles de temperatura de alarma y disparo
- Control de funcionamiento manual o automático.
- Control de arrancar o parar grupo
- Control de subir o bajar carga

#### **Sistema de Regulación**

Se representará el grupo de regulación de cada turbina en una pantalla diferente. Habrá un acceso a esta pantalla desde la pantalla de turbina-generador. El objetivo será la representación del circuito de regulación con las principales medidas y consignas.

- Temperaturas del aceite
- Presiones
- Consignas de alarmas de temperatura y disparo
- Consignas de alarmas de presiones y disparo
- Bombas activas y preferentes
- Control de funcionamiento manual o automático.
- Control de activar o parar bombas
- Horas de funcionamiento de cada uno de los equipos

#### **Sistema de refrigeración**

Se visualizarán los circuitos de refrigeración en una pantalla diferente. El objetivo al igual que la pantalla de regulación es la representación de los circuitos hidráulicos y la visualización de medidas y consignas.

- Temperaturas de aceite y agua
- Presiones
- Consignas de alarma de temperatura y disparo de agua y aceite
- Consignas de alarma de presión y disparo de agua y aceite

- Bombas activas y preferentes
- Control de funcionamiento manual o automático.
- Control de activar o parar bombas
- Horas de funcionamiento de cada uno de los equipos

### **Sistema de excitación**

Se visualizará el estado del sistema de excitación de cada generador en una pantalla diferente por generador. Se mostrarán los datos esenciales para la regulación de la excitación de cada generador (señales cableadas y comunicados desde regulador de tensión)

- Voltajes de campo
- Intensidades
- Estado del interruptor
- Permiso de excitación
- Control de funcionamiento manual o automático.
- Control de subir y bajar voltaje.

### **Regulador de velocidad**

Se visualizará el estado del regulador de velocidad de cada unidad. Se mostrarán todos los datos disponibles en el regulador de velocidad necesarios para la operación de las unidades.

- Voltaje
- Corriente
- Potencia turbina
- Posición distribuidor
- Niveles
- Presiones
- Estados de la turbina
- Controles para la selección de los diferentes modos de funcionamiento.

### **Protecciones Eléctricas**

Representación de los relés de protecciones instalados por unidad. Se visualizarán las principales medidas de los relés de protección así como el estado de alarmas. El sistema de control implementado debe permitir la conexión al relé de protección seleccionado. Esto implica que los relés de protección seleccionados deberán permitir la modificación de ajustes por medio de comunicación TCP/IP. El operador introducirá la contraseña y usuario requerido para la variación de ajustes de la protección.

Las protecciones se comunicarán con el sistema SCADA preferiblemente por IEC 61850, debiendo el SCADA disponer de este driver de comunicación.

### **Secuencias de arranque y paro**

Representación de las secuencias de funcionamiento de las unidades a través de una representación en Grafcet. Junto con la secuencia se representará el contador de tiempo de vigilancia de cada etapa.

### **Válvula de Descarga**

Visualización de los datos más importantes de la instalación de la válvula de descarga. Esta pantalla podrá integrarse en la pantalla de turbina-generador-válvula de guarda del grupo 1.

- Presiones.
- Grado de apertura.
- Estado del grupo hidráulico.
- Bombas activas y preferentes.
- Control de activar o parar bombas.

### **Sistema de media tensión 6.000 V.**

Se representará el unifilar de media tensión de la casa de máquinas y las principales medidas eléctricas.

- Estado de los interruptores automáticos y seccionadores.
- Tensiones.
- Intensidades.
- Potencias.
- Frecuencia.
- Estado de las protecciones de media tensión.
- Controles para la maniobra de los interruptores motorizados.

La pantalla del unifilar presentará accesos a subpantallas donde se representarán los analizadores de red instalados, disponiendo de forma detallada del valor en tiempo real de todas las variables medidas por el analizador.

### **Sistema de baja tensión 400 V**

Se representará el unifilar de servicios auxiliares de 400V y el estado de todas las protecciones eléctricas.

- Estado de las protecciones eléctricas (térmicos, diferenciales).
- Grupo electrógeno.
- Control para la maniobra de interruptores motorizados.
- Tensiones.
- Intensidades.

- Frecuencia.
- Potencias.

La pantalla del unifilar presentará accesos a subpantallas donde se representarán los analizadores de red instalados, disponiendo de forma detallada del valor en tiempo real de todas las variables medidas por el analizador. Adicionalmente, se dispondrá de una pantalla exclusiva para la presentación de todos los datos del grupo diésel, el cual dispondrá de comunicación ModbusTCP.

### **Sistema de corriente continua 125 VDC**

Se representará el unifilar de servicios de corriente continua y el estado de todas las protecciones eléctricas.

- Estado de térmicos principales.
- Estado y medidas eléctricas del equipo rectificador.
- Estado de baterías.

La pantalla del unifilar presentará accesos a subpantallas donde se representarán los analizadores de red instalados, disponiendo de forma detallada del valor en tiempo real de todas las variables medidas por el analizador. Adicionalmente, se dispondrá de una pantalla exclusiva para la presentación de todos los datos del rectificador instalado, los cuales dispondrán de comunicación ModbusTCP.

### **Subestación**

Se representará el unifilar de la subestación (45 kV) y el estado de todos sus equipos y protecciones. Se dispondrá de los faceplate necesarios para la operación desde SCADA de interruptores y seccionadores motorizados.

Los faceplate para la maniobra del aparellaje de la subestación incluirá los lógicos de enclavamientos, permitiendo ver en todo momento si se cumplen las condiciones para apertura o cierre del interruptor y seccionadores.

En la pantalla de la subestación se representará todas las señales del transformador de potencia y del módulo PASS.

### **Instalaciones auxiliares de la Central**

Por medio de esta pantalla el operador podrá monitorizar y controlar otras instalaciones de la planta hidroeléctrica como:

- Bombas de achique
- Contraincendios
- Intrusismo

- Ventilación
- Iluminación interior, exterior, etc.

### **Mantenimiento sistema de control**

Se representará de manera gráfica la automatización realizada. Se dispondrá de un sinóptico con imagen de los controladores instalados, así como la red implementada. Sobre el esquema del PLC se representarán los estados de las siguientes señales:

- Entradas analógicas (se indicará el valor digital recibido en cada entrada)
- Salidas analógicas (se indicará el valor digital ofrecido por cada salida)
- Entradas digitales (indicador de estado con color verde, señal activa, y gris no activa).
- Salidas digitales (indicador de estado con color verde, señal activa, y gris no activa).
- Diagnóstico de equipos. Se podrá consultar el diagnóstico ofrecido por los módulos del PLC.
- Diagnóstico de comunicaciones. Se podrá consultar el diagnóstico de las comunicaciones.

Esta pantalla será totalmente animada, ofreciendo al operador un estado en tiempo real de la automatización. Esta pantalla, por medio de accesos directos, permitirá ajustar el escalado de todas las entradas y salidas analógicas. Se podrán modificar valores de ajuste y límites de alarmas.

### **Gráficas**

El sistema SCADA dispondrá de una pantalla inicial de gráficas desde donde se accederá a todas las gráficas predeterminadas, adicionalmente el usuario tendrá la posibilidad de programar las gráficas que desee con las variables que le interesen para la supervisión.

Se dispondrá como mínimo de las siguientes gráficas predeterminadas:

- Salto, potencia, apertura distribuidor, caudal.
- Corrientes, tensiones, potencias
- Vibraciones, temperaturas

### **Informes.**

Se programarán una serie de informes preconfigurados y con generación automática periódica. Los informes programados serán acordados con la Propiedad, reflejando aquellos datos que requieran para la explotación de la central hidroeléctrica.



## Alarmas

En la pantalla de alarmas se reflejarán todas las alarmas activas en el sistema de control. Se diferenciarán por colores según el estado: activas, inactivas, acusada. Además de las alarmas, el sistema presentará todos los eventos ocurridos en el proceso de generación. La automatización propuesta (controladores) será capaz de realizar un registro de las alarmas y eventos cada 1ms con su respectiva estampa de tiempo, posteriormente se hará el volcado cronológico de eventos y alarmas, monitorizando ordenadamente todos los sucesos ocurridos.

Las alarmas serán fechadas por el PLC, de acuerdo a la sincronización de tiempo de la central hidroeléctrica, el SCADA no realizará el fechado de las alarmas.

Las alarmas serán podrán ser enviadas a los responsables de operación a través de mensaje WhatsApp, Telegram, email, sms. El medio será definido durante la fase de obra.

## 4.4. MODOS DE OPERACIÓN

En la Planta Hidroeléctrica existirán principalmente dos modos de control: manual o automático:

**Modo Manual.** Será el operador el que ejecute las órdenes por medio del sistema de supervisión de la planta o de los mandos disponibles en los armarios de control. Será el operador el que ejecute los diferentes pasos, apertura de la válvula principal, activación de grupos hidráulicos, apertura y cierre del distribuidor. En el momento en que la máquina está sincronizada será necesario pulsar el botón de cerrar para que se produzca el cierre del interruptor. A partir de ese momento el operador subirá o bajará carga mediante los mandos disponibles.

**Modo automático:** Será el PLC el que ejecute las órdenes en base a un modo de funcionamiento programado o según un programa de tiempos. Existirán diferentes modos de funcionamiento automático a disposición del operador:

- *Regulación por potencia:* la máquina abrirá o cerrará el distribuidor hasta conseguir la potencia consignada por el operador.
- *Regulación por distribuidor:* la máquina abrirá o cerrará el distribuidor hasta la consigna de porcentaje de apertura marcada por el operador.
- *Regulación por caudal:* la máquina abrirá o cerrará el distribuidor hasta que conseguir el caudal consignado por el operador.

Los dos modos de control descritos pueden ser ejecutados de tres maneras distintas: remotamente, localmente desde SCADA o localmente desde los paneles de mando. A continuación se describe cada uno de los lugares de control:

**Remoto:** Mediante un control habilitado en el SCADA, se establece que el poder para la ejecución de las órdenes recaiga en un despacho de control remoto, en caso de existir. Este será el encargado de la operación de la central ya sea en manual o en automático.

**Local Central:** Mediante el control habilitado en el SCADA, se establece que el poder para la ejecución de las órdenes recaiga en los puestos de operador ubicados en la sala de control de la Planta Hidroeléctrica. El operador mediante el SCADA podrá operar la central en modo manual o automático.

**Local Armario:** El control a través de los tableros eléctricos se seleccionará mediante un selector en el propio panel, prevaleciendo sobre el mando seleccionado en el SCADA. El operador podrá ejecutar los diferentes pasos de la secuencia de arranque y paro:

- Parada normal del generador, parada rápida del generador, parada eléctrica de emergencia, parada mecánica de emergencia. Control manual de la turbina, parada y arranque.
- Sincronización manual del generador.
- Control de potencia manual, control de apertura de válvulas.
- Control manual de tensión y de reactivos.
- Control de sincronización manual, interruptor de campo manual, límites de apertura de distribuidor, prefijado de potencia.
- Transferencia manual y automático del sistema de bombas de aceite en AC y en DC, transferencia manual y automática de las bombas de agua.

#### 4.5. REGULADOR DE TURBINA

Dado el tamaño de la Central Hidroeléctrica de Irueña las funciones del regulador de velocidad de las máquinas podrán ser realizadas por un control PID en lazo cerrado, implementado en el controlador de la central hidroeléctrica.

No se descarta que a propuesta del fabricante de la turbina o del adjudicatario de la obra se disponga de reguladores de velocidad específicos, actuado éstos como un subcontrolador. En este caso, el regulador de velocidad intercambiará señales con el controlador de la planta de forma cableada, señales críticas. Adicionalmente, se dispondrá de comunicación Modbus TCP con el sistema SCADA para la representación de todas las señales destinadas a Supervisión. La falta de comunicaciones (fallo red Modbus TCP) no podrá generar indisponibilidad de máquina.

#### 4.6. REGULADOR DE TENSIÓN

En el cuadro de control eléctrico, se dispondrá de un regulador de tensión para cada generador. Los reguladores de tensión serán de la marca BASLER, concretamente el DECS 250. El regulador de tensión intercambiará señales con el controlador de la planta de forma cableada, señales críticas. Adicionalmente se dispondrá de comunicación Modbus TCP con el

sistema SCADA para la representación de todas las señales destinadas a Supervisión. La falta de comunicaciones (fallo red Modbus TCP) no podrá generar indisponibilidad de máquina.

#### 4.7. MEDIDA DE PARAMETROS ELÉCTRICOS

La medida de parámetros eléctricos se realizará a través de analizadores de red. Se utilizará el mismo analizador en todos los puntos de medición requeridos, sea cual sea el nivel de tensión. Los analizadores de red se comunicarán con el sistema SCADA a través de ModbusTCP.

Los analizadores tendrán las siguientes características:

- Serán de tipo electrónico, multifunción para montaje frontal. Los parámetros se guardarán de forma estable incluso en ausencia de tensión.
- Todos los analizadores deberán tener una pantalla LCD a color montada en el armario que muestre todos los parámetros principales.
- La visualización de los analizadores de red se podrá realizar sin tener que abrir las puertas de los armarios eléctricos, siendo visible desde el exterior.
- Protección frontal IP65 como mínimo.
- La precisión de medida:
  - o Tensión:  $\pm 0,3$  %
  - o Corriente:  $\pm 0,2$  %
  - o Potencia:  $\pm 0,5$  %
  - o Frecuencia:  $\pm 0,05$  %
  - o Factor de potencia:  $\pm 0,5$  %
  - o Energía activa: categoría 0,5S (UNE-EN 62053-22)
  - o Energía reactiva: categoría 2 (UNE-EN 62053-22)
- Los analizadores suministrados permitirán la medida de las siguientes magnitudes como mínimo:
  - o Tensión fase - tierra.
  - o Tensión fase - fase.
  - o Corriente (por fase y trifásica).
  - o Frecuencia.
  - o Potencia activa.
  - o Potencia reactiva (inductiva y capacitiva).
  - o Potencia aparente.
  - o Factor de potencia ( $\cos \phi$ ).
  - o THD de tensión.
  - o THD de intensidad.
  - o Energía activa.
  - o Energía reactiva.
- Los analizadores de red incluirán como mínimo 1 (un) puerto RJ45 10/100 Mbits para el intercambio de datos a través de Modbus TCP.

Aquellas medidas eléctricas críticas para el control de la central hidroeléctrica y que deban ser cableadas, se realizarán a través de convertidores específicos con salida 4-20 mA. No se dependerá de las medidas comunicadas para el funcionamiento de la planta. Las medidas comunicadas (Modbus TCP) podrán servir como medida redundante, disponiendo de un control que permita al operador escoger la medida cableada, comunicada o la media de ambas.

## 5. RED DE COMUNICACIONES

---

En general se proyecta la utilización de cable de cobre Ethernet CAT 6 con una topología en estrella. Se distinguirá dos redes o niveles:

Red IT. Será la red desde el SCADA hacia el exterior. Se dará permiso para acceso remota al sistema SCADA pudiendo enlazar está red con la red corporativa de la Propiedad. En esta red podrán existir otros servicios como telefonía IP, cámaras de videovigilancia, telefonía IP, etc.

Red OT. Será la red que permite la conexión de un controlador principal y sus respectivos subcontroladores. Así como la conexión de estos subcontroladores con el sistema SCADA.

La implementación de las redes de comunicación se realizará a través del cuadro de comunicaciones que incluirá como mínimo los siguientes equipos:

- Firewall
- Switch capa 3 para la gestión de la red OT de la Central Hidroeléctrica.
- Switch capa 3 para la gestión de la red IT de la Central Hidroeléctrica.
- Sincronizador de tiempo GPS.
- Patchpanel 48 puertos RJ45 Cat 6
- Patchpanel 24 puertos fibra óptica monomodo (si se requiere).

## 6. ACCESO A INTERNET

---

El acceso a Internet del sistema de comunicaciones y en su defecto del sistema de control se realizará inicialmente a través de una conexión satélite. Durante la fase de ejecución del proyecto se comprobará otras posibles opciones de conexión a Internet (4G, fibra óptica, etc) que pudieran mejorar la conexión vía satélite.

El sistema de conexión a Internet por satélite dotará a la central hidroeléctrica de una conexión que permita navegar por internet con soltura, así como transmitir o recibir todos aquellos datos necesarios por el sistema de control y telemando, con tiempos de refresco aceptables, de acuerdo con el proceso productivo.

El sistema se compondrá de al menos los siguientes elementos:

- Antena parabólica instalada en la cubierta de la central hidroeléctrica.
- Router instalado en el interior del rack de comunicaciones de la central hidroeléctrica y conectada al firewall de la central hidroeléctrica.
- Cableado desde la antena hasta el router suministrado.

Los requerimientos de la conexión a Internet serán los siguientes como mínimo:

- Velocidad máxima de bajada: 20 Mbps
- Velocidad máxima de subida: 6 Mbps
- Dirección IP fija asignada al cliente.
- Capacidad para la gestión completa de los puertos de la conexión.

## ANEJO AE-06. INSTALACIONES AUXILIARES

---

## ÍNDICE

<b>1. OBJETO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. ALUMBRADO INTERIOR.....</b>	<b>2</b>
2.1. ALCANCE.....	2
2.2. NORMATIVA APLICABLE .....	2
2.3. MÉTODO DE CÁLCULO.....	2
2.4. CRITERIOS DE DISEÑO .....	3
2.5. SELECCIÓN DE LUMINARIAS.....	5
2.6. RESULTADOS.....	6
2.7. ANEXOS DE CÁLCULO .....	7
<b>3. ALUMBRADO DE EMERGENCIA.....</b>	<b>8</b>
3.1. ALCANCE.....	8
3.2. NORMATIVA APLICABLE .....	8
3.3. REQUISITOS DE DISEÑO.....	8
3.4. RESULTADOS.....	9
3.5. ANEXO DE CÁLCULO .....	10
<b>4. ABASTECIMIENTO DE AGUA .....</b>	<b>11</b>
4.1. ALCANCE.....	11
4.2. NORMATIVA APLICABLE .....	11
4.3. REQUERIMIENTOS DE SUMINISTRO.....	11
4.4. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO .....	12
<b>5. SANEAMIENTO.....</b>	<b>14</b>
5.1. EVACUACION DE AGUAS FECALES .....	14
5.2. EVACUACION DE PLUVIALES.....	16
<b>6. PROTECCION CONTRA INCENDIOS .....</b>	<b>21</b>
6.1. ALCANCE.....	21
6.2. NORMATIVA APLICABLE .....	21
6.3. METODOLOGIA DE CÁLCULO .....	22
6.4. DATOS DE PARTIDA.....	43

6.5. RESULTADOS OBTENIDOS .....	43
<b>7. VENTILACIÓN Y CLIMATIZACIÓN .....</b>	<b>56</b>
7.1. ALCANCE.....	56
7.2. NORMATIVA APLICABLE .....	56
7.3. METODOLOGÍA DE CÁLCULO .....	57
7.4. DATOS DE PARTIDA.....	59
7.5. RESULTADOS OBTENIDOS .....	59
7.6. SOLUCIÓN ADOPTADA.....	60
<b>8. PUESTA A TIERRA .....</b>	<b>61</b>
<b>9. DRENAJE.....</b>	<b>63</b>



## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Valores límite según UNE-EN 12464-1:2012.....	5
Tabla 2. Valores obtenidos de iluminación interior.....	7
Tabla 3. Niveles de iluminación de emergencia en las distintas salas. ....	9
Tabla 4. Caudales mínimos de suministro a aparatos. ....	11
Tabla 5. Diámetros de las derivaciones de tubería a los aparatos. ....	13
Tabla 6. Equivalencia de diámetros.....	13
Tabla 7. UDs y diámetro mínimo de derivación para distintos aparatos. ....	14
Tabla 8. Diámetro de los ramales colectores en función de la pendiente y de las UDs..	15
Tabla 9. Diámetro de los colectores en función de la pendiente y de las UDs. ....	15
Tabla 10. Dimensiones normalizadas de las arquetas.....	16
Tabla 11. Superficie máxima cubierta por cada bajante (valores CTE). ....	16
Tabla 12. Superficie máxima cubierta por cada bajante (valores fabricante).....	17
Tabla 13. Superficie máxima cubierta por bajantes (valores fabricante corregidos).....	17
Tabla 14. Capacidad de desagüe (l/s) de las bajantes.....	18
Tabla 15. Máxima superficie cubierta en proyección horizontal (m <sup>2</sup> ) (I=100 mm/h). ....	19
Tabla 16. Máxima superficie cubierta en proyección horizontal (m <sup>2</sup> ) (I=155 mm/h). ...	19
Tabla 17. Diámetro colector en función de la superficie y la pendiente (I=100 mm/h) .	20
Tabla 18. Diámetro colector en función de la superficie y la pendiente (I=155 mm/h) .	20
Tabla 19. Dimensiones de la arqueta en función del diámetro del colector.....	20
Tabla 20. RSCIEI, nivel de riesgo intrínseco. ....	26
Tabla 21. Valores de superficie máxima admisible según RSCIEI. ....	27
Tabla 22. Estabilidad al fuego de elementos estructurales portantes según RSCIEI.....	29
Tabla 23. Estabilidad al fuego de cubiertas ligeras y sus soportes según RSCIEI. ....	30
Tabla 24. Resistencia al fuego de medianerías o muros colindantes según RSCIEI. ....	30
Tabla 25. Distancias máximas de los recorridos de evacuación.....	34
Tabla 26. Eficacia de extintores para carga de fuego combustibles de clase A.....	38
Tabla 27. Eficacia de extintores para carga de fuego combustible de clase B. ....	38
Tabla 28. Condiciones hidráulicas BIES según RSCIEI. ....	39
Tabla 29. Cuadro de dimensiones de las distintas salas.....	43

Tabla 30. Calculo del nivel de riesgo intrínseco de las estancias. ....	44
Tabla 31. Tabla resumen sectores de casa de máquinas.....	45
Tabla 32. Materiales de revestimiento.....	45
Tabla 33. Materiales. Otros productos.....	46
Tabla 34. Elementos constructivos portantes. ....	47
Tabla 35. Elementos constructivos de cerramiento. ....	47
Tabla 36. Longitudes limitantes recorridos de evacuación. ....	48
Tabla 37. Tabla A1 UNE EN 23007-14. 2014.....	51
Tabla 38. Resultado del cálculo de detectores.....	52
Tabla 39. Dotaciones de detectores automáticos obtenidos.....	52
Tabla 40. Dotaciones de pulsadores manuales obtenidos.....	53
Tabla 41. Dotaciones de extintores manuales de incendio.....	55
Tabla 42. Condiciones climáticas interiores según RITE.....	59
Tabla 43. Caudales de ventilación obtenidos según RITE. ....	59

## LISTADO DE IMÁGENES

Imagen 1. Niveles de iluminación para actividades industriales y artesanales. ....	4
Imagen 2. Niveles de iluminación para áreas generales dentro de edificios. ....	5
Imagen 3. Configuración de establecimiento industrial de tipo A. ....	23
Imagen 4. Configuración de establecimiento industrial de tipo B. ....	24
Imagen 5. Configuración de establecimiento industrial tipo C. ....	24
Imagen 6. Configuración de establecimiento industrial tipos D y E. ....	24
Imagen 7. Distribución normal de los detectores según la norma UNE EN 23007-14. ..	50
Imagen 8. Intensidades máximas de defecto a tierra – Iberdrola. ....	62

## 1. OBJETO

---

El objeto del presente documento es la completa definición de las instalaciones auxiliares asociadas a la Central Hidroeléctrica de Irueña (Salamanca).

Se describen las obras a ejecutar y equipos a instalar para el correcto funcionamiento de las instalaciones auxiliares. Concretamente, son objeto de este documento las siguientes instalaciones auxiliares:

- Instalación de alumbrado interior.
- Instalación de alumbrado de emergencia.
- Instalación de abastecimiento de agua.
- Instalación de saneamiento de aguas residuales y pluviales.
- Instalación de protección contra incendios (PCI).
- Instalación de ventilación.
- Instalación de puesta a tierra
- Instalación de drenaje.

Las instalaciones descritas en este documento son referenciales, debiéndose adaptar las mismas a la geometría de la central hidroeléctrica definida durante la ingeniería de detalle.

## 2. ALUMBRADO INTERIOR

---

### 2.1. ALCANCE

El alcance del presente epígrafe es el diseño, dimensionamiento y cálculo de las instalaciones de alumbrado interior de la Central Hidroeléctrica Irueña.

### 2.2. NORMATIVA APLICABLE

La normativa de referencia cumplirá la última edición de las siguientes normas:

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Iluminación interior: UNE-EN 12464-1, relativa a “Iluminación de los lugares de trabajo interiores”.

### 2.3. MÉTODO DE CÁLCULO

El cálculo ha sido realizado mediante el software DIALUX en su versión 4.13, software específico para cálculos de iluminación, tanto en exterior como interior.

Para realizar el cálculo se han considerado, en caso necesario, aquellos elementos voluminosos que puedan afectar a la forma en la que se ilumina el entorno.

La determinación del estado lumínico de cualquier elemento y su idoneidad cuando éste es definido mediante luz artificial, es muy complejo si no se emplean las herramientas adecuadas. La manera idónea de acertar en los resultados reales se basa en el empleo de modelos matemáticos.

Estos modelos se adecuan a la complejidad que conlleva la representación física de la iluminación debido a la cantidad de variables que tiene en consideración. Cuanto más detallados y complejos sean los cálculos, más precisos serán los resultados.

Sin embargo, para muchas aplicaciones es bastante indeseable el empleo de dichos modelos matemáticos, ya que la complejidad de los mismos retrasa el avance de los trabajos.

Por ello se emplea el programa informático DIALUX. Este programa ofrece unos valores muy precisos del comportamiento lumínico real sin la necesidad de realizar complejos modelos matemáticos.

Este programa, tras la descripción del entorno, las luminarias a instalar, su disposición y montaje, ofrece valores muy representativos sobre los niveles lumínicos de cada una de las superficies de estudio.

## 2.4. CRITERIOS DE DISEÑO

### 2.4.1. ILUMINACION INTERIOR DEL EDIFICIO

Para determinar la potencia eléctrica necesaria a instalar para el alumbrado interior, se deberá tener en consideración el nivel de iluminación requerido, el tipo de fuente luminosa que se empleará y el área del recinto a iluminar. La distribución del alumbrado, y su correcto diseño, será realizado en las condiciones de diseño más desfavorables en la que no exista ningún tipo de aportación natural, es decir, en las horas nocturnas del día.

Los CUATRO FACTORES que condicionan el correcto diseño de la iluminación interior, y que son detallados en puntos posteriores, son:

- Iluminancia en el área de trabajo  $E_m$ .
- Deslumbramiento molesto  $UGR_L$ .
- Rendimiento de colores  $R_a$ .
- Uniformidad de luminancia en el área de trabajo  $U_o$ .

#### 2.4.1.1. ILUMINANCIA RECOMENDADA EN EL ÁREA DE LA TAREA ( $E_M$ )

Los valores dados en la Imagen 1 son iluminancias mantenidas en el área de tarea sobre la superficie de referencia que puede ser horizontal, vertical o inclinada. Las iluminancias medias para cada tarea (local) no deben caer por debajo de los valores indicados, independientemente de la edad y el estado de la instalación.

Los valores son válidos para condiciones visuales normales y tienen en cuenta los siguientes factores: aspectos psico-fisiológicos tales como el confort visual y el bienestar, requisitos de tareas visuales, ergonomía visual, experiencia práctica, seguridad y economía.

A efectos prácticos, para asegurar la iluminación mínima recomendada dentro de los locales, se ha considerado en la mayoría de los casos que el área de la tarea es la misma que la del plano útil.

#### 2.4.1.2. DESLUMBRAMIENTO MOLESTO ( $UGR_L$ )

El índice de deslumbramiento molesto procedente directamente de las luminarias de una instalación de iluminación debe ser determinado utilizando el método de tabulación del Índice de Deslumbramiento Unificado de la CIE ( $UGR$ , Unified Glare Rating). El valor de  $UGR$  de la instalación de iluminación no debe exceder del valor indicado en la Imagen 1.

### 2.4.1.3. RENDIMIENTO DE COLORES ( $R_A$ )

Es importante para mantener la sensación de confort y de seguridad en el trabajo, que los colores del entorno sean reproducidos de forma natural. Para proporcionar una indicación objetiva de las propiedades de rendimiento de colores de una fuente luminosa, se ha introducido el índice de rendimiento de colores general  $R_A$ . El valor máximo de  $R_A$  es 100. El valor mínimo del índice de rendimiento de colores para los distintos tipos de interiores (área), tareas o actividades se muestra en las tablas posteriores.

### 2.4.1.4. UNIFORMIDAD DE ILUMINACIÓN MÍNIMA EN EL ÁREA DE TRABAJO ( $U_0$ )

Para considerar el correcto diseño se controlará el factor de uniformidad, cuyo valor medio en el plano iluminado se define como el cociente entre la iluminancia mínima y la iluminancia media dentro del área de trabajo.  $E_{min}/E_m$ .

Es recomendable que su valor no sea inferior a 0,5 o 0,7; sin embargo, los valores concretos para cada tarea lo indica la UNE EN 12464. Esos valores hacen referencia al área de la tarea. Si el tipo de tarea no se conoce, se realizará suposiciones sobre la posición y requisitos más probables.

### 2.4.1.5. VALORES LÍMITE

La siguiente imagen establece los valores límite a considerar para cada uno de los factores previamente indicados. Se toma como referencia la tabla 5.20 de la norma UNE-EN 12464-1, en su última edición.

**Tabla 5.20 – Actividades industriales y artesanales – Centrales de energía eléctrica**

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	$E_m$ lx	$UGR_L$	$U_0$	$R_A$	Requisitos específicos
5.20.1	Planta de suministro de combustible	50	-	0,40	20	Se deben reconocer los colores de seguridad
5.20.2	Sala de caldera	100	28	0,40	40	
5.20.3	Salas de máquinas	200	25	0,40	80	
5.20.4	Salas laterales, por ejemplo salas de bombas, salas de condensadores, etc.; cuadros de interruptores (dentro de edificios)	200	25	0,40	60	
5.20.5	Salas de control	500	16	0,70	80	1. Los paneles de control están a menudo en vertical 2. Puede requerirse atenuación 3. Para trabajo en EPV, véase el apartado 4.9

Imagen 1. Niveles de iluminación para actividades industriales y artesanales.

Tabla 5.2 – Áreas generales dentro de edificios – Salas de descanso, sanitarias y de primeros auxilios

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	$E_m$ lx	$UGR_L$	$U_0$	$R_a$	Requisitos específicos
5.2.1	Cantinas, despensas	200	22	0,40	80	
5.2.2	Salas de descanso	100	22	0,40	80	
5.2.3	Salas para ejercicio físico	300	22	0,40	80	
5.2.4	Vestuarios, salas de lavado, cuartos de baño, servicios	200	25	0,40	80	En cada baño individual si está completamente cerrado
5.2.5	Enfermería	500	19	0,60	80	
5.2.6	Salas para atención médica	500	16	0,60	90	$4\ 000\ K \leq T_{CP} \leq 5\ 000\ K$

Imagen 2. Niveles de iluminación para áreas generales dentro de edificios.

En la siguiente tabla, y de acuerdo con las salas específicas de la central hidroeléctrica, se establecen las características mínimas a cumplir en el diseño del alumbrado interior.

Sala	$E_m$ (lux)	$UGR_L$	$R_a$	$U_0$
Sala Grupo Diésel	200	25	80	0,4
Sala Transformador	200	25	80	0,4
Aseo (vestuario)	200	25	80	0,4
Sala de control	500	16	80	0,7
Entrada	200	25	80	0,4
Zona de celdas MT	200	25	80	0,4
Sala G1	200	25	80	0,4
Sala G2	200	25	80	0,4

Tabla 1. Valores límite según UNE-EN 12464-1:2012.

## 2.5. SELECCIÓN DE LUMINARIAS

Para la iluminación, tal y como puede observarse en los planos adjuntos con el presente proyecto, se instalarán las siguientes luminarias:

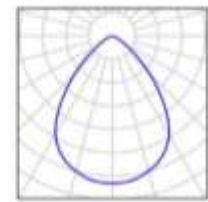
- Cuatro (4) luminarias LED empotradas sobre falso techo (3 metros) de potencia característica de 44 W, situadas en aseos y sala de control.
- Dos (2) luminarias LED empotradas sobre falso techo (3 metros) de potencia característica 30,5 W, situadas en sala de grupo electrógeno y sala de transformador de servicio auxiliares.
- Quince (15) proyectores LED instalados sobre pared de potencia característica 50 W, situadas en la entrada/sala de celdas, sala de grupo turbina-generador 1 y sala de grupo turbina-generador 2.

Debido a la variedad de luminarias ofrecidas por DIALUX, es necesario extraer aquellas, que por sus características técnicas, son más similares a las indicadas en las especificaciones técnicas. Las lámparas empleadas son:



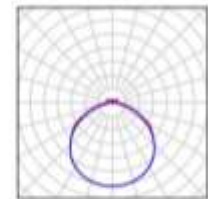
- **Aseo y sala de control**

4 Pieza PHILIPS DN570B 1 xLED60S/840 C  
Nº de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 6200 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 6200 lm  
Potencia de las luminarias: 44.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 76 97 100 100 100  
Lámpara: 1 x LED60S/840 (Factor de corrección 1.000).



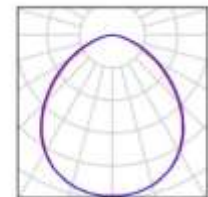
- **Sala GE y sala transformador SS.AA.**

2 Pieza PHILIPS WT470C L1300 1 xLED42S/840 O  
Nº de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 4100 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 4100 lm  
Potencia de las luminarias: 30.5 W  
Clasificación luminarias según CIE: 94  
Código CIE Flux: 45 77 94 94 100  
Lámpara: 1 x LED42S/840 (Factor de corrección 1.000).



- **Entrada/sala de celdas, sala G1 y sala G2**

15 Pieza LEDVANCE 4058075421264 FLOODLIGHT 50 W 4000 K SYM 100 BK  
Nº de artículo: 4058075421264  
Flujo luminoso (Luminaria): 6000 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 6000 lm  
Potencia de las luminarias: 50.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 55 86 98 100 100  
Lámpara: 1 x FL PFM 50 W 4000 K SYM 100 BK (Factor de corrección 1.000).



## 2.6. RESULTADOS

Dependiendo de la tarea a realizar en cada una de las dependencias se tuvieron en cuenta los valores de la iluminancia mantenida ( $E_m$ ) en la superficie de referencia para la tarea o actividad y los valores de uniformidad mínima ( $U_0$ ), todo ello marcado por la normativa anteriormente mencionada.

En la siguiente tabla se exponen los valores de iluminancia mantenida ( $E_m$ ) y uniformidad ( $U_0$ ) marcadas por la norma, comparándolas con el valor obtenido:

Sala	$E_m$ norma (lux)	$E_m$ obtenido (lux)	$U_0$ norma	$U_0$ obtenido
Sala GE	200	218	0,40	0,63
Sala T SS.AA.	200	237	0,40	0,66
Aseo	200	696	0,40	0,63
Sala de control	500	716	0,70	0,70
Entrada				
Zona de celdas	200	205	0,40	0,44
Zona de acceso	200	201	0,40	0,40
Sala G1	200	230	0,40	0,49

Sala	$E_m$ norma (lux)	$E_m$ obtenido (lux)	$U_0$ norma	$U_0$ obtenido
Sala G2	200	203	0,40	0,43

Tabla 2. Valores obtenidos de iluminación interior.

## 2.7. ANEXOS DE CÁLCULO

A continuación se adjuntas los informes justificativos extraídos del programa de cálculo.

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Índice

<b>Proyecto 1</b>	
Portada del proyecto	1
Índice	2
Lista de luminarias	4
<b>LEDVANCE 4058075421264 FLOODLIGHT 50 W 4000 K SYM 100 BK</b>	
Hoja de datos de luminarias	5
<b>PHILIPS DN570B 1 xLED60S/840 C</b>	
Hoja de datos de luminarias	6
<b>PHILIPS WT470C L1300 1 xLED42S/840 O</b>	
Hoja de datos de luminarias	7
<b>Sala GE</b>	
Resumen	8
Lista de luminarias	9
Luminarias (ubicación)	10
Resultados luminotécnicos	11
<b>Superficies del local</b>	
<b>Plano útil</b>	
Isolíneas (E)	12
<b>Sala trafo SS.AA.</b>	
Lista de luminarias	13
Luminarias (ubicación)	14
Resultados luminotécnicos	15
<b>Superficies del local</b>	
<b>Plano útil</b>	
Isolíneas (E)	16
<b>Aseo</b>	
Lista de luminarias	17
Luminarias (ubicación)	18
Resultados luminotécnicos	19
<b>Superficies del local</b>	
<b>Plano útil</b>	
Isolíneas (E)	20
<b>Sala de control</b>	
Lista de luminarias	21
Luminarias (ubicación)	22
Resultados luminotécnicos	23
<b>Superficies del local</b>	
<b>Superficie de cálculo 1</b>	
Isolíneas (E, perpendicular)	24
<b>Entrada</b>	
Lista de luminarias	25
Luminarias (ubicación)	26
Resultados luminotécnicos	27
<b>Superficies del local</b>	
<b>Zona celdas</b>	
Isolíneas (E, perpendicular)	28
<b>Zona de paso</b>	
Isolíneas (E, perpendicular)	29
<b>Sala Grupo 1</b>	
Lista de luminarias	30
Luminarias (ubicación)	31
Resultados luminotécnicos	32
<b>Superficies del local</b>	
<b>Plano útil</b>	



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Índice

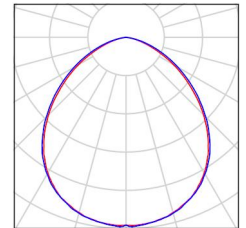
Isolíneas (E)	33
<b>Sala Grupo 2</b>	
Lista de luminarias	34
Luminarias (ubicación)	35
Resultados luminotécnicos	36
<b>Superficies del local</b>	
<b>Plano útil</b>	
Isolíneas (E)	37



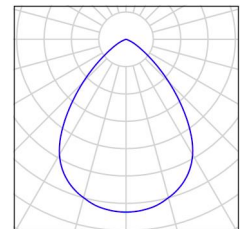
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Proyecto 1 / Lista de luminarias

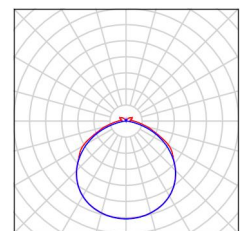
15 Pieza LEDVANCE 4058075421264 FLOODLIGHT 50 W 4000 K SYM 100 BK  
N° de artículo: 4058075421264  
Flujo luminoso (Luminaria): 6000 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 6000 lm  
Potencia de las luminarias: 50.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 55 86 98 100 100  
Lámpara: 1 x FL PFM 50 W 4000 K SYM 100 BK  
(Factor de corrección 1.000).



4 Pieza PHILIPS DN570B 1 xLED60S/840 C  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 6200 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 6200 lm  
Potencia de las luminarias: 44.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 76 97 100 100 100  
Lámpara: 1 x LED60S/840 (Factor de corrección 1.000).



2 Pieza PHILIPS WT470C L1300 1 xLED42S/840 O  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 4100 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 4100 lm  
Potencia de las luminarias: 30.5 W  
Clasificación luminarias según CIE: 94  
Código CIE Flux: 45 77 94 94 100  
Lámpara: 1 x LED42S/840 (Factor de corrección 1.000).

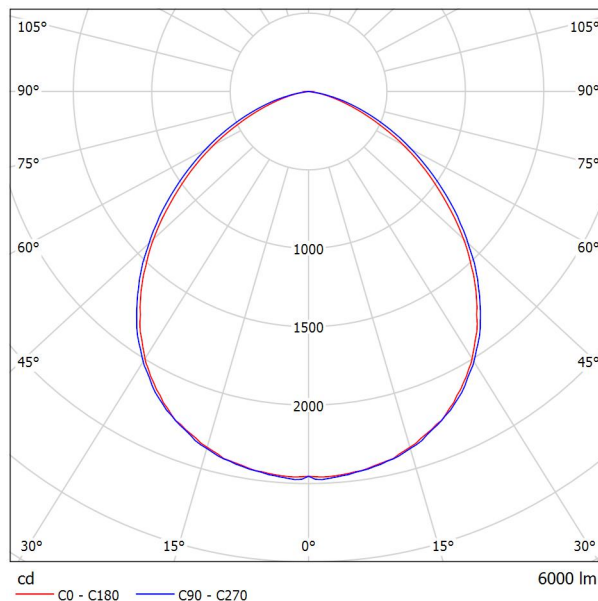




Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## LEDVANCE 4058075421264 FLOODLIGHT 50 W 4000 K SYM 100 BK / Hoja de datos de luminarias

### Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 55 86 98 100 100

Proyector versátil con una salida de luz de hasta 6000 lm. Características del producto: Distribución de luz simétrica basada en reflector con ángulo de apertura de 100° x 100°. Driver con amplia tensión de entrada, adecuado para 100 - 277 V<sub>AC</sub>. Protección contra sobretensiones: hasta 4 kV (L / N-PE), 2 kV (L-N). Soporte de montaje con ángulo de 30° y área de rotación amplia. Membrana de respiración para optimizar el intercambio de aire, sin comprometer la protección IP. Cable preinstalado, flexible de 1 m (H05RN-F), con 3 x 1.0 mm<sup>2</sup> de cables individuales. Beneficios del producto: Luminoso, robusto y duradero. Iluminación segura y muy uniforme, gracias al difusor de cristal esmerilado y templado. Sin salida de luz superior (ULOR 0%) cuando se monta a 0° de inclinación. Ahorro energético de hasta 90% en comparación con los proyectores halógenos. 5 años de garantía. Áreas de aplicación: Sustituto para proyectores con lámparas halógenas. Uso exterior (IP65). Áreas públicas. Construcción de fachadas. Áreas de construcción. Jardines, balcones y otros espacios exteriores.

### Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local	X	Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara			Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	34.0	35.2	34.3	35.4	35.7	34.1	35.3	34.4	35.6	35.8
	3H	34.8	35.9	35.1	36.2	36.4	35.0	36.1	35.3	36.4	36.6
	4H	35.0	36.0	35.4	36.3	36.6	35.3	36.3	35.6	36.6	36.9
	6H	35.1	36.0	35.4	36.3	36.6	35.4	36.3	35.7	36.6	36.9
	8H	35.0	35.9	35.4	36.3	36.6	35.3	36.3	35.7	36.6	36.9
4H	2H	34.5	35.6	34.9	35.8	36.1	34.6	35.6	35.0	35.9	36.2
	3H	35.6	36.4	35.9	36.8	37.1	35.7	36.5	36.0	36.8	37.2
	4H	35.9	36.6	36.3	37.0	37.3	36.0	36.7	36.4	37.1	37.5
	6H	36.0	36.6	36.4	37.0	37.4	36.1	36.8	36.5	37.2	37.6
	8H	36.0	36.6	36.4	37.0	37.4	36.1	36.7	36.6	37.1	37.5
8H	2H	35.9	36.5	36.4	36.9	37.3	36.1	36.6	36.5	37.0	37.5
	4H	36.0	36.6	36.4	37.0	37.4	36.1	36.7	36.5	37.1	37.5
	6H	36.2	36.7	36.6	37.1	37.5	36.3	36.8	36.8	37.2	37.7
	8H	36.2	36.6	36.6	37.0	37.5	36.3	36.7	36.8	37.2	37.6
	12H	36.1	36.5	36.6	37.0	37.5	36.3	36.6	36.8	37.1	37.6
12H	4H	36.0	36.5	36.4	36.9	37.4	36.1	36.6	36.5	37.0	37.5
	6H	36.2	36.6	36.6	37.0	37.5	36.3	36.7	36.8	37.2	37.6
	8H	36.2	36.5	36.6	37.0	37.5	36.3	36.7	36.8	37.1	37.6
Variación de la posición del espectador: para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H	+0.2 / -0.3			+0.2 / -0.3							
S = 1.5H	+0.5 / -1.0			+0.5 / -0.8							
S = 2.0H	+1.0 / -1.9			+1.0 / -1.5							
Tabla estándar	BK03					BK03					
Sumando de corrección	18.5					18.6					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 6000lm Flujo luminoso total											

### Existencias:

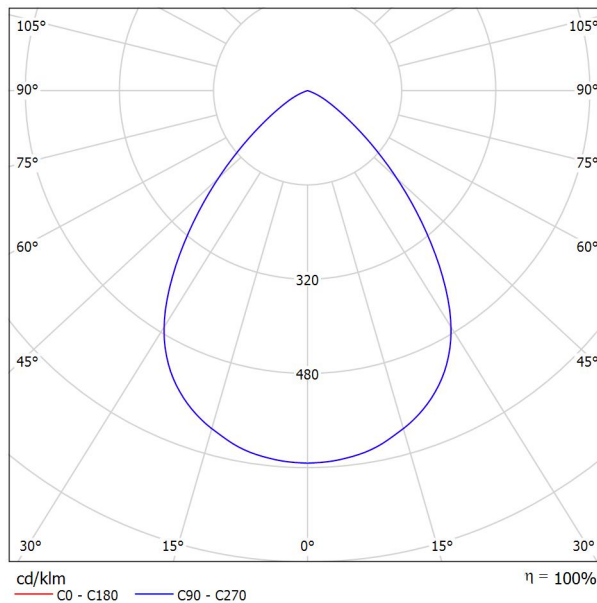
• 2 x



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

### PHILIPS DN570B 1 xLED60S/840 C / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 76 97 100 100 100

LuxSpace, versión empotrada: alta eficiencia, comodidad visual y elegante diseño. Para los clientes los ahorros energéticos son una prioridad. LuxSpace proporciona la combinación perfecta de eficiencia, comodidad y diseño sin renunciar al rendimiento lumínico (uniformidad y buen índice de reproducción cromática). Ofrece una amplia gama de opciones para crear el ambiente deseado, sea cual sea la aplicación.

Emisión de luz 1:

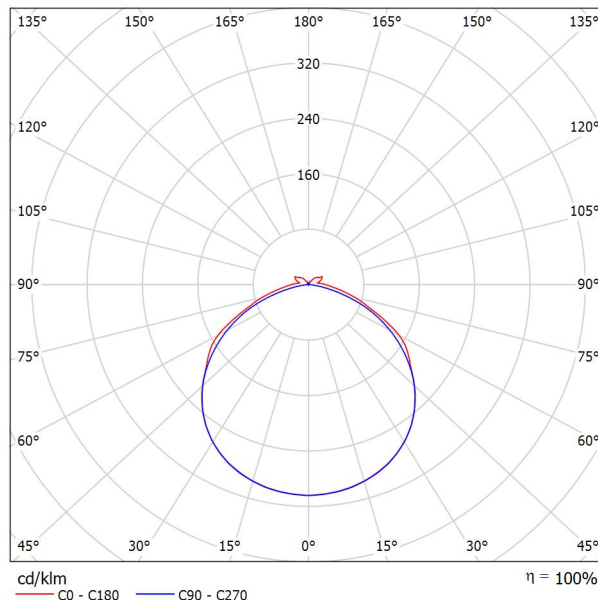
Valoración de deslumbramiento según UGR												
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30		
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30		
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
Tamaño del local	X	Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
2H	2H	2H	24.5	25.4	24.8	25.6	25.9	24.5	25.4	24.8	25.6	25.9
	3H	24.5	25.3	24.8	25.5	25.8	24.5	25.3	24.8	25.5	25.8	
	4H	24.4	25.2	24.7	25.4	25.7	24.4	25.2	24.7	25.4	25.7	
	6H	24.3	25.0	24.7	25.3	25.6	24.3	25.0	24.7	25.3	25.6	
	8H	24.3	25.0	24.6	25.3	25.6	24.3	25.0	24.6	25.3	25.6	
12H	24.2	24.9	24.6	25.2	25.5	24.2	24.9	24.6	25.2	25.5		
4H	2H	24.5	25.2	24.8	25.5	25.8	24.5	25.2	24.8	25.5	25.8	
	3H	24.4	25.1	24.8	25.4	25.7	24.4	25.1	24.8	25.4	25.7	
	4H	24.4	24.9	24.8	25.3	25.6	24.4	24.9	24.8	25.3	25.6	
	6H	24.3	24.8	24.7	25.1	25.5	24.3	24.8	24.7	25.1	25.5	
	8H	24.3	24.7	24.7	25.1	25.5	24.3	24.7	24.7	25.1	25.5	
12H	24.2	24.6	24.7	25.0	25.4	24.2	24.6	24.7	25.0	25.4		
8H	4H	24.3	24.7	24.7	25.1	25.5	24.3	24.7	24.7	25.1	25.5	
	6H	24.2	24.5	24.6	24.9	25.4	24.2	24.5	24.6	24.9	25.4	
	8H	24.1	24.4	24.6	24.9	25.3	24.1	24.4	24.6	24.9	25.3	
	12H	24.1	24.3	24.6	24.8	25.3	24.1	24.3	24.6	24.8	25.3	
12H	4H	24.2	24.6	24.7	25.0	25.4	24.2	24.6	24.7	25.0	25.4	
	6H	24.1	24.4	24.6	24.9	25.3	24.1	24.4	24.6	24.9	25.3	
	8H	24.1	24.3	24.6	24.8	25.3	24.1	24.3	24.6	24.8	25.3	
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias												
S = 1,0H	+1,2 / -2,8					+1,2 / -2,8						
S = 1,5H	+2,7 / -5,7					+2,7 / -5,7						
S = 2,0H	+4,6 / -9,8					+4,6 / -9,8						
Tabla estándar	BK00					BK00						
Sumando de corrección	6.0					6.0						
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 6200lm Flujo luminoso total												



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**PHILIPS WT470C L1300 1 xLED42S/840 O / Hoja de datos de luminarias**

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 94  
Código CIE Flux: 45 77 94 94 100

Excelente calidad de la luz con alta eficiencia PacificLED gen4 es una luminaria LED estanca, fiable y de alta eficiencia que ofrece una excelente calidad de luz con una distribución de luz uniforme sin franjas ni artefactos de color visibles. La gama proporciona una construcción modular que permite una actualización y mantenimiento sencillos. El nuevo sistema óptico brinda iluminación sin distorsiones con una orientación visual mejorada, lo que la hace especialmente idónea para la industria en general, los almacenes y los aparcamientos. La gama también ofrece la opción de diversas ópticas para garantizar un sistema de iluminación optimizado para una amplia variedad de aplicaciones. Para aplicaciones industriales, PacificLED gen4 dispone de una arquitectura de producto abierta con acceso a la bandeja portaequipos sin necesidad de herramientas y un innovador diseño con conector integrado para una instalación rápida y sencilla. El anclaje de montaje a techo de una sola pieza garantiza que no haya pequeños componentes sueltos, lo que podría afectar al proceso de producción.

Emisión de luz 1:

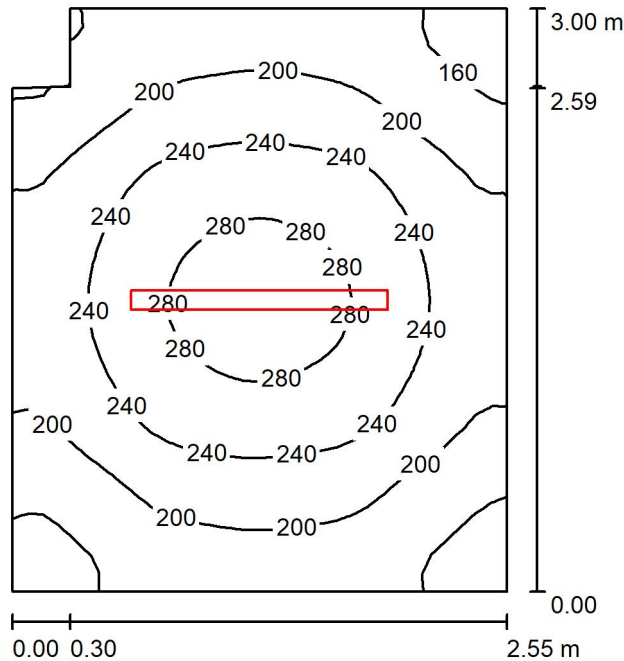
Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	18.8	20.0	19.2	20.4	20.8	19.5	20.7	19.9	21.1	21.5
	3H	20.0	21.1	20.4	21.5	21.9	20.8	21.9	21.2	22.3	22.7
	4H	20.4	21.5	20.8	21.9	22.3	21.1	22.2	21.6	22.6	23.0
	6H	20.7	21.7	21.2	22.1	22.6	21.3	22.3	21.7	22.7	23.2
	8H	20.8	21.8	21.3	22.2	22.7	21.3	22.3	21.8	22.7	23.1
4H	12H	20.9	21.9	21.4	22.3	22.8	21.3	22.2	21.7	22.6	23.1
	2H	19.4	20.5	19.8	20.9	21.3	19.9	21.0	20.4	21.4	21.8
	3H	20.7	21.6	21.2	22.1	22.6	21.4	22.3	21.9	22.7	23.2
	4H	21.3	22.1	21.8	22.6	23.1	21.9	22.7	22.4	23.2	23.7
	6H	21.8	22.5	22.3	23.0	23.5	22.1	22.8	22.6	23.3	23.9
8H	12H	21.9	22.6	22.5	23.1	23.7	22.1	22.8	22.7	23.3	23.9
	2H	22.1	22.7	22.6	23.2	23.8	22.1	22.7	22.7	23.3	23.8
	4H	21.5	22.2	22.1	22.7	23.3	22.0	22.7	22.6	23.2	23.8
	6H	22.2	22.7	22.7	23.2	23.8	22.4	22.9	23.0	23.5	24.1
	8H	22.4	22.9	23.0	23.5	24.1	22.5	23.0	23.1	23.5	24.1
12H	2H	22.7	23.1	23.3	23.7	24.3	22.5	22.9	23.1	23.5	24.1
	4H	21.5	22.1	22.1	22.7	23.2	22.1	22.6	22.6	23.2	23.7
	6H	22.2	22.7	22.8	23.2	23.9	22.5	22.9	23.0	23.5	24.1
8H	22.5	22.9	23.1	23.5	24.2	22.6	23.0	23.2	23.6	24.2	
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1,0H	+0.2 / -0.2					+0.1 / -0.1					
S = 1,5H	+0.2 / -0.3					+0.3 / -0.4					
S = 2,0H	+0.5 / -1.0					+0.8 / -1.0					
Tabla estándar	BK05					BK04					
Sumando de corrección	5.2					5.1					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 4100lm Flujo luminoso total											





Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Sala GE / Resumen**



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:39

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	218	137	296	0.629
Suelo	20	151	117	178	0.776
Techo	70	86	42	420	0.491
Paredes (6)	50	130	64	289	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 32 x 32 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	1	PHILIPS WT470C L1300 1 xLED42S/840 O (1.000)	4100	4100	30.5
			Total: 4100	Total: 4100	30.5

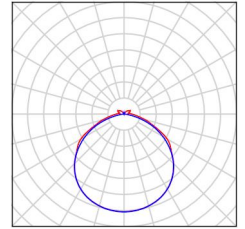
Valor de eficiencia energética:  $4.05 \text{ W/m}^2 = 1.86 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $7.53 \text{ m}^2$ )



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Sala GE / Lista de luminarias

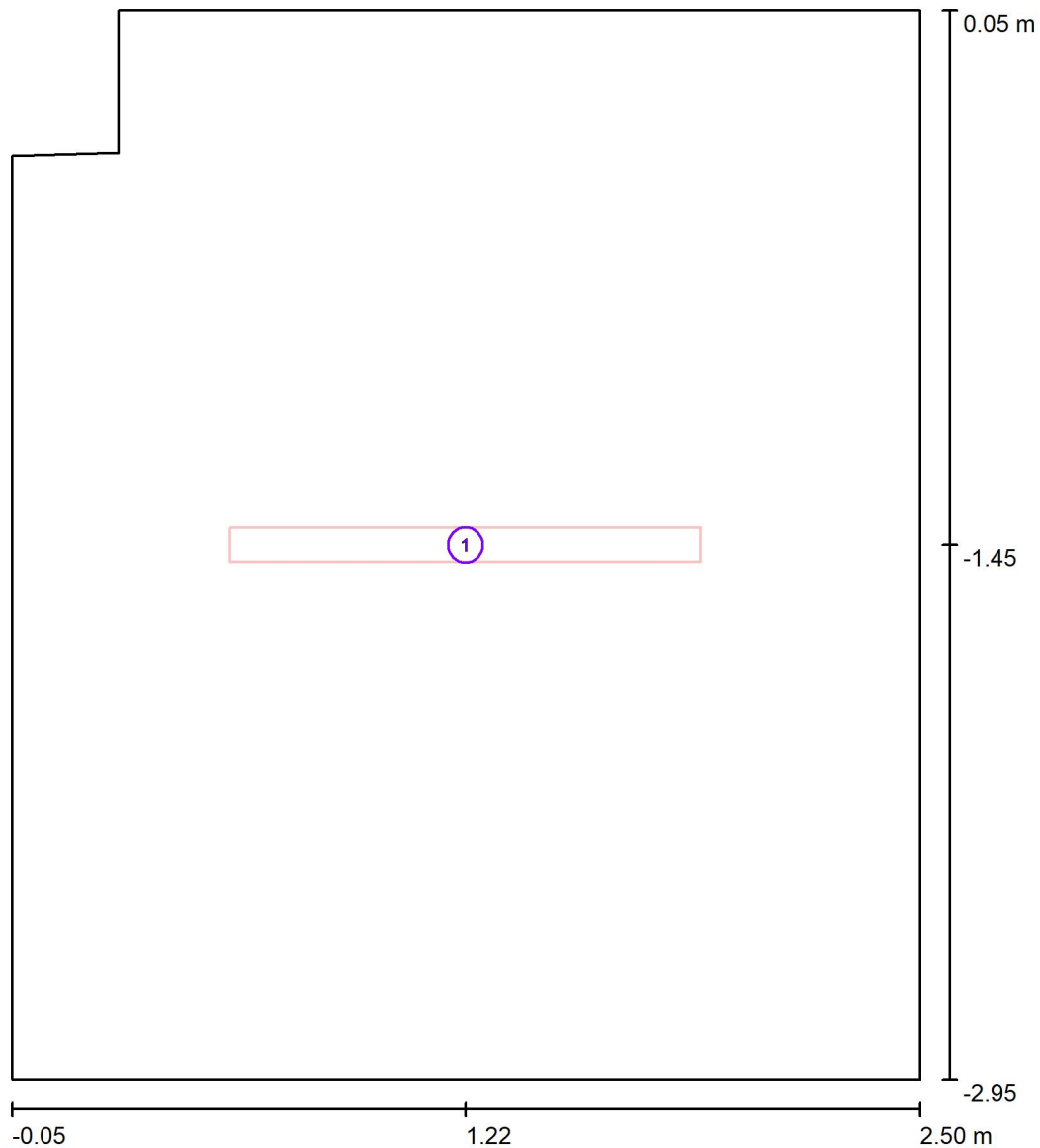
1 Pieza PHILIPS WT470C L1300 1 xLED42S/840 O  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 4100 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 4100 lm  
Potencia de las luminarias: 30.5 W  
Clasificación luminarias según CIE: 94  
Código CIE Flux: 45 77 94 94 100  
Lámpara: 1 x LED42S/840 (Factor de corrección  
1.000).





Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Sala GE / Luminarias (ubicación)**



Escala 1 : 21

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación
1	1	PHILIPS WT470C L1300 1 xLED42S/840 O



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Sala GE / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 4100 lm  
Potencia total: 30.5 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	147	71	218	/	/
Suelo	91	61	151	20	9.63
Techo	26	61	86	70	19
Pared 1	69	57	126	50	20
Pared 2	75	58	133	50	21
Pared 3	71	57	128	50	20
Pared 4	43	58	101	50	16
Pared 5	63	59	122	50	19
Pared 6	80	58	138	50	22

Simetrías en el plano útil

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.629 (1:2)

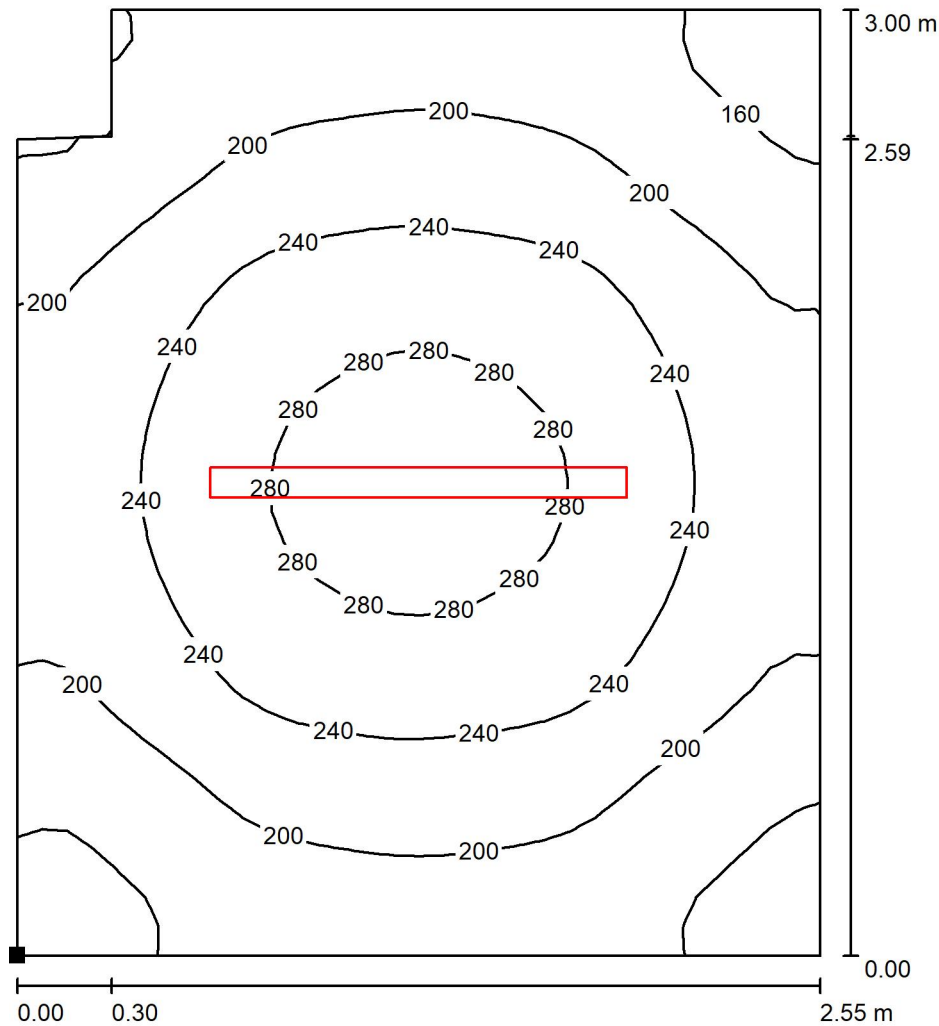
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.464 (1:2)

Valor de eficiencia energética:  $4.05 \text{ W/m}^2 = 1.86 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $7.53 \text{ m}^2$ )



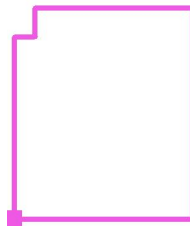
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Sala GE / Plano útil / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 24

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(-0.050 m, -2.950 m, 0.850 m)



Trama: 32 x 32 Puntos

$E_m$  [lx]  
218

$E_{min}$  [lx]  
137

$E_{max}$  [lx]  
296

$E_{min} / E_m$   
0.629

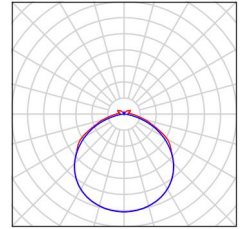
$E_{min} / E_{max}$   
0.464



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Sala trafo SS.AA. / Lista de luminarias

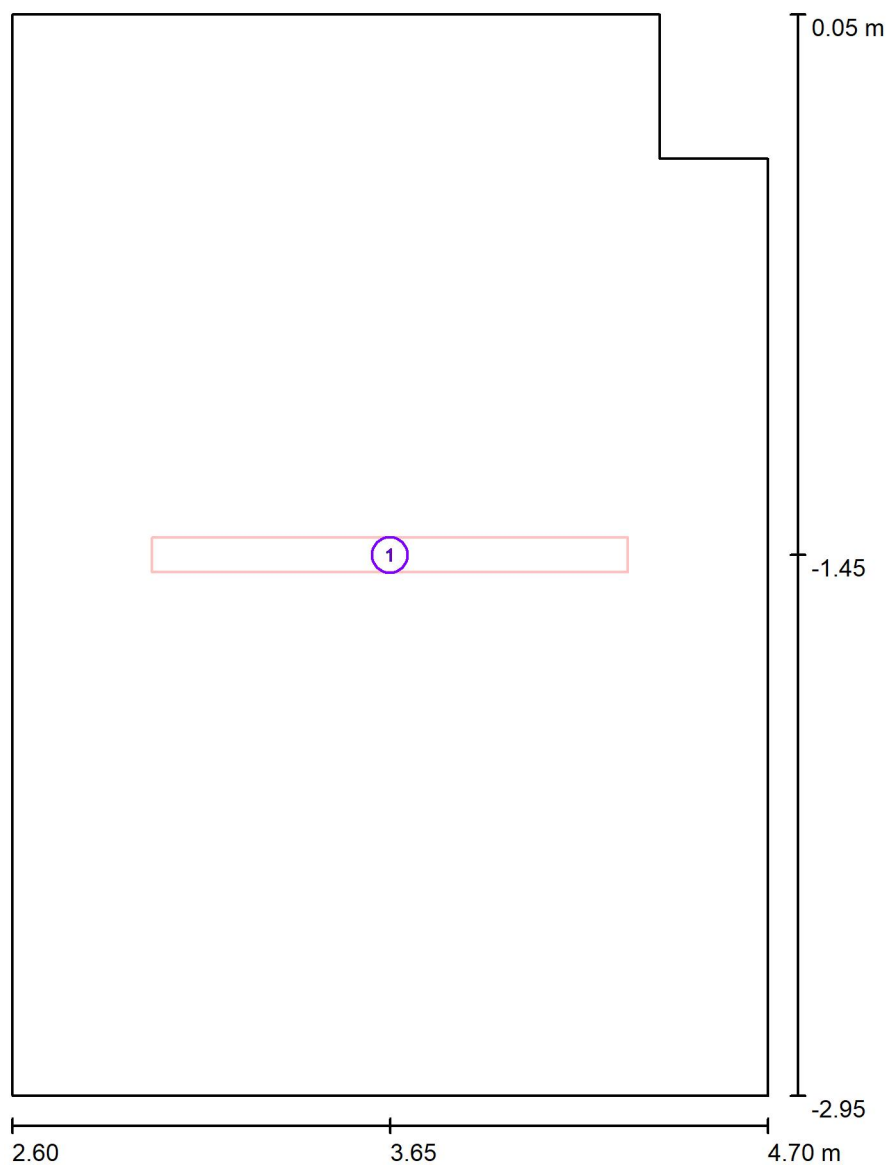
1 Pieza PHILIPS WT470C L1300 1 xLED42S/840 O  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 4100 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 4100 lm  
Potencia de las luminarias: 30.5 W  
Clasificación luminarias según CIE: 94  
Código CIE Flux: 45 77 94 94 100  
Lámpara: 1 x LED42S/840 (Factor de corrección  
1.000).





Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Sala trafo SS.AA. / Luminarias (ubicación)**



Escala 1 : 21

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación
1	1	PHILIPS WT470C L1300 1 xLED42S/840 O



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Sala trafo SS.AA. / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 4100 lm  
Potencia total: 30.5 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	155	82	237	/	/
Suelo	93	66	160	20	10
Techo	31	74	105	70	23
Pared 1	73	66	139	50	22
Pared 2	95	68	163	50	26
Pared 3	77	69	146	50	23
Pared 4	39	66	105	50	17
Pared 5	75	66	141	50	22
Pared 6	88	67	156	50	25

Simetrías en el plano útil

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.659 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.503 (1:2)

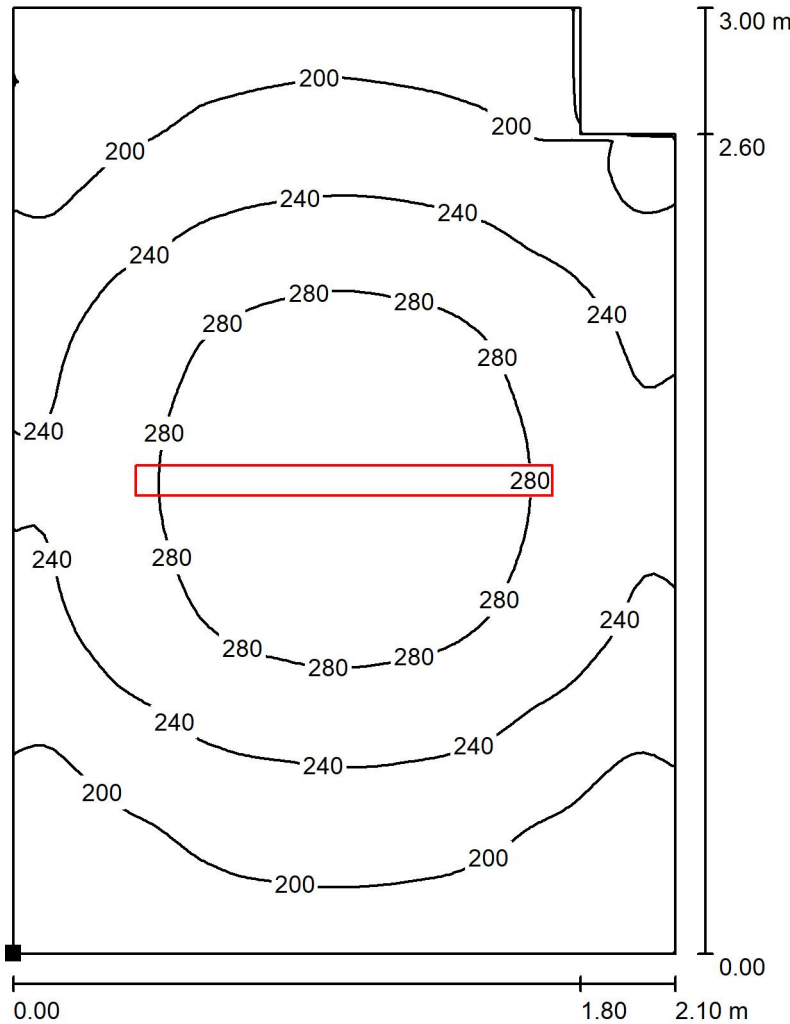
Valor de eficiencia energética:  $4.94 \text{ W/m}^2 = 2.09 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $6.18 \text{ m}^2$ )





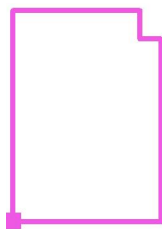
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Sala trafo SS.AA. / Plano útil / Isolíneas (E)**



Valores en Lux, Escala 1 : 24

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(2.600 m, -2.950 m, 0.850 m)



Trama: 64 x 64 Puntos

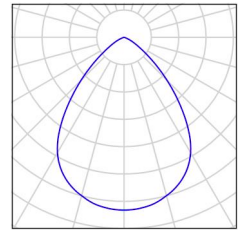
$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
237	156	310	0.659	0.503



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Aseo / Lista de luminarias

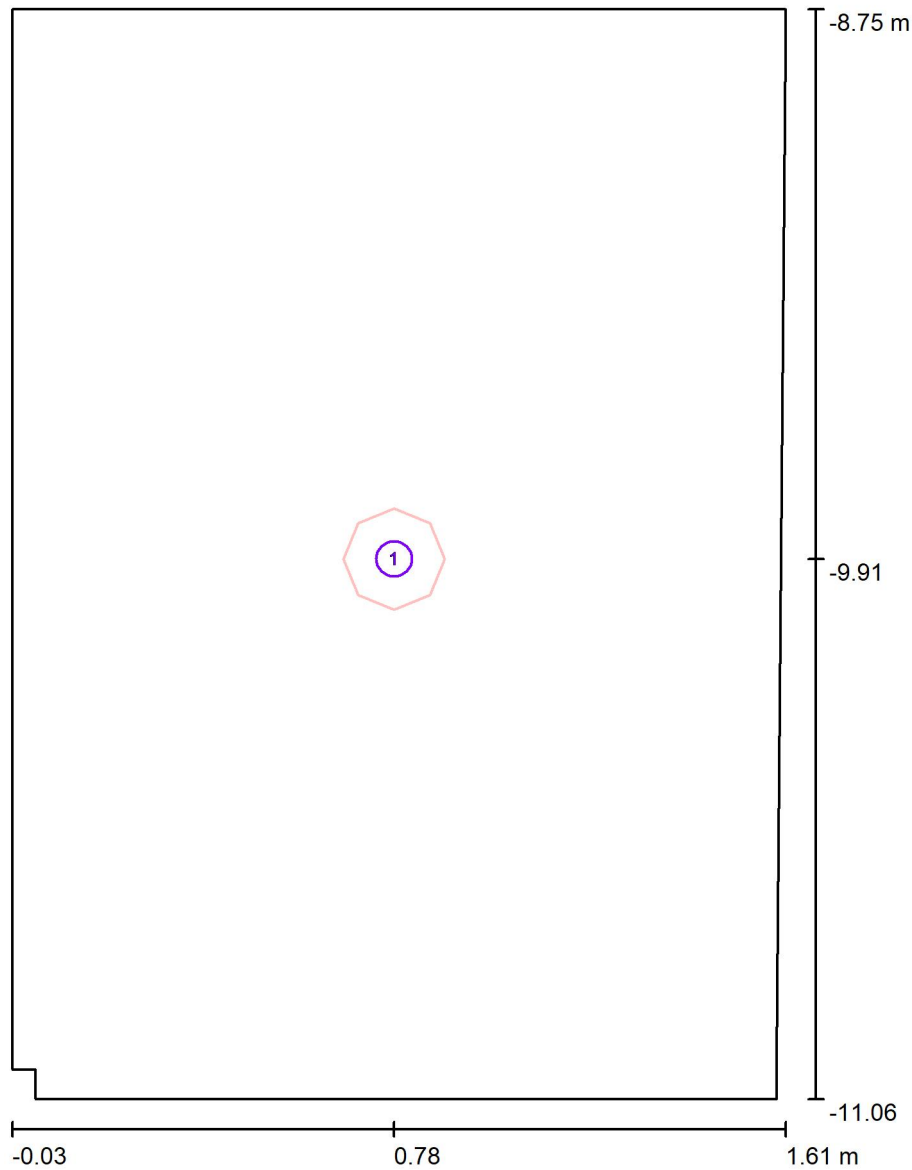
1 Pieza PHILIPS DN570B 1 xLED60S/840 C  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 6200 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 6200 lm  
Potencia de las luminarias: 44.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 76 97 100 100 100  
Lámpara: 1 x LED60S/840 (Factor de corrección 1.000).





Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

### Aseo / Luminarias (ubicación)



Escala 1 : 16

#### Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación
1	1	PHILIPS DN570B 1 xLED60S/840 C



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Aseo / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 6200 lm  
Potencia total: 44.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	532	164	696	/	/
Suelo	309	139	448	20	29
Techo	0.00	121	121	70	27
Pared 1	74	127	201	50	32
Pared 2	145	133	278	50	44
Pared 3	175	134	310	50	49
Pared 4	140	132	272	50	43
Pared 5	180	134	314	50	50
Pared 6	107	119	226	50	36

Simetrías en el plano útil

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.633 (1:2)

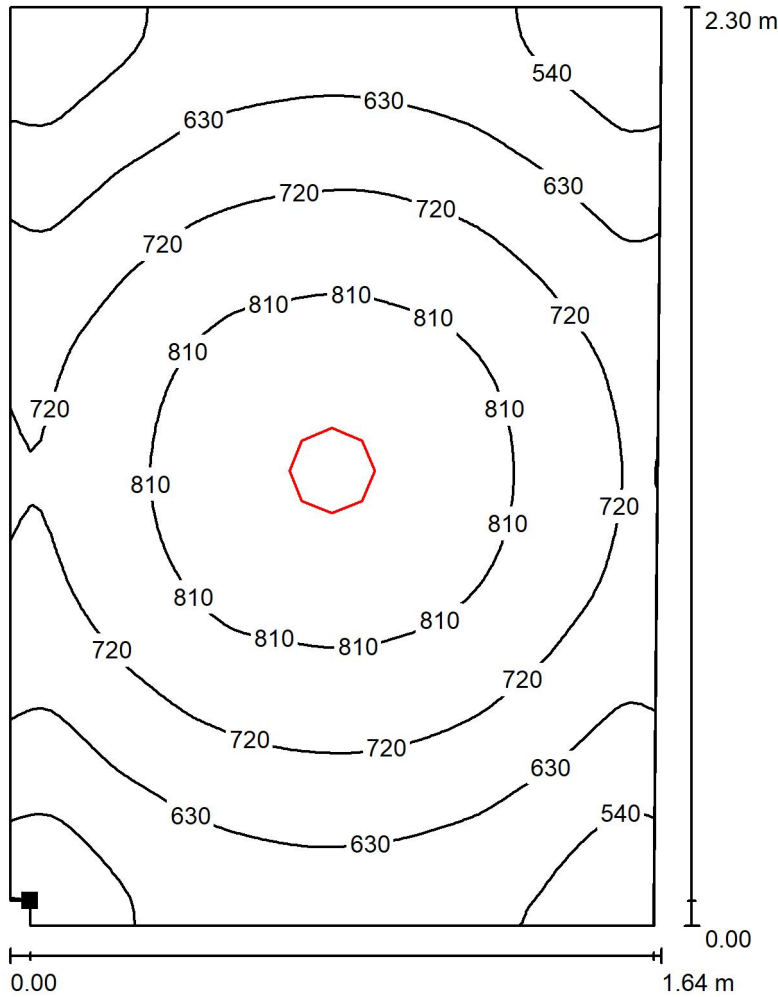
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.501 (1:2)

Valor de eficiencia energética:  $11.76 \text{ W/m}^2 = 1.69 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $3.74 \text{ m}^2$ )



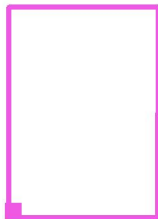
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Aseo / Plano útil / Isolíneas (E)**



Valores en Lux, Escala 1 : 19

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(0.020 m, -10.993 m, 0.850 m)



Trama: 64 x 64 Puntos

$E_m$  [lx]  
696

$E_{min}$  [lx]  
441

$E_{max}$  [lx]  
881

$E_{min} / E_m$   
0.633

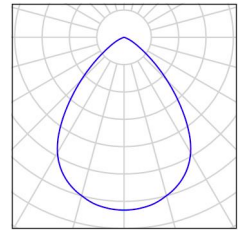
$E_{min} / E_{max}$   
0.501



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

### Sala de control / Lista de luminarias

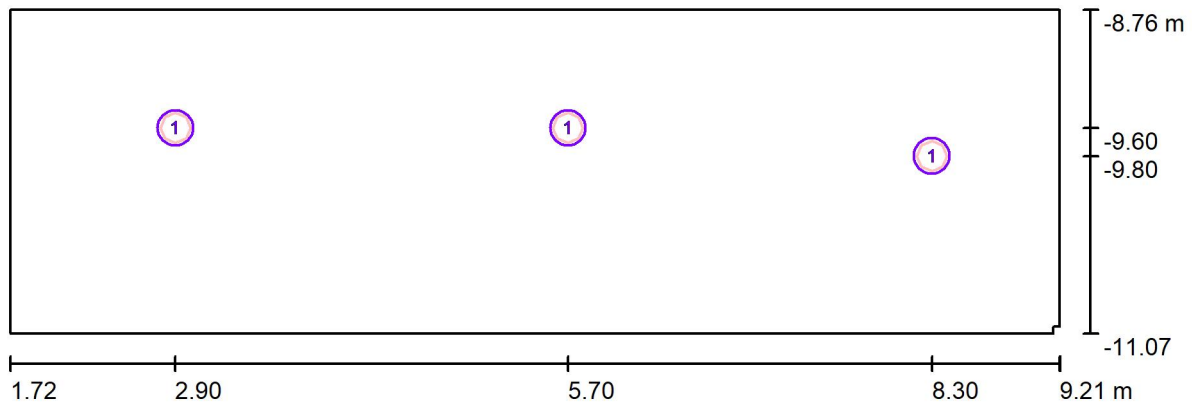
3 Pieza PHILIPS DN570B 1 xLED60S/840 C  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 6200 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 6200 lm  
Potencia de las luminarias: 44.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 76 97 100 100 100  
Lámpara: 1 x LED60S/840 (Factor de corrección  
1.000).





Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Sala de control / Luminarias (ubicación)**



Escala 1 : 54

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación
1	3	PHILIPS DN570B 1 xLED60S/840 C



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Sala de control / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 18600 lm  
Potencia total: 132.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	554	116	670	/	/
Superficie de cálculo 1	599	117	716	/	/
Suelo	386	118	504	20	32
Techo	0.00	108	108	70	24
Pared 1	108	114	222	50	35
Pared 2	67	112	178	50	28
Pared 3	89	110	199	50	32
Pared 4	169	112	281	50	45
Pared 5	170	105	275	50	44
Pared 6	122	106	228	50	36

Simetrías en el plano útil

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.411 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.318 (1:3)

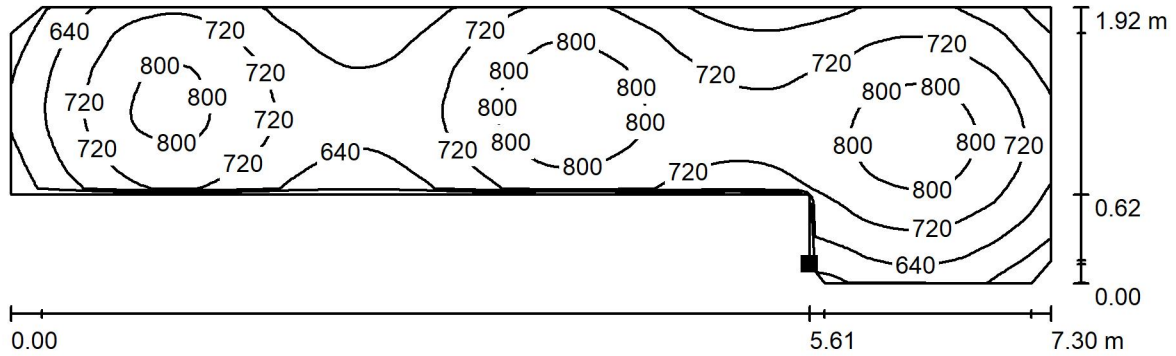
Valor de eficiencia energética:  $7.64 \text{ W/m}^2 = 1.14 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $17.29 \text{ m}^2$ )





Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Sala de control / Superficie de cálculo 1 / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 53

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(7.444 m, -10.669 m, 0.850 m)



Trama: 32 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
716

$E_{min}$  [lx]  
501

$E_{max}$  [lx]  
856

$E_{min} / E_m$   
0.700

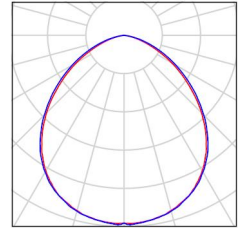
$E_{min} / E_{max}$   
0.586



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Entrada / Lista de luminarias

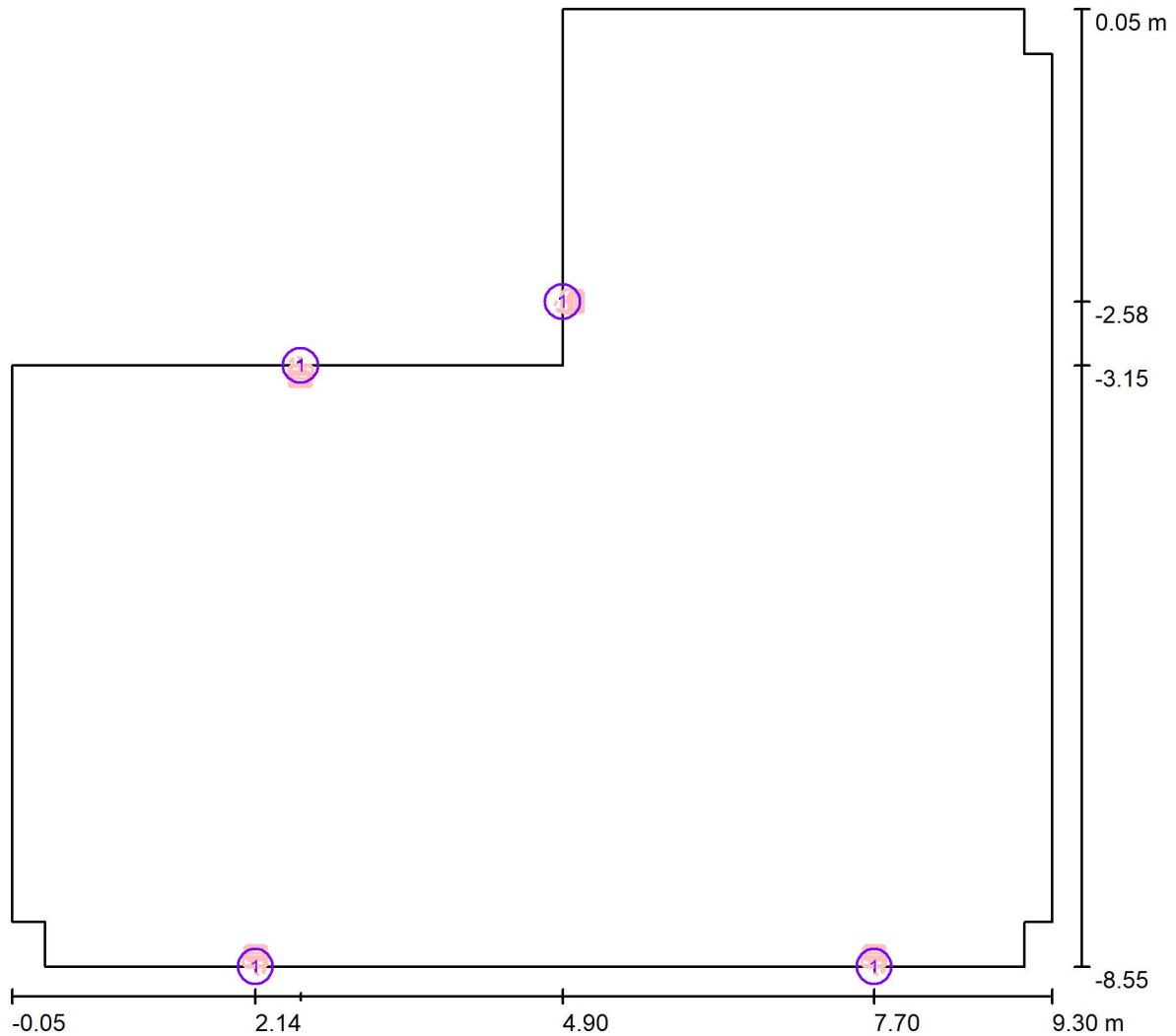
4 Pieza LEDVANCE 4058075421264 FLOODLIGHT 50  
W 4000 K SYM 100 BK  
N° de artículo: 4058075421264  
Flujo luminoso (Luminaria): 6000 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 6000 lm  
Potencia de las luminarias: 50.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 55 86 98 100 100  
Lámpara: 1 x FL PFM 50 W 4000 K SYM 100 BK  
(Factor de corrección 1.000).





Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Entrada / Luminarias (ubicación)**



Escala 1 : 67

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación
1	4	LEDVANCE 4058075421264 FLOODLIGHT 50 W 4000 K SYM 100 BK



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Entrada / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 24000 lm  
Potencia total: 200.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	158	27	186	/	/
Zona celdas	190	19	209	/	/
Zona de paso	171	29	200	/	/
Suelo	132	28	160	20	10
Techo	2.82	26	28	70	6.33
Pared 1	21	35	56	50	8.98
Pared 2	41	27	68	50	11
Pared 3	36	28	64	50	10
Pared 4	60	26	86	50	14
Pared 5	10	14	24	50	3.82
Pared 6	64	27	91	0	0.00
Pared 7	40	13	52	50	8.34
Pared 8	36	26	62	50	9.92
Pared 9	44	18	62	50	9.92
Pared 10	27	18	45	50	7.09
Pared 11	65	33	98	50	16
Pared 12	56	30	86	50	14

Simetrías en el plano útil

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.298 (1:3)

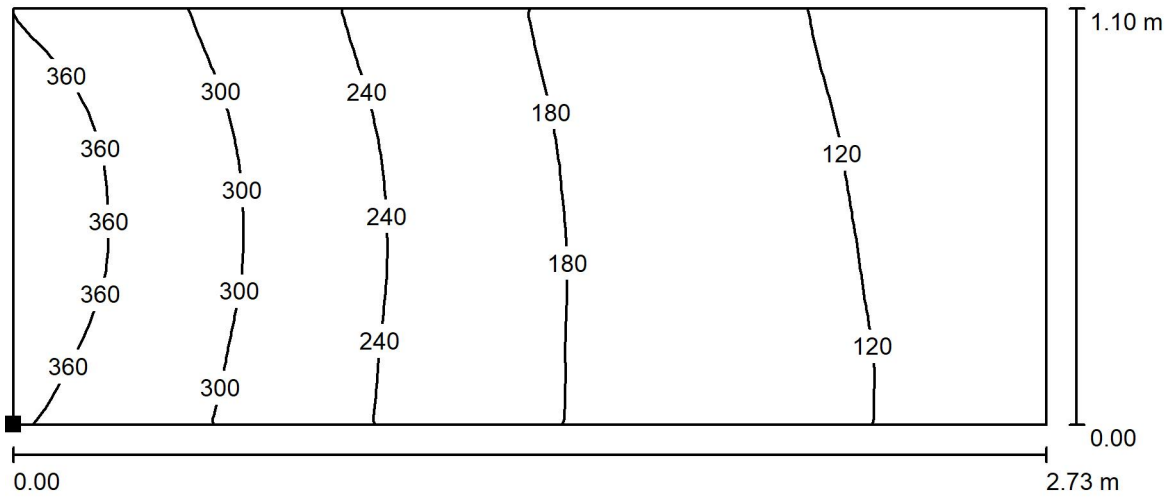
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.114 (1:9)

Valor de eficiencia energética:  $3.11 \text{ W/m}^2 = 1.68 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $64.23 \text{ m}^2$ )



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Entrada / Zona celdas / Isolíneas (E, perpendicular)**

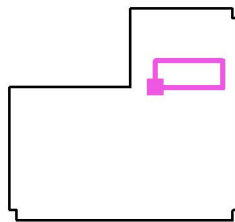


Valores en Lux, Escala 1 : 20

Situación de la superficie en el local:

Punto marcado:

(5.919 m, -3.158 m, 0.850 m)



Trama: 32 x 16 Puntos

$E_m$  [lx]  
209

$E_{min}$  [lx]  
92

$E_{max}$  [lx]  
392

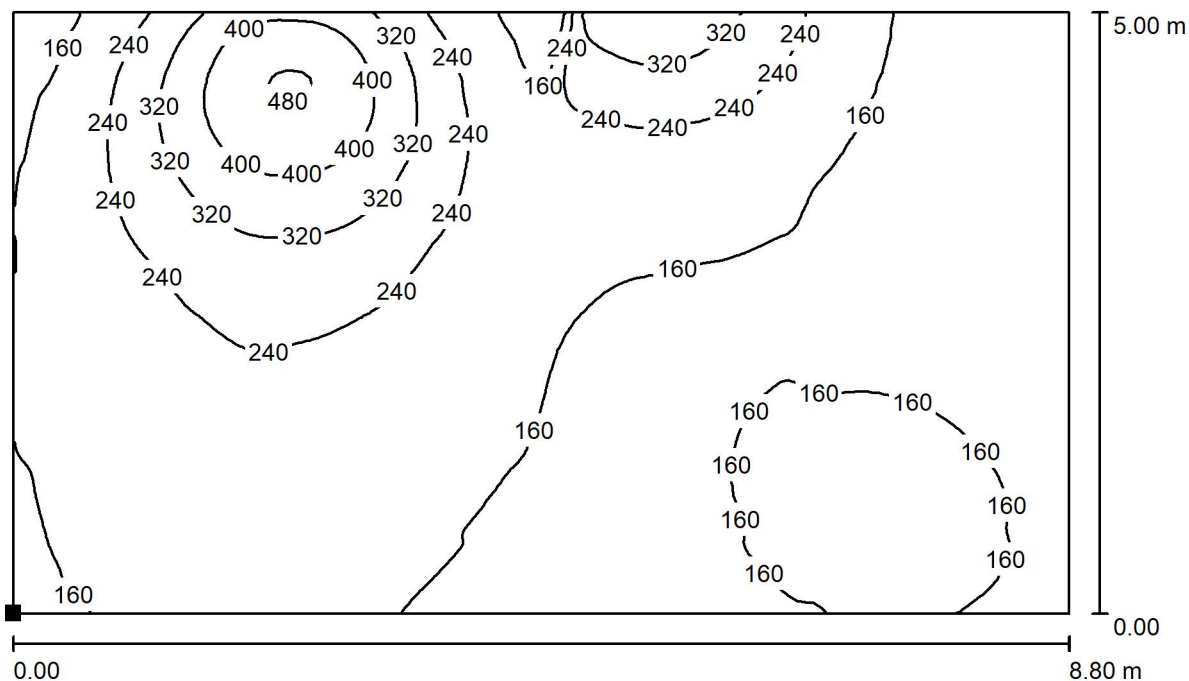
$E_{min} / E_m$   
0.442

$E_{min} / E_{max}$   
0.235



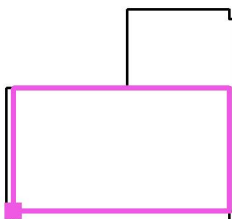
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Entrada / Zona de paso / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 63

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(0.250 m, -8.150 m, 0.850 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

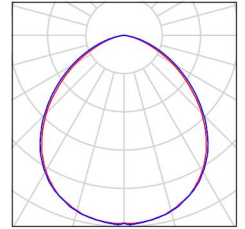
$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
200	87	486	0.437	0.180



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Sala Grupo 1 / Lista de luminarias

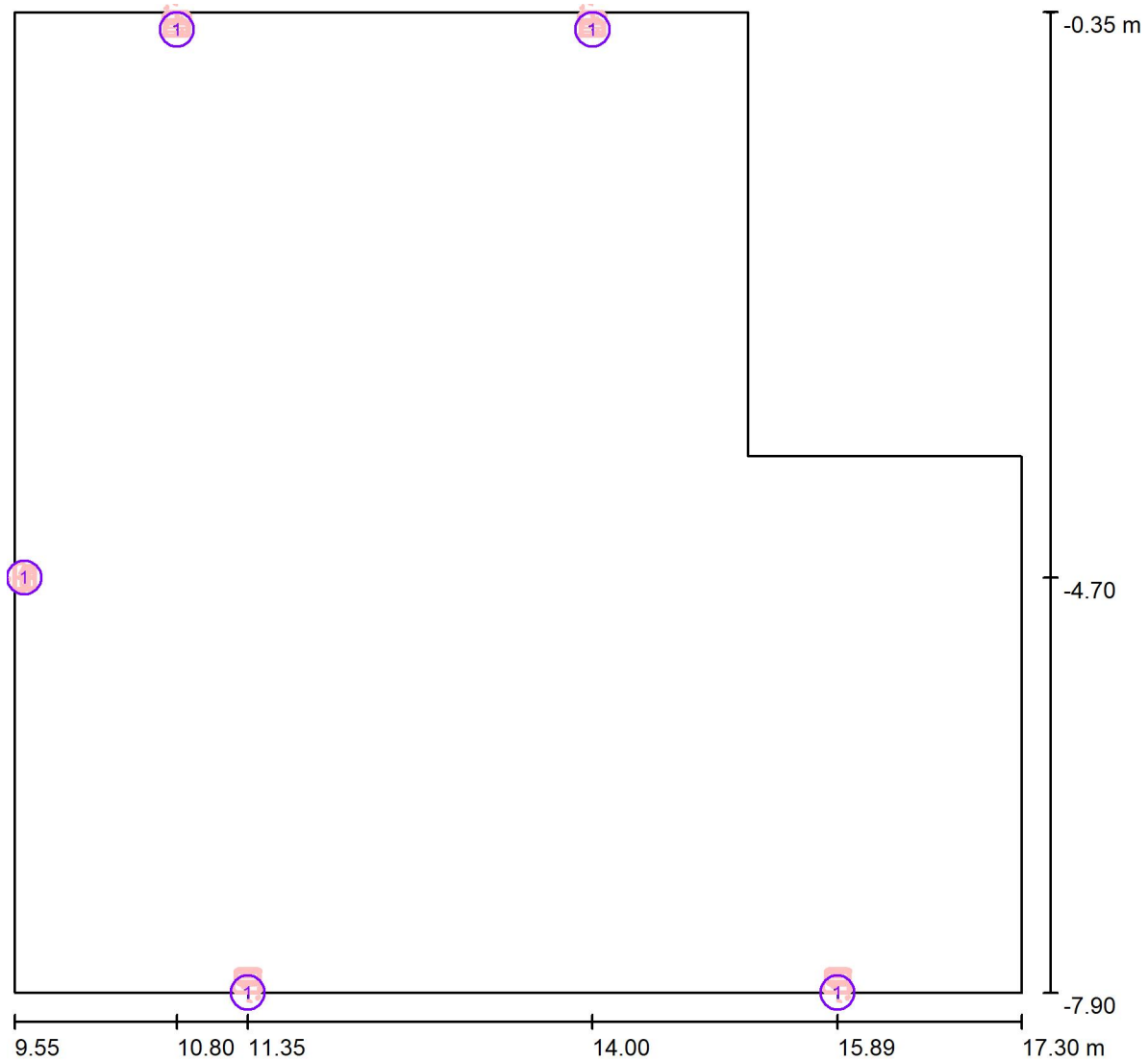
5 Pieza LEDVANCE 4058075421264 FLOODLIGHT 50  
W 4000 K SYM 100 BK  
N° de artículo: 4058075421264  
Flujo luminoso (Luminaria): 6000 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 6000 lm  
Potencia de las luminarias: 50.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 55 86 98 100 100  
Lámpara: 1 x FL PFM 50 W 4000 K SYM 100 BK  
(Factor de corrección 1.000).





Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Sala Grupo 1 / Luminarias (ubicación)**



Escala 1 : 56

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación
1	5	LEDVANCE 4058075421264 FLOODLIGHT 50 W 4000 K SYM 100 BK





Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Sala Grupo 1 / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 30000 lm  
Potencia total: 250.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	198	32	230	/	/
Suelo	166	32	198	20	13
Techo	0.22	16	16	70	3.58
Pared 1	57	23	80	50	13
Pared 2	43	22	64	50	10
Pared 3	43	21	64	50	10
Pared 4	62	28	90	0	0.00
Pared 5	43	19	62	0	0.00
Pared 6	70	33	104	0	0.00
Pared 7	43	26	68	50	11

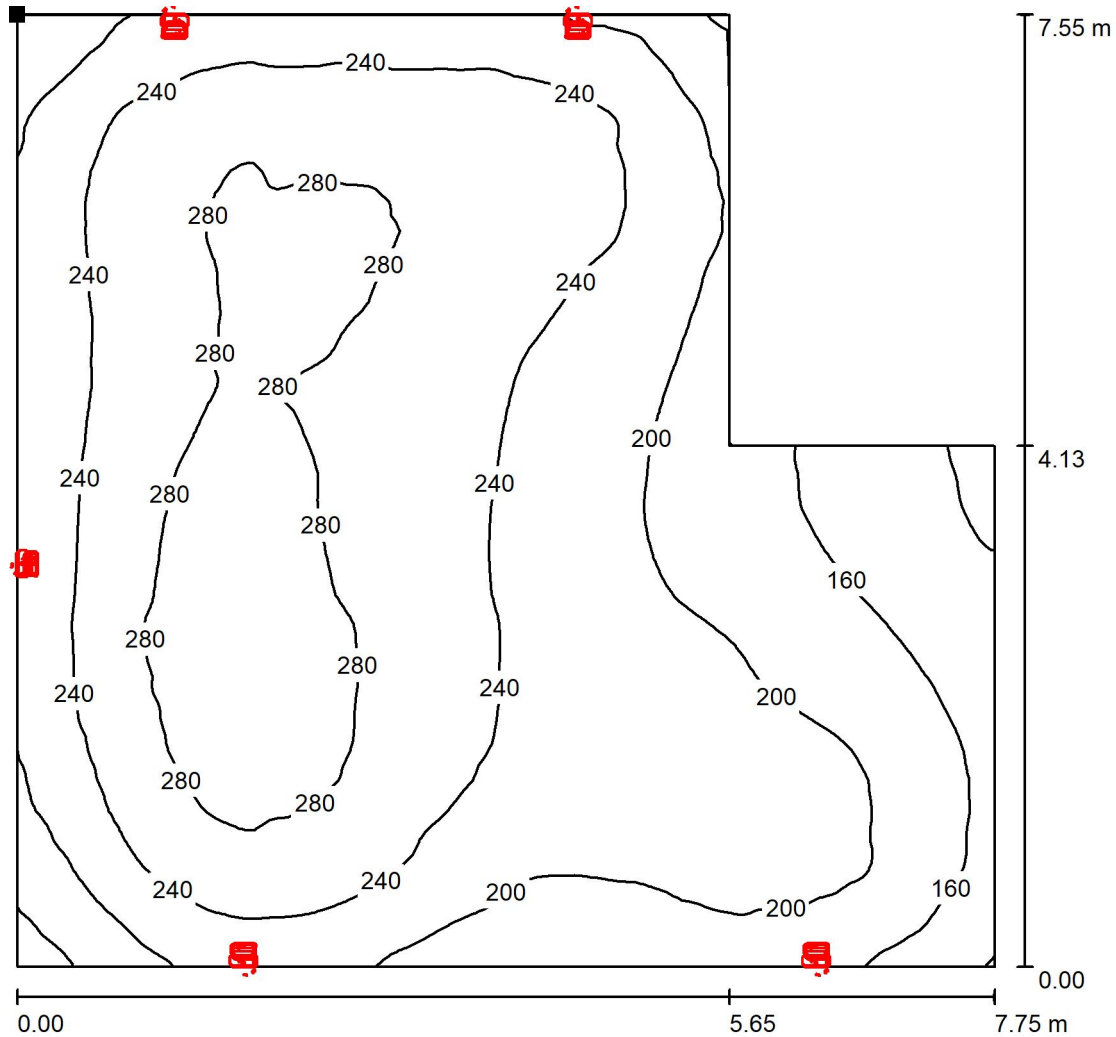
Simetrías en el plano útil  
E<sub>min</sub> / E<sub>m</sub>: 0.486 (1:2)  
E<sub>min</sub> / E<sub>max</sub>: 0.370 (1:3)

Valor de eficiencia energética: 4.87 W/m<sup>2</sup> = 2.12 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 51.34 m<sup>2</sup>)



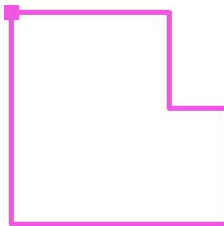
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Sala Grupo 1 / Plano útil / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 60

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(9.550 m, -0.350 m, 0.850 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
230

$E_{min}$  [lx]  
112

$E_{max}$  [lx]  
302

$E_{min} / E_m$   
0.486

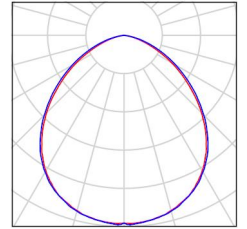
$E_{min} / E_{max}$   
0.370



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Sala Grupo 2 / Lista de luminarias

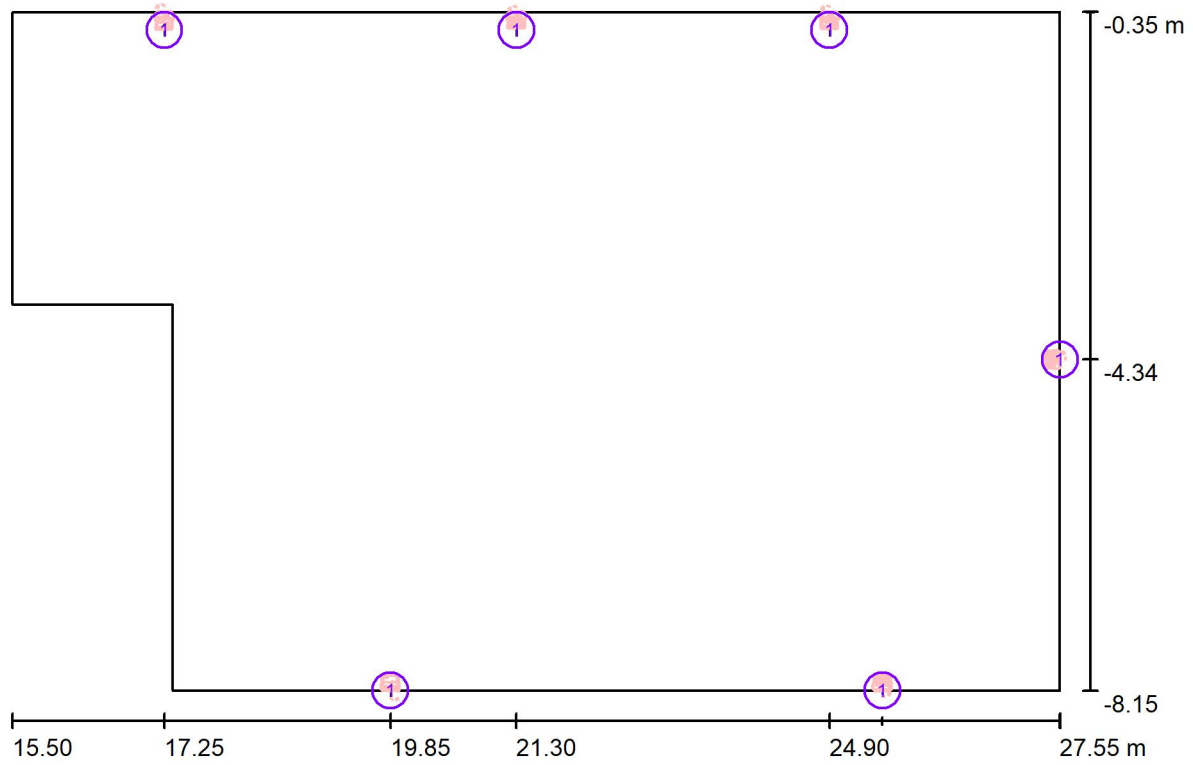
6 Pieza    LEDVANCE 4058075421264 FLOODLIGHT 50  
W 4000 K SYM 100 BK  
N° de artículo: 4058075421264  
Flujo luminoso (Luminaria): 6000 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 6000 lm  
Potencia de las luminarias: 50.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 55 86 98 100 100  
Lámpara: 1 x FL PFM 50 W 4000 K SYM 100 BK  
(Factor de corrección 1.000).





Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Sala Grupo 2 / Luminarias (ubicación)**



Escala 1 : 87

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación
1	6	LEDVANCE 4058075421264 FLOODLIGHT 50 W 4000 K SYM 100 BK



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Sala Grupo 2 / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 36000 lm  
Potencia total: 300.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	173	30	203	/	/
Suelo	152	31	182	20	12
Techo	0.12	21	21	70	4.69
Pared 1	57	24	82	50	13
Pared 2	38	26	64	50	10
Pared 3	31	25	56	50	8.87
Pared 4	40	28	68	0	0.00
Pared 5	38	16	55	0	0.00
Pared 6	30	32	62	0	0.00

Simetrías en el plano útil

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.432 (1:2)

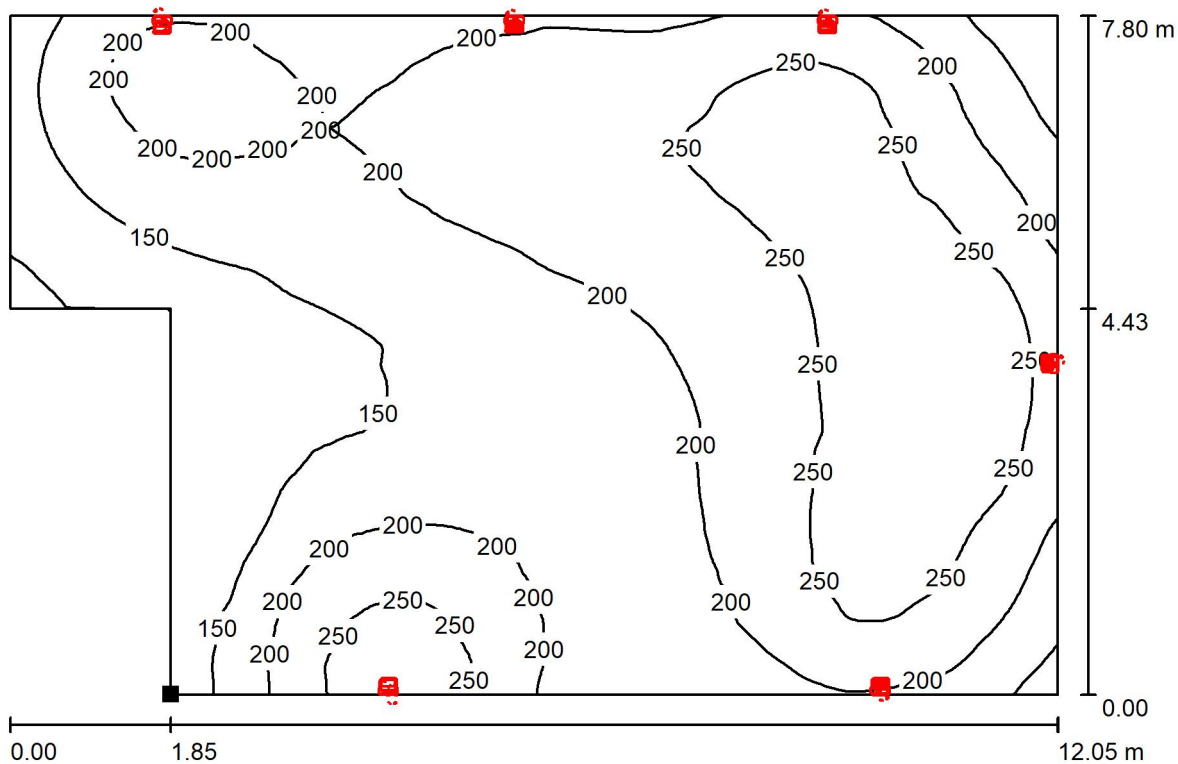
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.303 (1:3)

Valor de eficiencia energética:  $3.50 \text{ W/m}^2 = 1.72 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $85.79 \text{ m}^2$ )



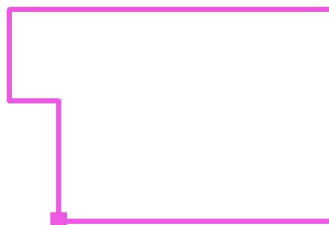
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Sala Grupo 2 / Plano útil / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 87

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(17.350 m, -8.150 m, 0.850 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
203

$E_{min}$  [lx]  
88

$E_{max}$  [lx]  
290

$E_{min} / E_m$   
0.432

$E_{min} / E_{max}$   
0.303

## 3. ALUMBRADO DE EMERGENCIA

---

### 3.1. ALCANCE

El alcance del presente epígrafe es el diseño, dimensionamiento y cálculo de las instalaciones de alumbrado de emergencia de la Central Hidroeléctrica Irueña.

### 3.2. NORMATIVA APLICABLE

La normativa de referencia cumplirá la última edición de las siguientes normas:

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales.

### 3.3. REQUISITOS DE DISEÑO

De acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales, en las áreas interiores de las instalaciones que lo requieran, se tendrá un sistema de alumbrado de emergencia para una posible evacuación del personal en caso de falla del suministro normal de la red de energía.

#### 3.3.1. ALUMBRADO DE EVACUACIÓN

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para garantizar el reconocimiento y la utilización de los medios y rutas de evacuación.

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**.

La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en el eje de los pasos principales (de la ruta de evacuación) 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.

#### 3.3.2. 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 40:1.

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

### 3.4. RESULTADOS

En cumplimiento con las especificaciones indicadas en los diversos reglamentos, se han establecido las rutas de evacuación, los puntos de seguridad requeridos y se han dispuesto las luminarias para asegurar una suficiente iluminación en todos ellos.

Los coeficientes de reflexión a tener en cuenta según la norma UNE-EN 12464-1 serán:

- Techos: 70-90 %.
- Paredes: 50-80 %.
- Suelos: 20-40 %.

Atendiendo a este criterio, para el estudio de la iluminación interior, se tienen en cuenta los siguientes factores de reflexión: 80% en techos, 45% en paredes y 40% en suelos. Se ha contemplado un factor de mantenimiento que englobe a la reducción del rendimiento luminoso debido a la suciedad de las luminarias y al envejecimiento de las lámparas.

La instalación se realizará mediante luminarias tipo LED de 450 y 200 lúmenes, se hace referencia a la altura de montaje de las luminarias de cada sala en el anexo de cálculo adjunto. Se considerará la superficie de cálculo al nivel del suelo obteniendo los siguientes resultados.

Sala	Em Obtenido	Relación (Emax/Emin) obtenido
Entrada / celdas	5,9	7,04
Sala de control	5,1	7,51
Sala G1	1,9	2,38
Sala G2	2,7	4,26

Tabla 3. Niveles de iluminación de emergencia en las distintas salas.



### 3.5. ANEXO DE CÁLCULO

A continuación se adjuntas los informes justificativos extraídos del programa de cálculo.

## 1.1 Información sobre Area/Local

Superficie	Dimensiones [m]	Ángulo°	Color	Coefficiente Reflexión	Ilum.Media [lux]	Luminancia Media [cd/m²]
Techo	2.40x7.50	Plano	RGB=255,255,255	80%	15.7	4.01
Pared 4	3.00x2.40	-90°	RGB=255,249,128	65%	4.2	0.88
Pared 3	3.00x7.50	-180°	RGB=255,249,128	65%	6.5	1.34
Pared 2	3.00x2.40	90°	RGB=255,249,128	65%	4.3	0.90
Pared 1	3.00x7.50	0°	RGB=255,249,128	65%	9.3	1.92
Suelo	7.50x2.40	Plano	RGB=205,153,95	40%	5.1	0.64

Dimensiones Paralelepípedo que incluye el Area/Local [m]: 7.50x2.40x3.00  
 Réticula Puntos de Medida del Paralelepípedo [m]: dirección X 0.50 - Y 0.48 - Z 0.50

## 1.2 Cálculo Energético (Plano de Trabajo)

Área	18.00 m2
Iluminancia Media	5.07 lx
Potencia Específica	0.00 W/m2
Valor de Eficiencia Energética (VEEI)	0.00 W/(m2 * 100lx)
Eficiencia Energética	- (m2*lx)/W
Potencia Total Utilizada	0.00 W

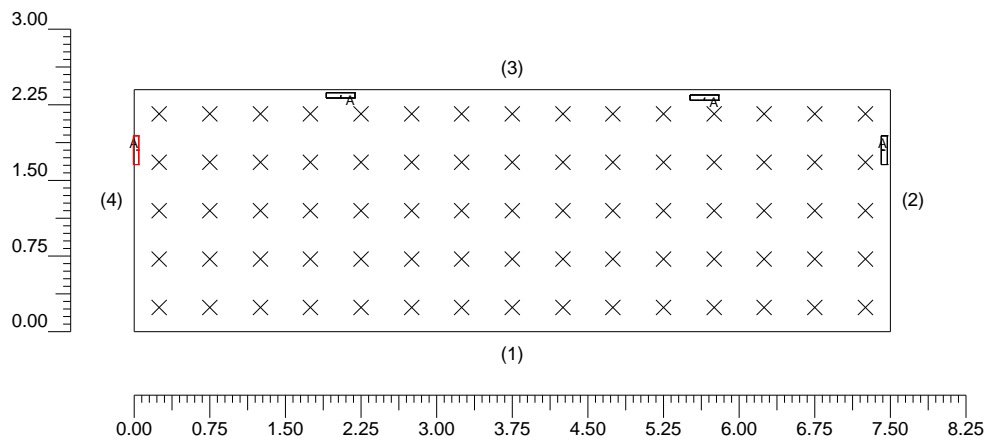
## 1.3 Parámetros de Calidad de la Instalación

Superficie	Resultados	Medio	Mínimo	Máximo	Mín/Medio	Mín/Máx	Medio/Máx
Plano de Trabajo (h=0.00 m)	Iluminancia Horizontal (E)	5.1 lux	1.1 lux	8.0 lux	0.21	0.13	0.63
					1:4.75	1:7.51	1:1.58
Suelo	Iluminancia Horizontal (E)	5.1 lux	1.1 lux	8.0 lux	0.21	0.13	0.63
					1:4.75	1:7.51	1:1.58

Tipo Cálculo: Sólo Dir. + Equipo + Sombras

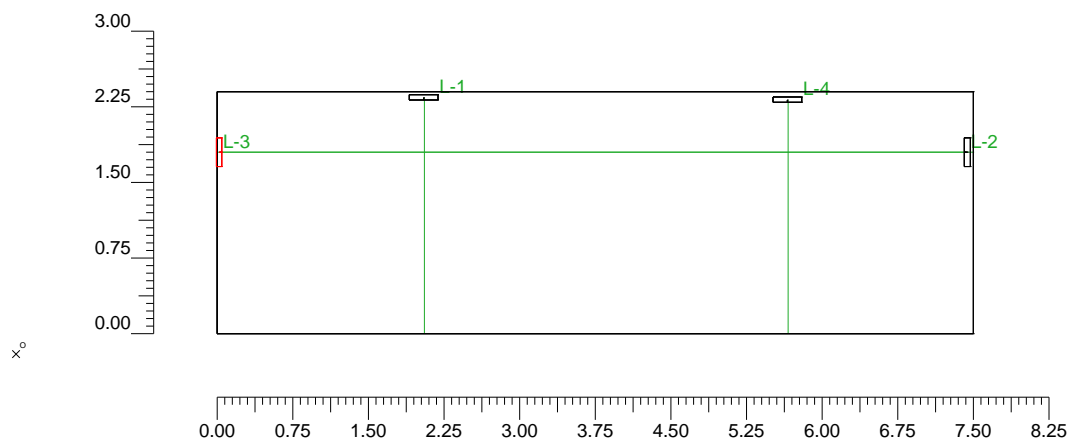
## 2.1 Vista 2D Plano Trabajo y Retícula de Cálculo

Escala 1/75



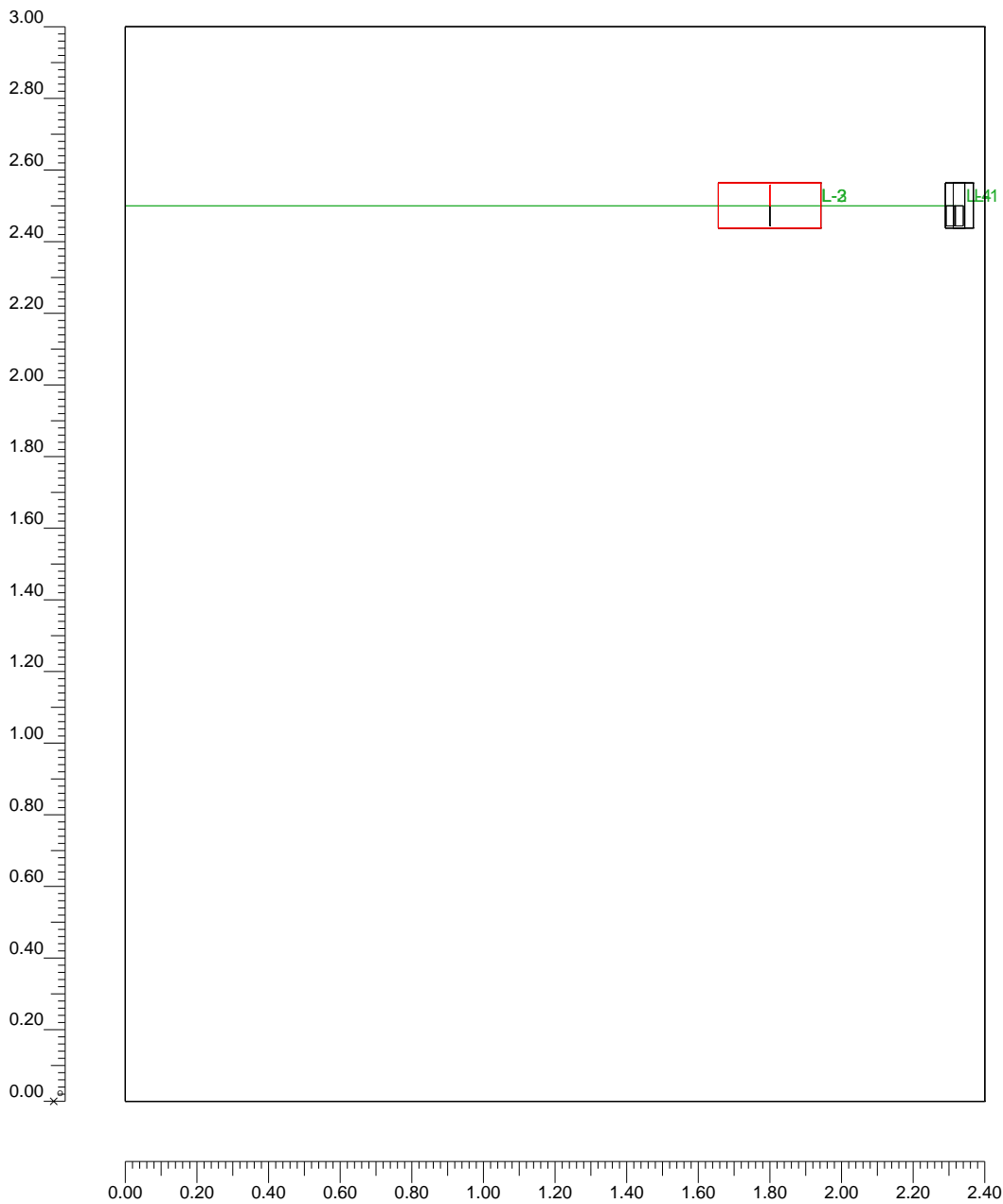
## 2.2 Vista 2D en Planta

Escala 1/75



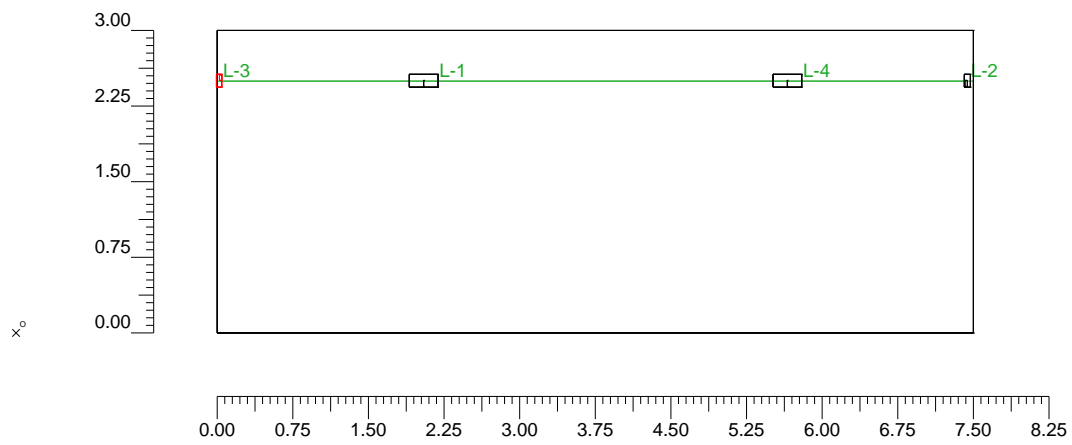
### 2.3 Vista Lateral

Escala 1/20



## 2.4 Vista Frontal

Escala 1/75



### 3.1 Información Luminarias/Ensayos

Ref.	Línea	Nombre Luminaria (Nombre Ensayo)	Código Luminaria (Código Ensayo)	Luminarias N.	Ref.Lamp.	Lámparas N.
A	URA34LED	URA34LED / 200 lum 1h (URA34LED / 200 lum)	661243 (661243)	4	LMP-A	1

### 3.2 Información Lámparas

Ref.Lamp.	Tipo	Código	Flujo lm	Potencia W	Color K	N.
LMP-A	FDH	LED 661243	200	0	0	4

### 3.3 Tabla Resumen Luminarias

Ref.	Lum.	On	Posición Luminarias X[m] Y[m] Z[m]	Rotación Luminarias X° Y° Z°	Código Luminaria	Factor Cons.	Código Lámpara	Flujo lm
A	1	X	4.05;2.54;2.50	-90.0;90.0;0.0	661243	1.00	LED 661243	1*200
	2	X	9.44;2.00;2.50	0.0;90.0;0.0		1.00		
	3	X	2.02;2.00;2.50	0.0;-90.0;0.0		1.00		
	4	X	7.65;2.52;2.50	-90.0;90.0;0.0		1.00		

### 3.4 Tabla Resumen Enfoques

Torre	Fila	Columna	Ref. 2D	On	Posición Luminarias X[m] Y[m] Z[m]	Rotación Luminarias X° Y° Z°	Enfoques X[m] Y[m] Z[m]	R.Eje °	Factor Cons.	Ref.
			L-1	X	4.05;2.54;2.50	-90.0;90.0;0.0	4.05;0.20;2.50	180	1.00	A
			L-2	X	9.44;2.00;2.50	0.0;90.0;0.0	2.00;2.00;2.50	-180	1.00	A
			L-3	X	2.02;2.00;2.50	0.0;-90.0;0.0	9.50;2.00;2.50	0	1.00	A
			L-4	X	7.65;2.52;2.50	-90.0;90.0;0.0	7.65;0.20;2.50	180	1.00	A

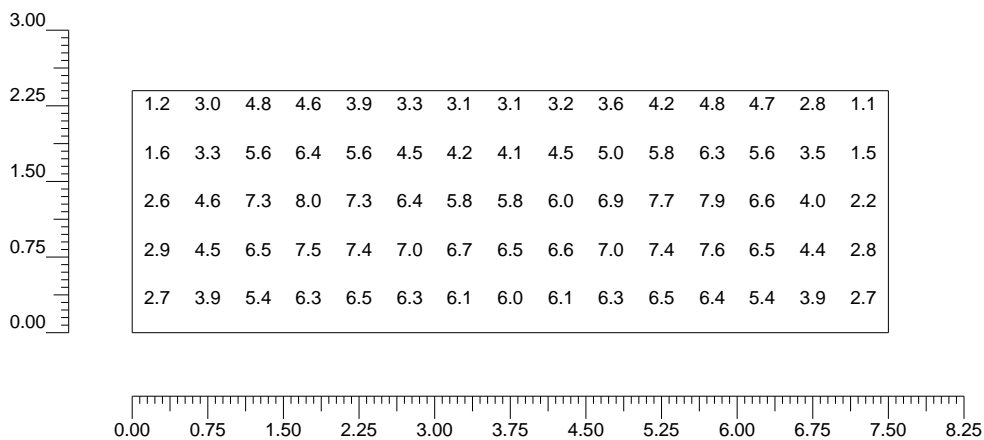
#### 4.1 Valores de Iluminancia Horizontal sobre Plano de Trabajo

O (x:2.00 y:0.20 z:0.00)	Resultados	Medio	Mínimo	Máximo	Mín/Medio	Mín/Máx	Medio/Máx
DX:0.50 DY:0.48	Iluminancia Horizontal (E)	5.1 lux	1.1 lux	8.0 lux	0.21 1:4.75	0.13 1:7.51	0.63 1:1.58

Tipo Cálculo

Sólo Dir. + Equipo + Sombras

Escala 1/75





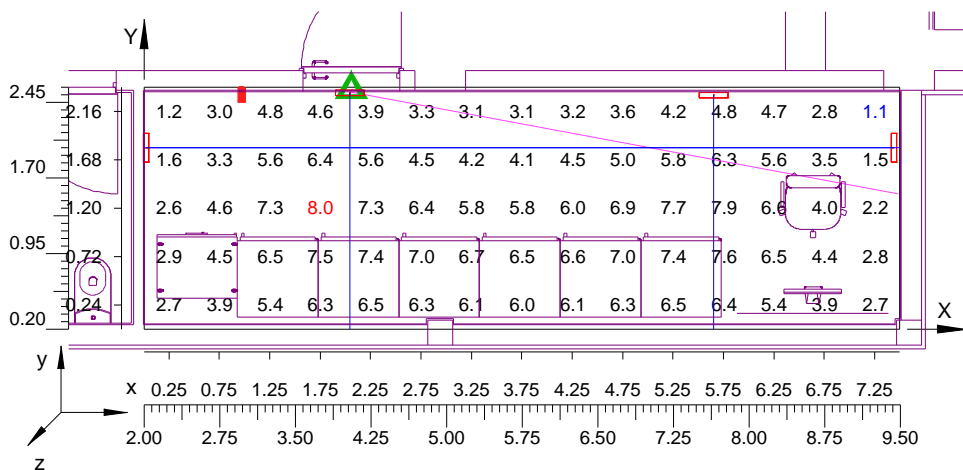
## 4.2 Valores de Iluminancia sobre: Plano de Trabajo

O (x:2.00 y:0.20 z:0.00)	Resultados	Medio	Mínimo	Máximo	Mín/Medio	Mín/Máx	Medio/Máx
DX:0.50 DY:0.48	Iluminancia Horizontal (E)	5.1 lux	1.1 lux	8.0 lux	0.21 1:4.75	0.13 1:7.51	0.63 1:1.58

Tipo Cálculo

Sólo Dir. + Equipo + Sombras

Escala 1/75



## 1.1 Información sobre Area/Local

Superficie	Dimensiones [m]	Ángulo°	Color	Coefficiente Reflexión	Ilum.Media [lux]	Luminancia Media [cd/m²]
Techo	8.80x9.70	Plano	RGB=255,255,255	80%	3.0	0.75
Pared 6	7.72x5.60	-90°	RGB=255,249,128	65%	5.1	1.06
Pared 5	7.72x5.20	-180°	RGB=255,249,128	65%	9.4	1.95
Pared 4	7.72x3.20	-90°	RGB=255,249,128	65%	1.4	0.29
Pared 3	7.72x4.50	-180°	RGB=255,249,128	65%	3.8	0.78
Pared 2	7.72x8.80	90°	RGB=255,249,128	65%	7.3	1.51
Pared 1	7.72x9.70	0°	RGB=255,249,128	65%	5.4	1.12
Suelo	9.70x8.80	Plano	RGB=205,153,95	40%	5.9	0.75

Dimensiones Paralelepípedo que incluye el Area/Local [m]:

9.70x8.80x7.72

Reticula Puntos de Medida del Paralelepípedo [m]:

dirección X 0.51 - Y 0.49 - Z 0.51

## 1.2 Cálculo Energético (Plano de Trabajo)

Área	68.72 m2
Iluminancia Media	5.90 lx
Potencia Específica	0.00 W/m2
Valor de Eficiencia Energética (VEEI)	0.00 W/(m2 * 100lx)
Eficiencia Energética	-(m2*lx)/W
Potencia Total Utilizada	0.00 W

## 1.3 Parámetros de Calidad de la Instalación

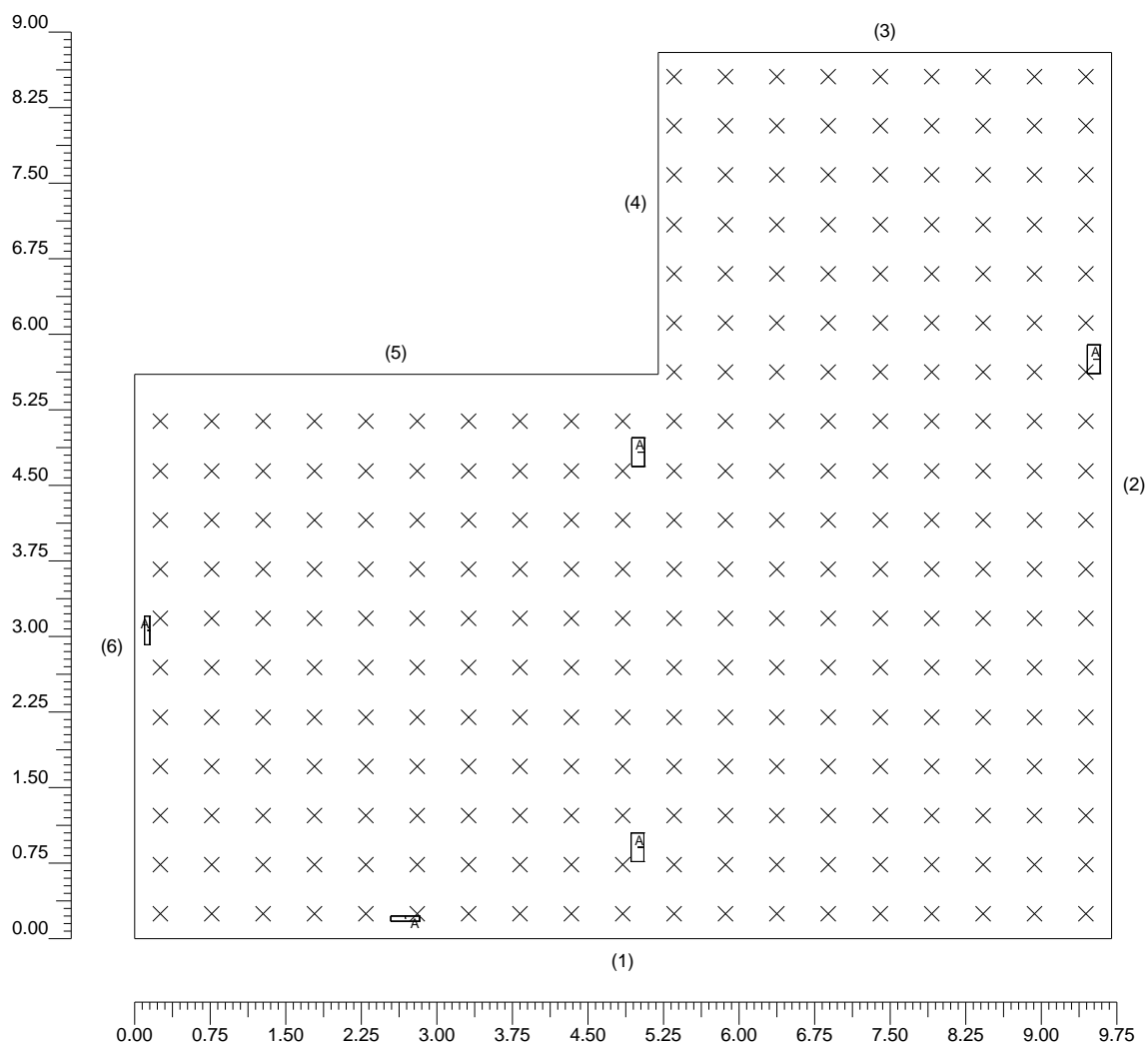
Superficie	Resultados	Medio	Mínimo	Máximo	Mín/Medio	Mín/Máx	Medio/Máx
Plano de Trabajo (h=0.00 m)	Iluminancia Horizontal (E)	5.9 lux	1.6 lux	11.5 lux	0.28	0.14	0.51
					1:3.60	1:7.04	1:1.95
Suelo	Iluminancia Horizontal (E)	5.9 lux	1.6 lux	11.5 lux	0.28	0.14	0.51
					1:3.60	1:7.04	1:1.95

Tipo Cálculo

Sólo Dir. + Equipo + Sombras

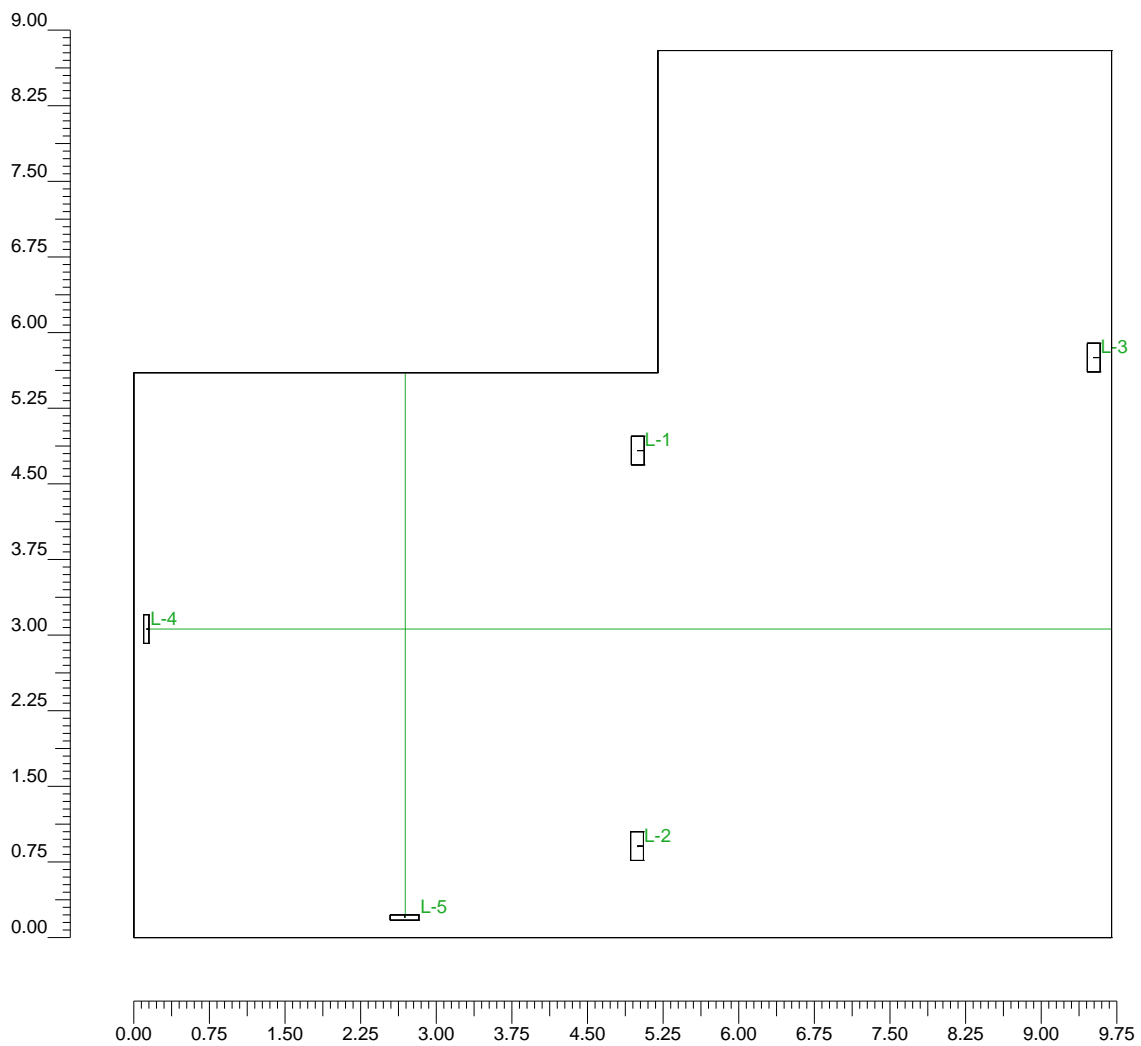
## 2.1 Vista 2D Plano Trabajo y Retícula de Cálculo

Escala 1/75



## 2.2 Vista 2D en Planta

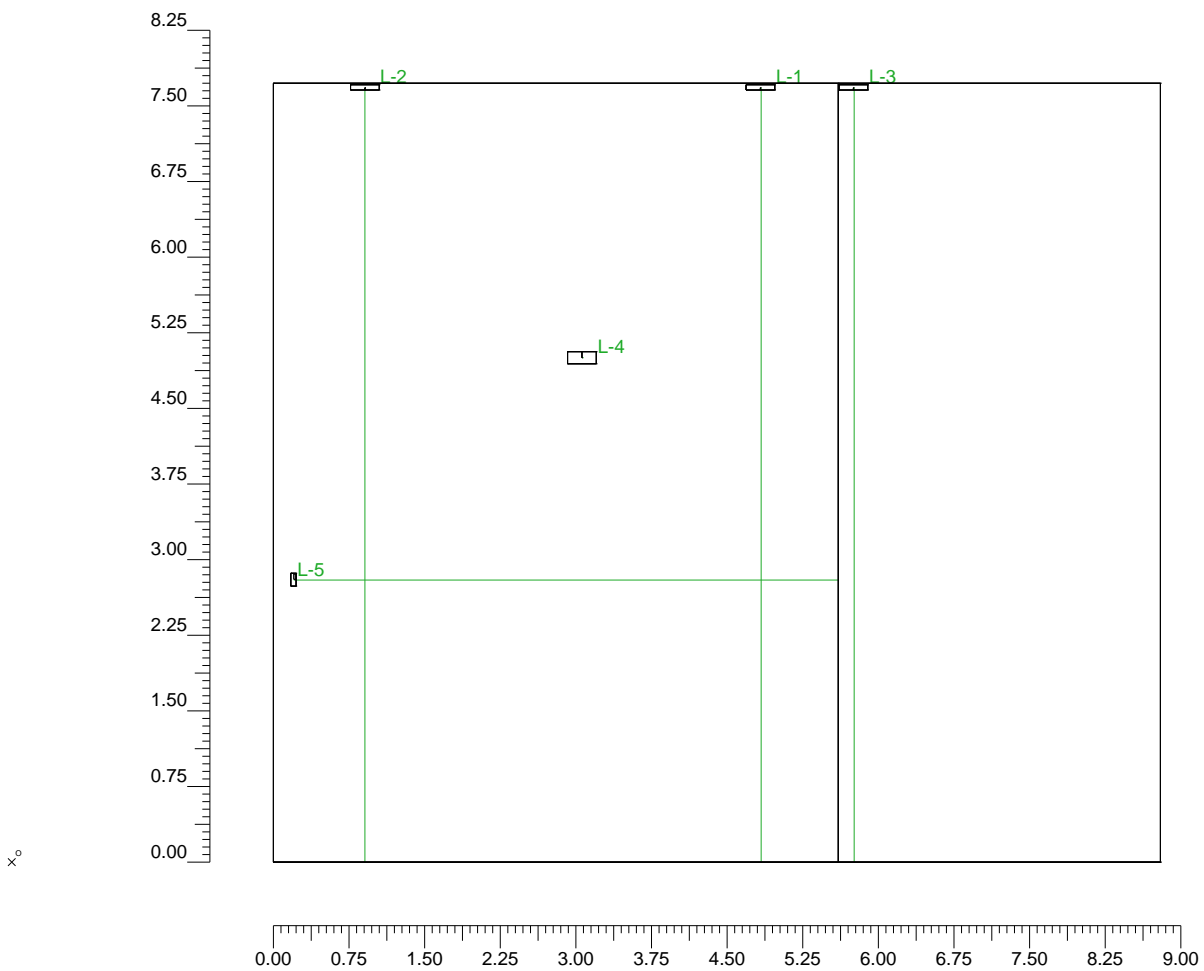
Escala 1/75



x°

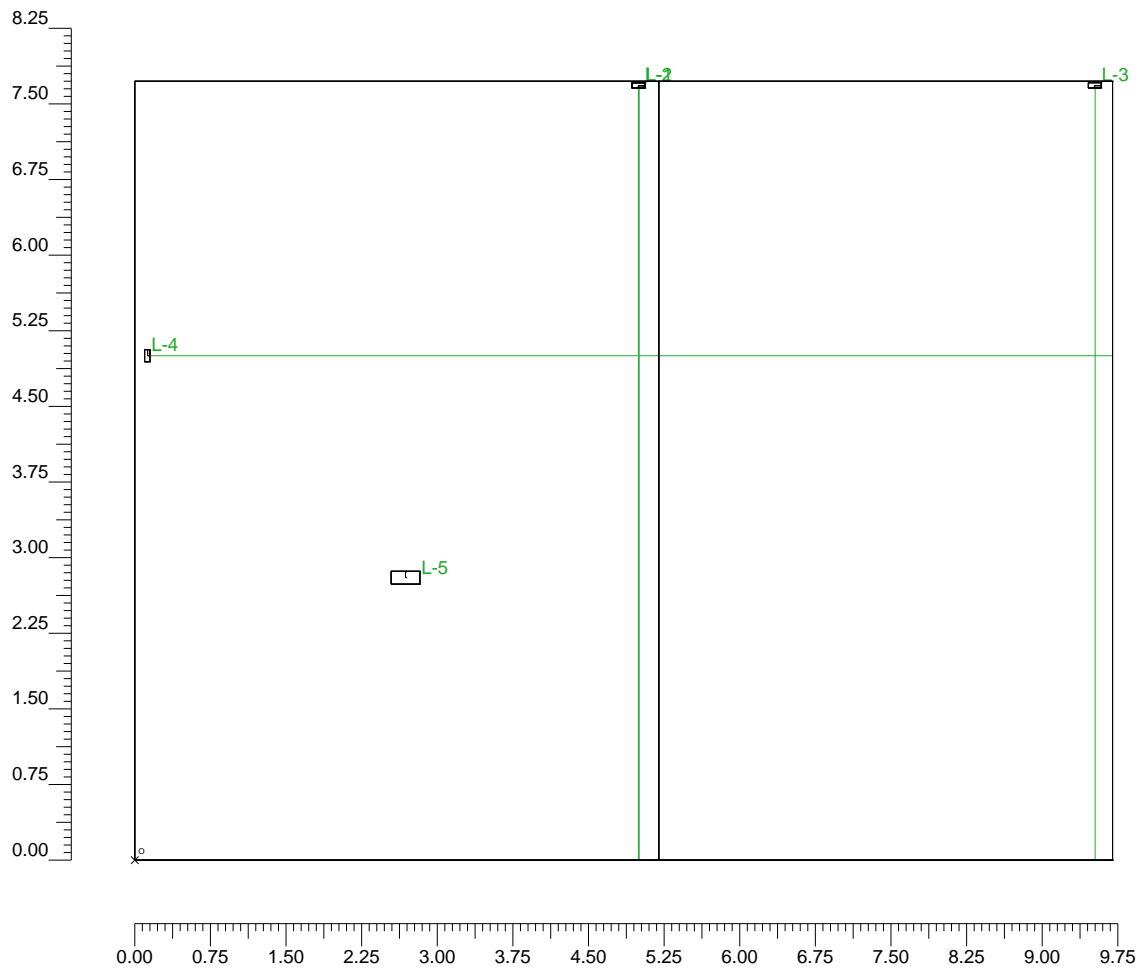
### 2.3 Vista Lateral

Escala 1/75



## 2.4 Vista Frontal

Escala 1/75



### 3.1 Información Luminarias/Ensayos

Ref.	Línea	Nombre Luminaria (Nombre Ensayo)	Código Luminaria (Código Ensayo)	Luminarias N.	Ref.Lamp.	Lámparas N.
A	URA34LED	URA34LED / 450 lum 1h (URA34LED / 450 lum)	661245 (661245)	5	LMP-A	1

### 3.2 Información Lámparas

Ref.Lamp.	Tipo	Código	Flujo lm	Potencia W	Color K	N.
LMP-A	FDH	LED 661245	450	0	0	5

### 3.3 Tabla Resumen Luminarias

Ref.	Lum.	On	Posición Luminarias X[m] Y[m] Z[m]	Rotación Luminarias X° Y° Z°	Código Luminaria	Factor Cons.	Código Lámpara	Flujo lm
A	1	X	5.00;7.43;7.68	0.0;0.0;0.0	661245	1.00	LED 661245	1*450
	2	X	5.00;3.51;7.68	0.0;0.0;0.0		1.00		
	3	X	9.52;8.35;7.68	0.0;0.0;0.0		1.00		
	4	X	0.13;5.66;5.00	0.0;-90.0;0.0		1.00		
	5	X	2.69;2.80;2.80	90.0;-90.0;0.0		1.00		

### 3.4 Tabla Resumen Enfoques

Torre	Fila	Columna	Ref. 2D	On	Posición Luminarias X[m] Y[m] Z[m]	Rotación Luminarias X° Y° Z°	Enfoques X[m] Y[m] Z[m]	R.Eje °	Factor Cons.	Ref.
			L-1	X	5.00;7.43;7.68	0.0;0.0;0.0	5.00;7.43;0.00	0	1.00	A
			L-2	X	5.00;3.51;7.68	0.0;0.0;0.0	5.00;3.51;0.00	0	1.00	A
			L-3	X	9.52;8.35;7.68	0.0;0.0;0.0	9.52;8.35;0.00	0	1.00	A
			L-4	X	0.13;5.66;5.00	0.0;-90.0;0.0	9.70;5.66;5.00	0	1.00	A
			L-5	X	2.69;2.80;2.80	90.0;-90.0;0.0	2.69;8.20;2.80	-0	1.00	A

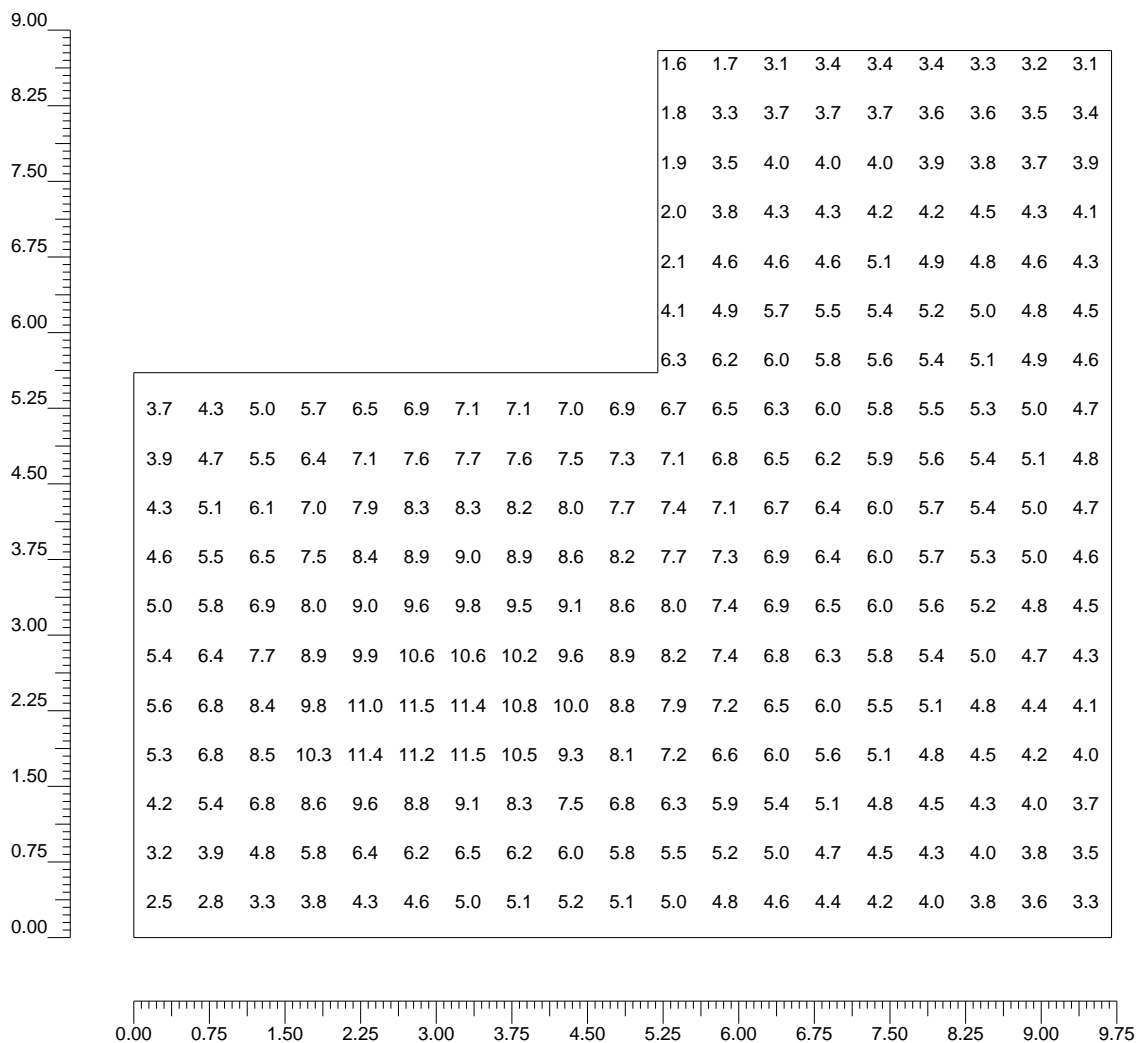
### 4.1 Valores de Iluminancia Horizontal sobre Plano de Trabajo

O (x:0.00 y:2.60 z:0.00)	Resultados	Medio	Mínimo	Máximo	Mín/Medio	Mín/Máx	Medio/Máx
DX:0.51 DY:0.49	Iluminancia Horizontal (E)	5.9 lux	1.6 lux	11.5 lux	0.28 1:3.60	0.14 1:7.04	0.51 1:1.95

Tipo Cálculo

Sólo Dir. + Equipo + Sombras

Escala 1/75





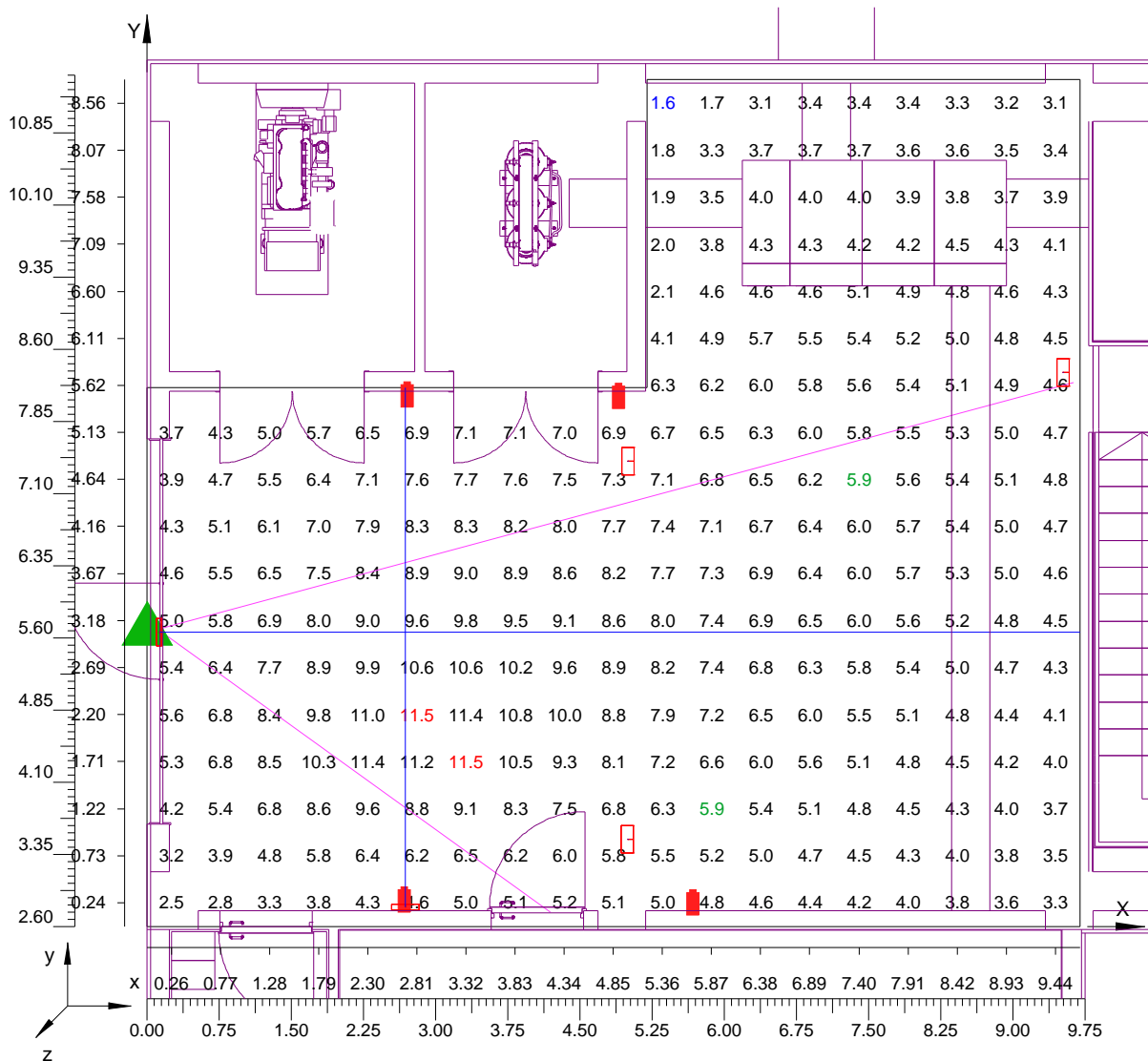
## 4.2 Valores de Iluminancia sobre: Plano de Trabajo

O (x:0.00 y:2.60 z:0.00)	Resultados	Medio	Mínimo	Máximo	Mín/Medio	Mín/Máx	Medio/Máx
DX:0.51 DY:0.49	Iluminancia Horizontal (E)	5.9 lux	1.6 lux	11.5 lux	0.28 1:3.60	0.14 1:7.04	0.51 1:1.95

Tipo Cálculo

Sólo Dir. + Equipo + Sombras

Escala 1/75



## 1.1 Información sobre Area/Local

Superficie	Dimensiones [m]	Ángulo°	Color	Coefficiente Reflexión	Ilum.Media [lux]	Luminancia Media [cd/m²]
Techo	7.70x7.80	Plano	RGB=255,255,255	80%	2.1	0.54
Pared 6	12.75x5.60	-180°	RGB=255,249,128	65%	3.6	0.75
Pared 5	12.75x3.40	90°	RGB=255,249,128	65%	4.8	1.00
Pared 4	12.75x2.10	-180°	RGB=255,249,128	65%	1.3	0.27
Pared 3	12.75x4.40	90°	RGB=255,249,128	65%	2.6	0.55
Pared 2	12.75x7.70	0°	RGB=255,249,128	65%	3.6	0.74
Pared 1	12.75x7.80	-90°	RGB=255,249,128	65%	1.4	0.30
Suelo	7.80x7.70	Plano	RGB=205,153,95	40%	1.9	0.24

Dimensiones Paralelepípedo que incluye el Area/Local [m]:

7.70x7.80x12.75

Reticula Puntos de Medida del Paralelepípedo [m]:

dirección X 0.51 - Y 0.49 - Z 0.49

## 1.2 Cálculo Energético (Plano de Trabajo)

Área	52.92 m2
Iluminancia Media	1.86 lx
Potencia Específica	0.00 W/m2
Valor de Eficiencia Energética (VEEI)	0.00 W/(m2 * 100lx)
Eficiencia Energética	-(m2*lx)/W
Potencia Total Utilizada	0.00 W

## 1.3 Parámetros de Calidad de la Instalación

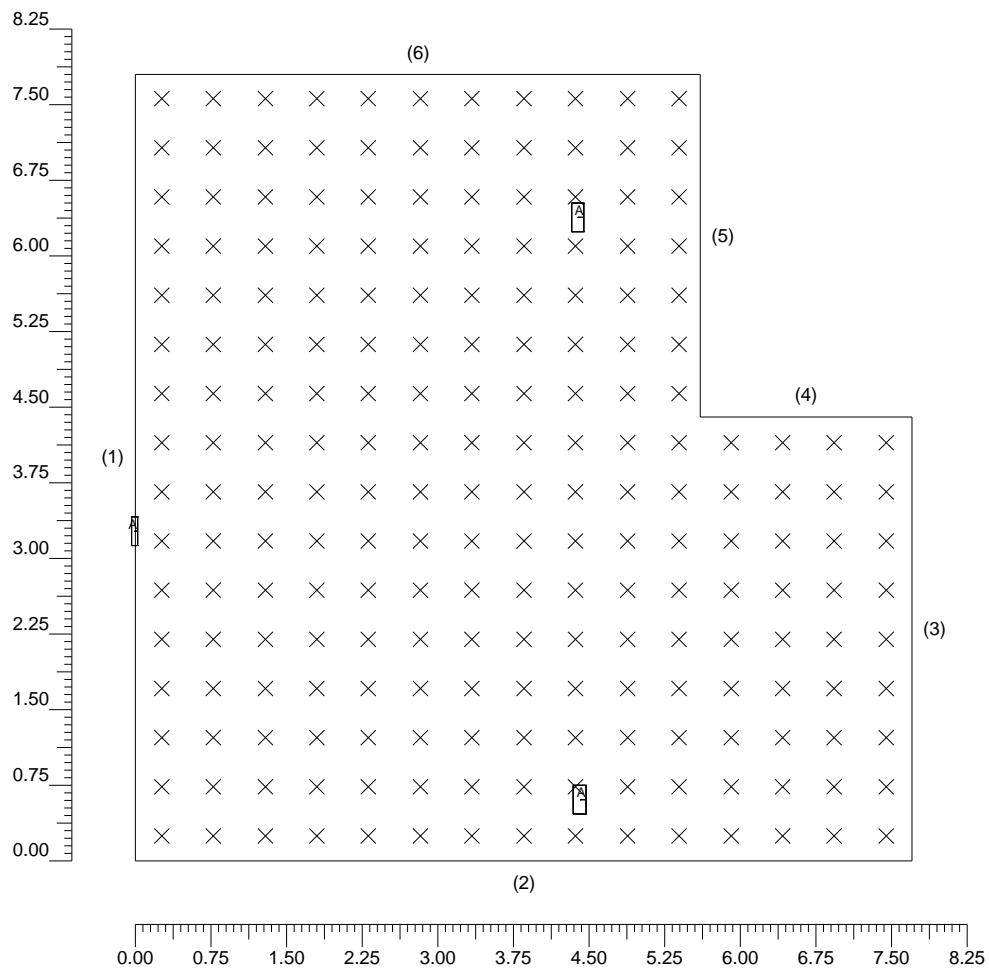
Superficie	Resultados	Medio	Mínimo	Máximo	Mín/Medio	Mín/Máx	Medio/Máx
Plano de Trabajo (h=0.00 m)	Iluminancia Horizontal (E)	1.9 lux	1.1 lux	2.5 lux	0.57	0.42	0.73
					1:1.74	1:2.38	1:1.37
Suelo	Iluminancia Horizontal (E)	1.9 lux	1.1 lux	2.5 lux	0.57	0.42	0.73
					1:1.74	1:2.38	1:1.37

Tipo Cálculo

Sólo Dir. + Equipo + Sombras

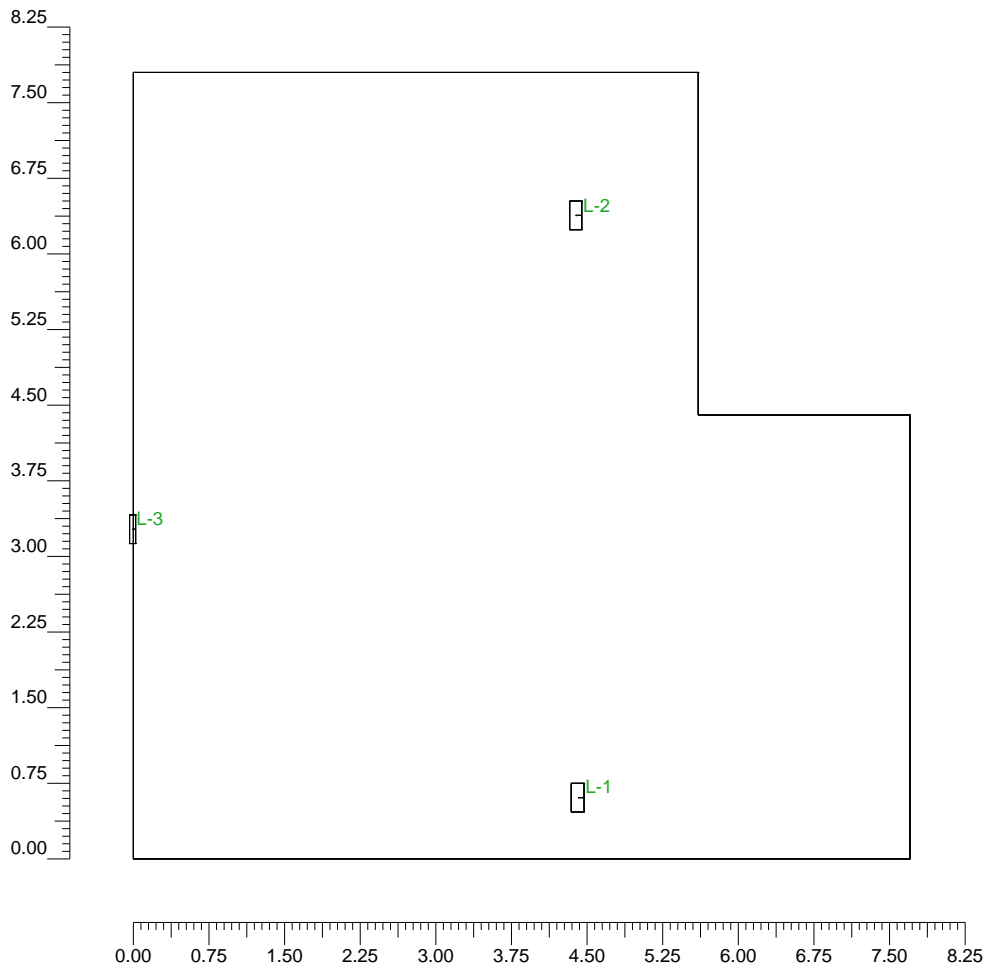
## 2.1 Vista 2D Plano Trabajo y Retícula de Cálculo

Escala 1/75



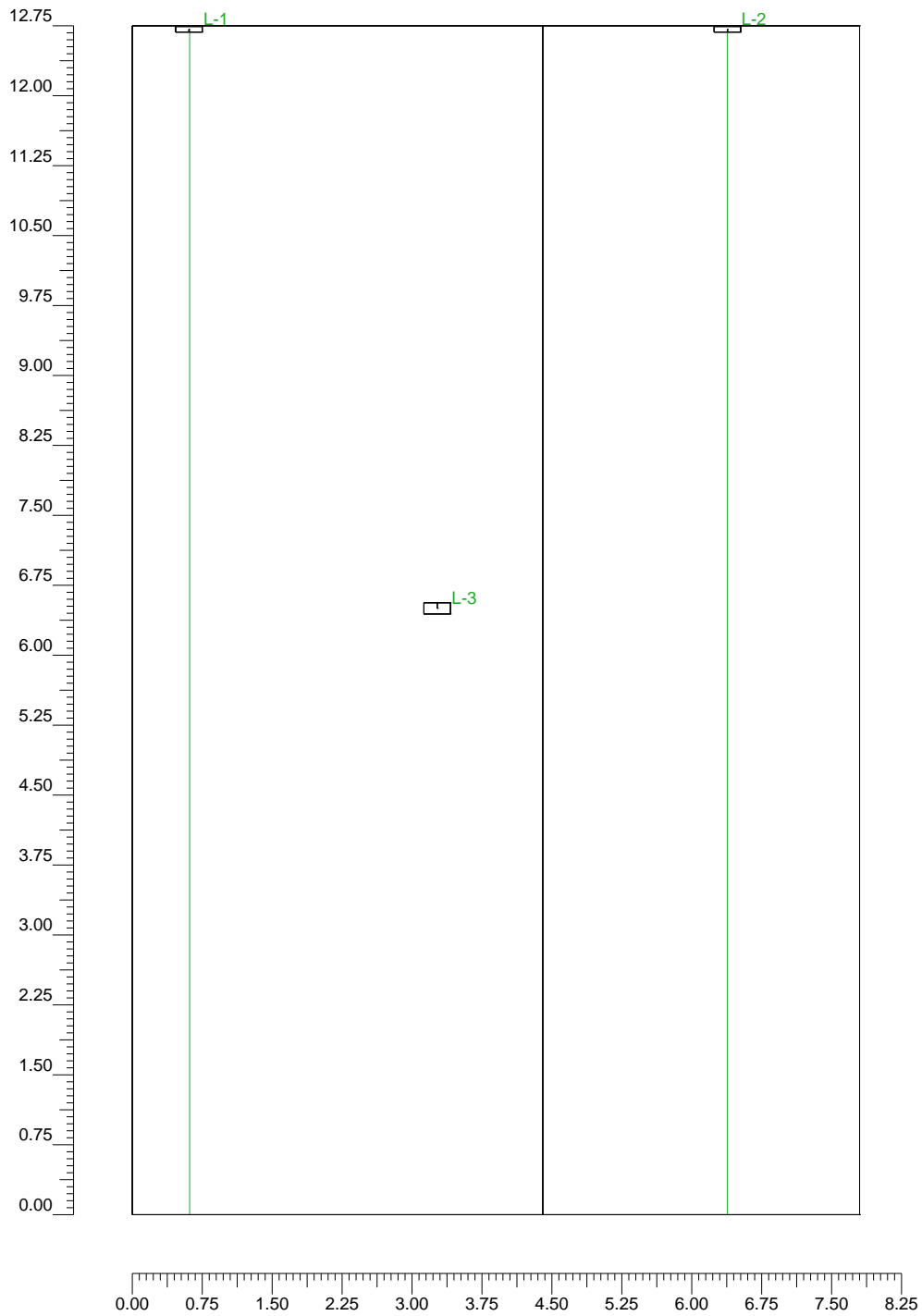
## 2.2 Vista 2D en Planta

Escala 1/75



## 2.3 Vista Lateral

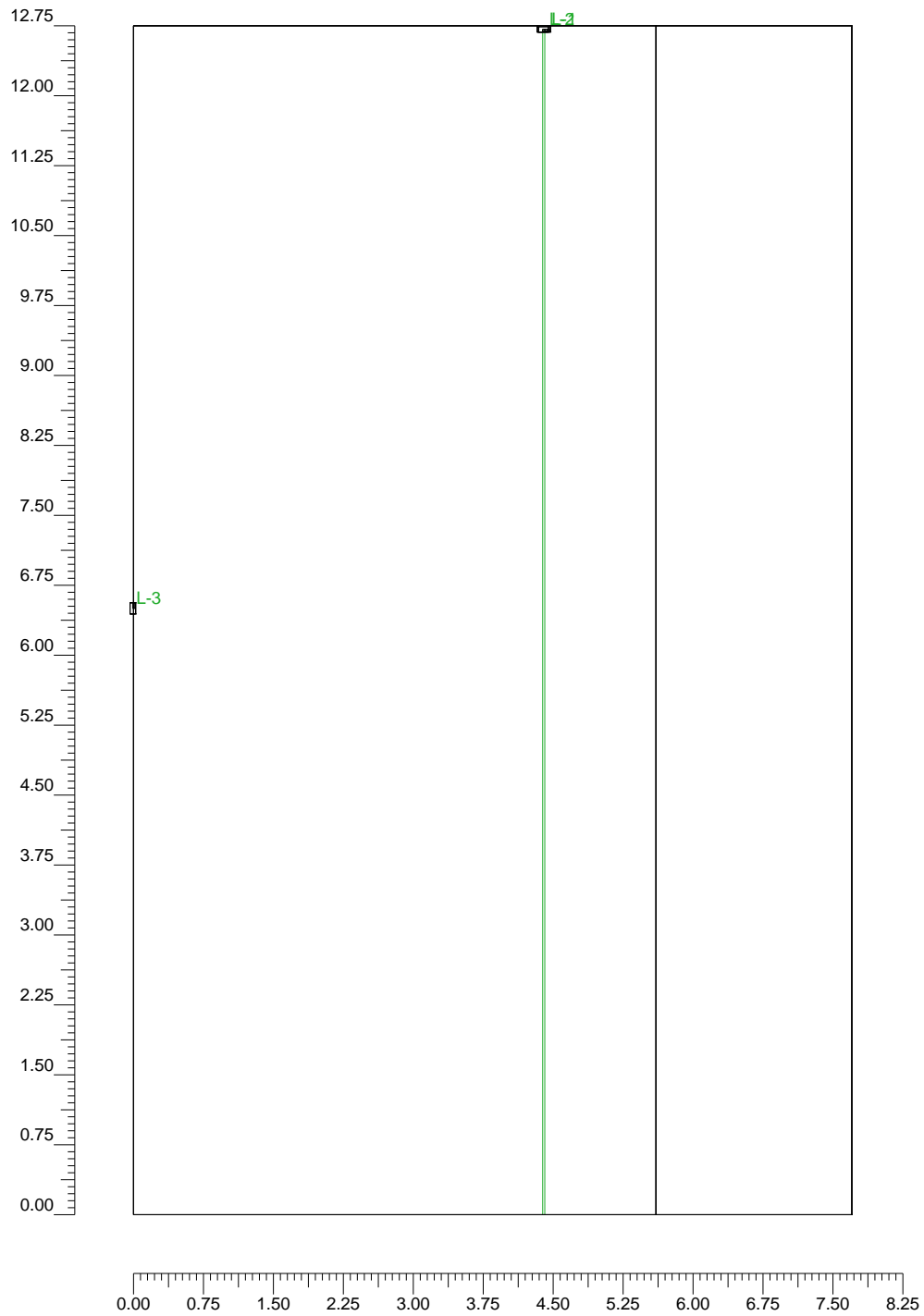
Escala 1/75



x°

## 2.4 Vista Frontal

Escala 1/75



### 3.1 Información Luminarias/Ensayos

Ref.	Línea	Nombre Luminaria (Nombre Ensayo)	Código Luminaria (Código Ensayo)	Luminarias N.	Ref.Lamp.	Lámparas N.
A	URA34LED	URA34LED / 450 lum 1h (URA34LED / 450 lum)	661245 (661245)	3	LMP-A	1

### 3.2 Información Lámparas

Ref.Lamp.	Tipo	Código	Flujo lm	Potencia W	Color K	N.
LMP-A	FDH	LED 661245	450	0	0	3

### 3.3 Tabla Resumen Luminarias

Ref.	Lum.	On	Posición Luminarias X[m] Y[m] Z[m]	Rotación Luminarias X° Y° Z°	Código Luminaria	Factor Cons.	Código Lámpara	Flujo lm
A	1	X	14.30;3.81;12.71	0.0;0.0;0.0	661245	1.00	LED 661245	1*450
	2	X	14.28;9.58;12.71	0.0;0.0;0.0		1.00		
	3	X	9.89;6.47;6.50	0.0;-90.0;0.0		1.00		

### 3.4 Tabla Resumen Enfoques

Torre	Fila	Columna	Ref. 2D	On	Posición Luminarias X[m] Y[m] Z[m]	Rotación Luminarias X° Y° Z°	Enfoques X[m] Y[m] Z[m]	R.Eje °	Factor Cons.	Ref.
			L-1	X	14.30;3.81;12.71	0.0;0.0;0.0	14.30;3.81;0.00	0	1.00	A
			L-2	X	14.28;9.58;12.71	0.0;0.0;0.0	14.28;9.58;0.00	0	1.00	A
			L-3	X	9.89;6.47;6.50	0.0;-90.0;0.0	9.90;6.47;6.50	0	1.00	A

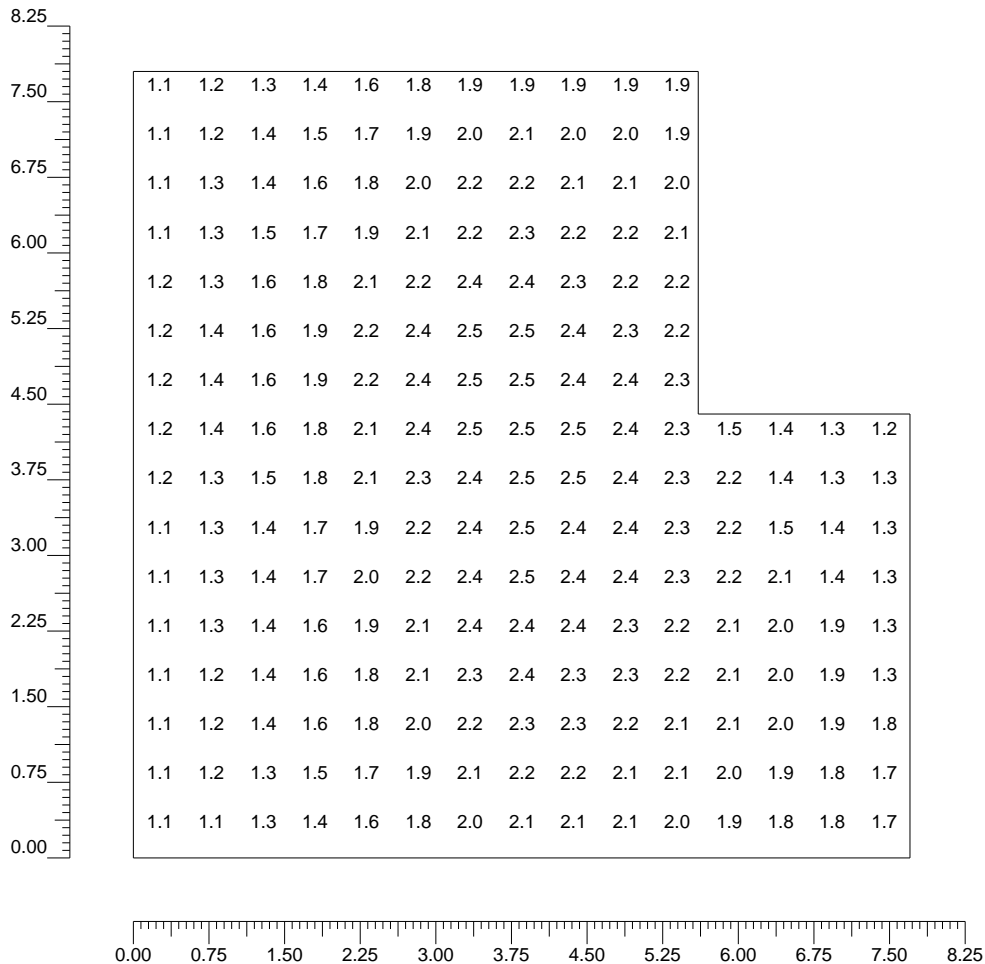
### 4.1 Valores de Iluminancia Horizontal sobre Plano de Trabajo

O (x:9.90 y:11.00 z:0.00)	Resultados	Medio	Mínimo	Máximo	Mín/Medio	Mín/Máx	Medio/Máx
DX:0.49 DY:0.51	Iluminancia Horizontal (E)	1.9 lux	1.1 lux	2.5 lux	0.57 1:1.74	0.42 1:2.38	0.73 1:1.37

Tipo Cálculo

Sólo Dir. + Equipo + Sombras

Escala 1/75





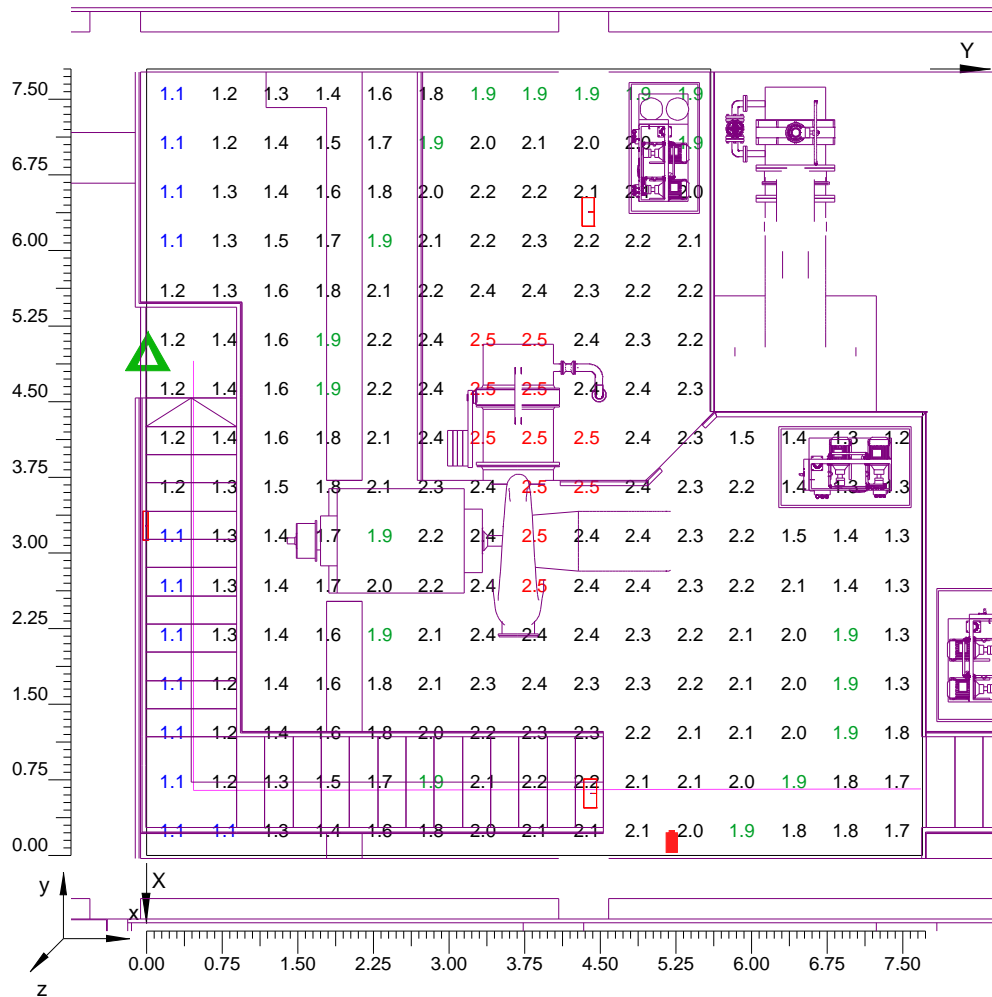
## 4.2 Valores de Iluminancia sobre: Plano de Trabajo

O (x:9.90 y:11.00 z:0.00)	Resultados	Medio	Mínimo	Máximo	Mín/Medio	Mín/Máx	Medio/Máx
DX:0.49 DY:0.51	Iluminancia Horizontal (E)	1.9 lux	1.1 lux	2.5 lux	0.57 1:1.74	0.42 1:2.38	0.73 1:1.37

Tipo Cálculo

Sólo Dir. + Equipo + Sombras

Escala 1/75



## 1.1 Información sobre Area/Local

Superficie	Dimensiones [m]	Ángulo°	Color	Coefficiente Reflexión	Ilum.Media [lux]	Luminancia Media [cd/m²]
Techo	7.80x12.20	Plano	RGB=255,255,255	80%	1.0	0.27
Pared 6	14.40x4.40	-90°	RGB=255,249,128	65%	3.8	0.79
Pared 5	14.40x2.00	0°	RGB=255,249,128	65%	1.1	0.23
Pared 4	14.40x3.40	-90°	RGB=255,249,128	65%	2.3	0.49
Pared 3	14.40x12.20	-180°	RGB=255,249,128	65%	3.8	0.79
Pared 2	14.40x7.80	90°	RGB=255,249,128	65%	2.1	0.44
Pared 1	14.40x10.20	0°	RGB=255,249,128	65%	4.2	0.86
Suelo	12.20x7.80	Plano	RGB=205,153,95	40%	2.7	0.34

Dimensiones Paralelepípedo que incluye el Area/Local [m]:

12.20x7.80x14.40

Reticula Puntos de Medida del Paralelepípedo [m]:

dirección X 0.51 - Y 0.49 - Z 0.50

## 1.2 Cálculo Energético (Plano de Trabajo)

Área	86.36 m2
Iluminancia Media	2.70 lx
Potencia Específica	0.00 W/m2
Valor de Eficiencia Energética (VEEI)	0.00 W/(m2 * 100lx)
Eficiencia Energética	-(m2*lx)/W
Potencia Total Utilizada	0.00 W

## 1.3 Parámetros de Calidad de la Instalación

Superficie	Resultados	Medio	Mínimo	Máximo	Mín/Medio	Mín/Máx	Medio/Máx
Plano de Trabajo (h=0.00 m)	Iluminancia Horizontal (E)	2.7 lux	1.1 lux	4.6 lux	0.40	0.23	0.59
					1:2.50	1:4.26	1:1.71
Suelo	Iluminancia Horizontal (E)	2.7 lux	1.1 lux	4.6 lux	0.40	0.23	0.59
					1:2.50	1:4.26	1:1.71

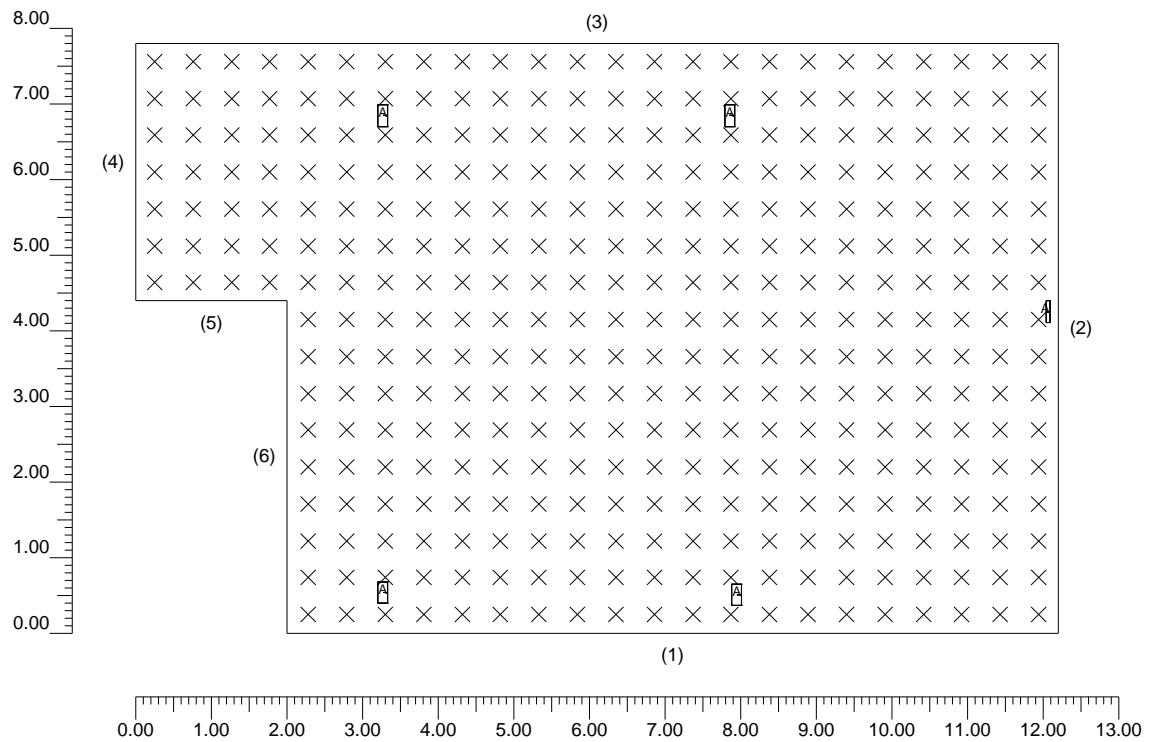
Tipo Cálculo

Sólo Dir. + Equipo + Sombras

## 2.1 Vista 2D Plano Trabajo y Retícula de Cálculo

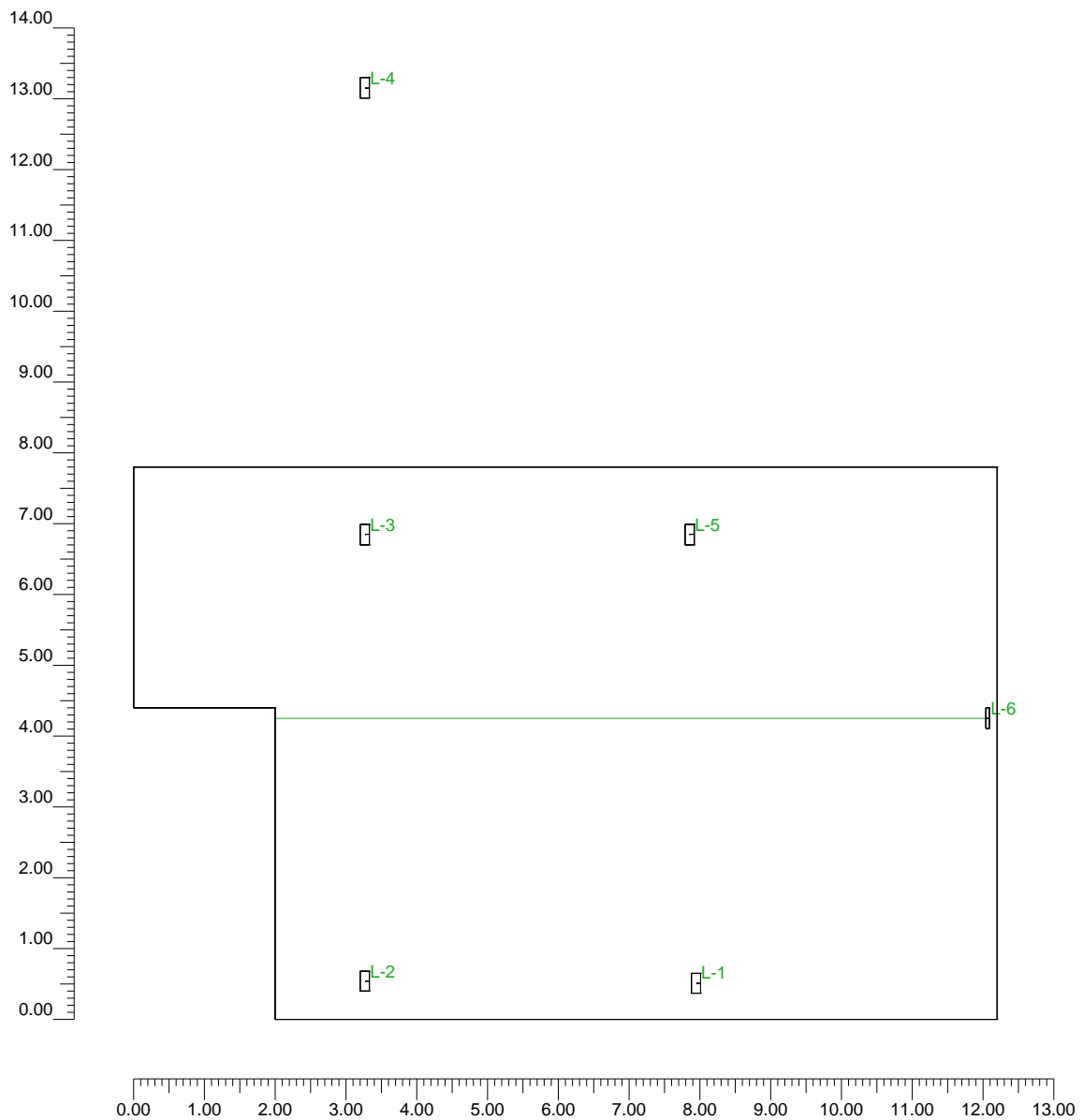
Escala 1/100

⌘



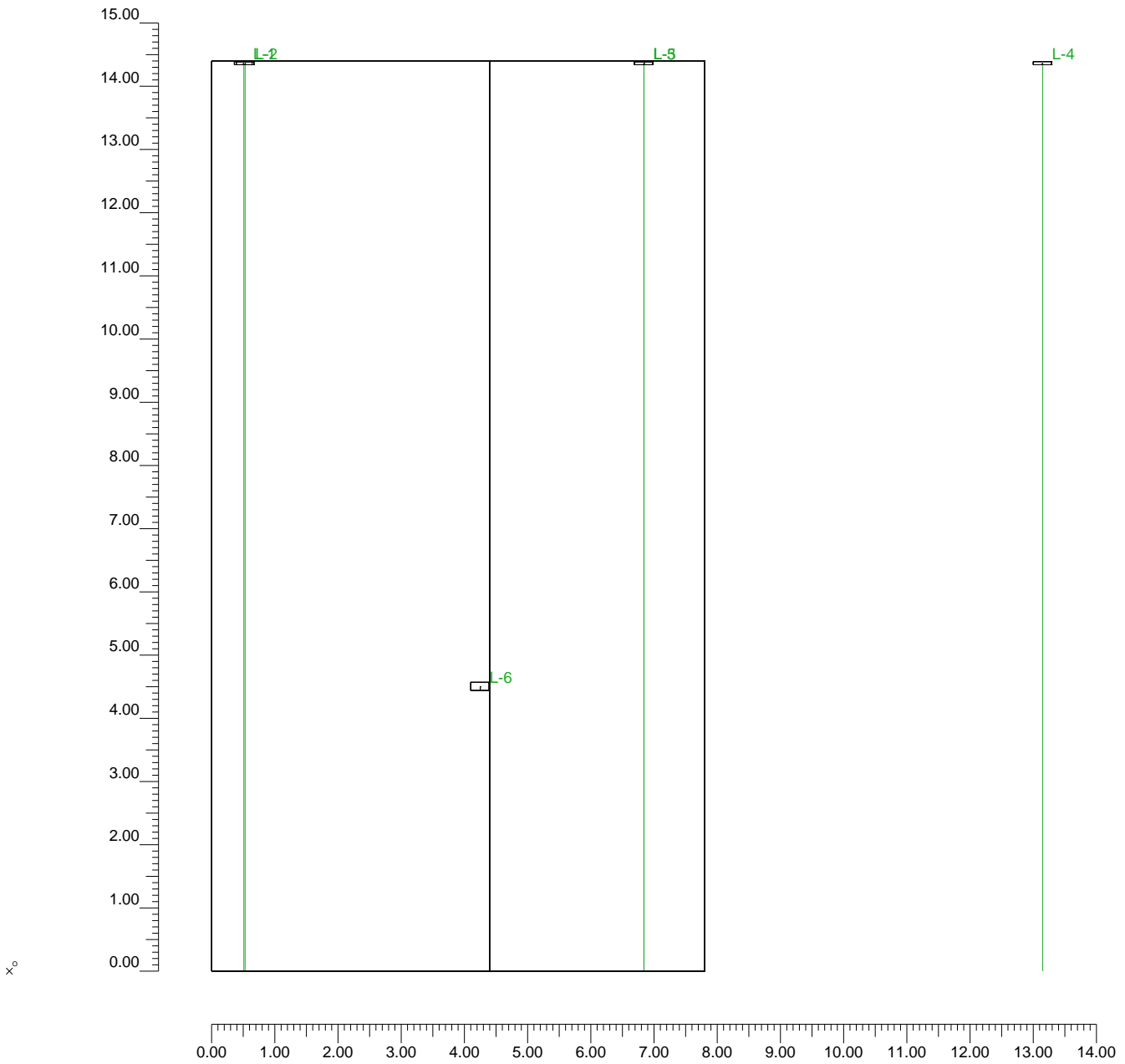
## 2.2 Vista 2D en Planta

Escala 1/100



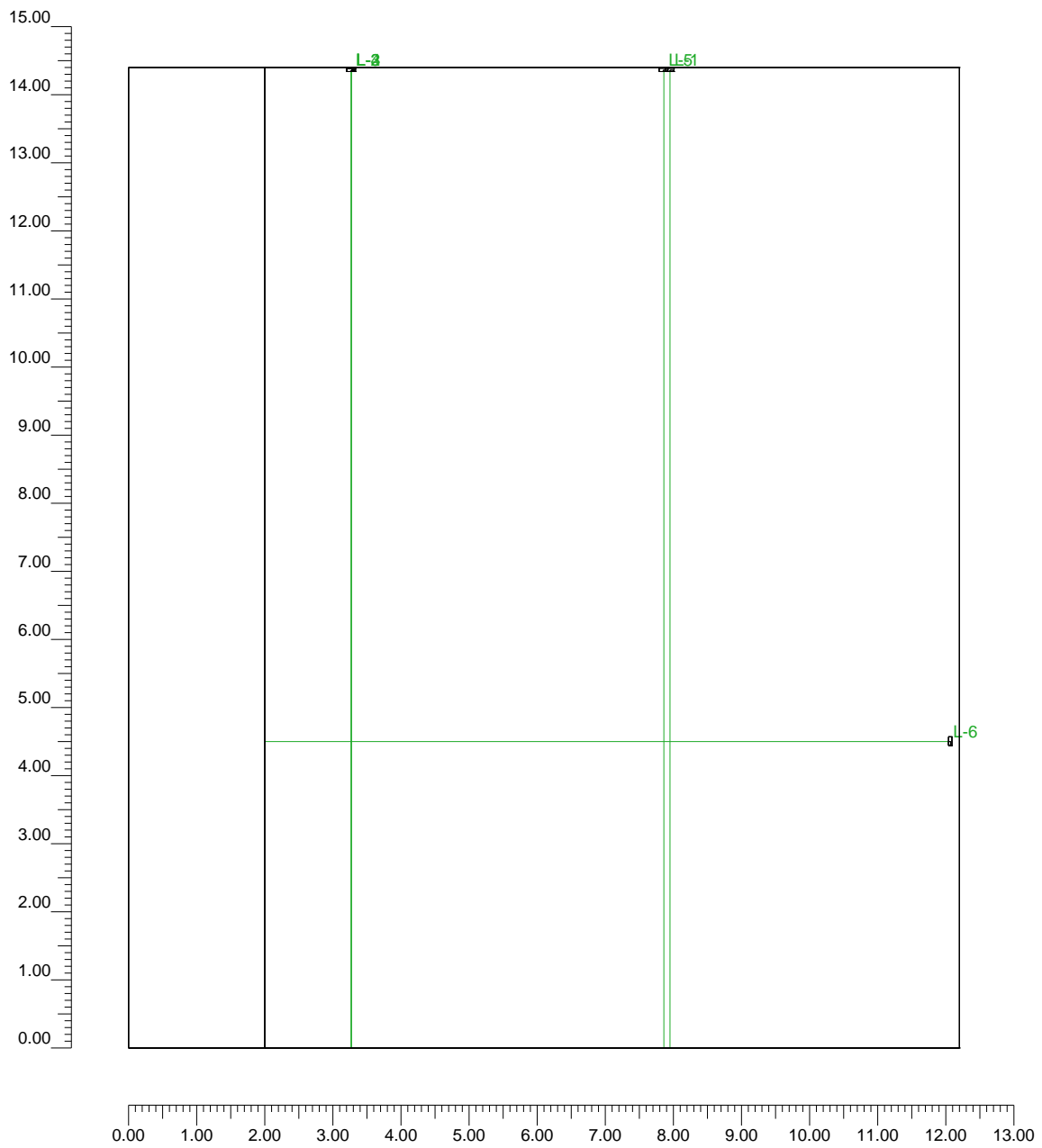
### 2.3 Vista Lateral

Escala 1/100



## 2.4 Vista Frontal

Escala 1/100



### 3.1 Información Luminarias/Ensayos

Ref.	Línea	Nombre Luminaria (Nombre Ensayo)	Código Luminaria (Código Ensayo)	Luminarias N.	Ref.Lamp.	Lámparas N.
A	URA34LED	URA34LED / 450 lum 1h (URA34LED / 450 lum)	661245 (661245)	6	LMP-A	1

### 3.2 Información Lámparas

Ref.Lamp.	Tipo	Código	Flujo lm	Potencia W	Color K	N.
LMP-A	FDH	LED 661245	450	0	0	6

### 3.3 Tabla Resumen Luminarias

Ref.	Lum.	On	Posición Luminarias X[m] Y[m] Z[m]	Rotación Luminarias X° Y° Z°	Código Luminaria	Factor Cons.	Código Lámpara	Flujo lm
A	1	X	23.55;3.71;14.36	0.0;0.0;0.0	661245	1.00	LED 661245	1*450
	2	X	18.87;3.73;14.36	0.0;0.0;0.0		1.00		
	3	X	18.87;10.04;14.36	0.0;0.0;0.0		1.00		
	4	X	18.87;16.35;14.36	0.0;0.0;0.0		1.00		
	5	X	23.46;10.04;14.36	0.0;0.0;0.0		1.00		
	6	X	27.67;7.45;4.50	0.0;90.0;0.0		1.00		

### 3.4 Tabla Resumen Enfoques

Torre	Fila	Columna	Ref. 2D	On	Posición Luminarias X[m] Y[m] Z[m]	Rotación Luminarias X° Y° Z°	Enfoques X[m] Y[m] Z[m]	R.Eje °	Factor Cons.	Ref.
			L-1	X	23.55;3.71;14.36	0.0;0.0;0.0	23.55;3.71;0.00	0	1.00	A
			L-2	X	18.87;3.73;14.36	0.0;0.0;0.0	18.87;3.73;0.00	0	1.00	A
			L-3	X	18.87;10.04;14.36	0.0;0.0;0.0	18.87;10.04;0.00	0	1.00	A
			L-4	X	18.87;16.35;14.36	0.0;0.0;0.0	18.87;16.35;0.00	-45	1.00	A
			L-5	X	23.46;10.04;14.36	0.0;0.0;0.0	23.46;10.04;0.00	0	1.00	A
			L-6	X	27.67;7.45;4.50	0.0;90.0;0.0	17.60;7.45;4.50	-180	1.00	A

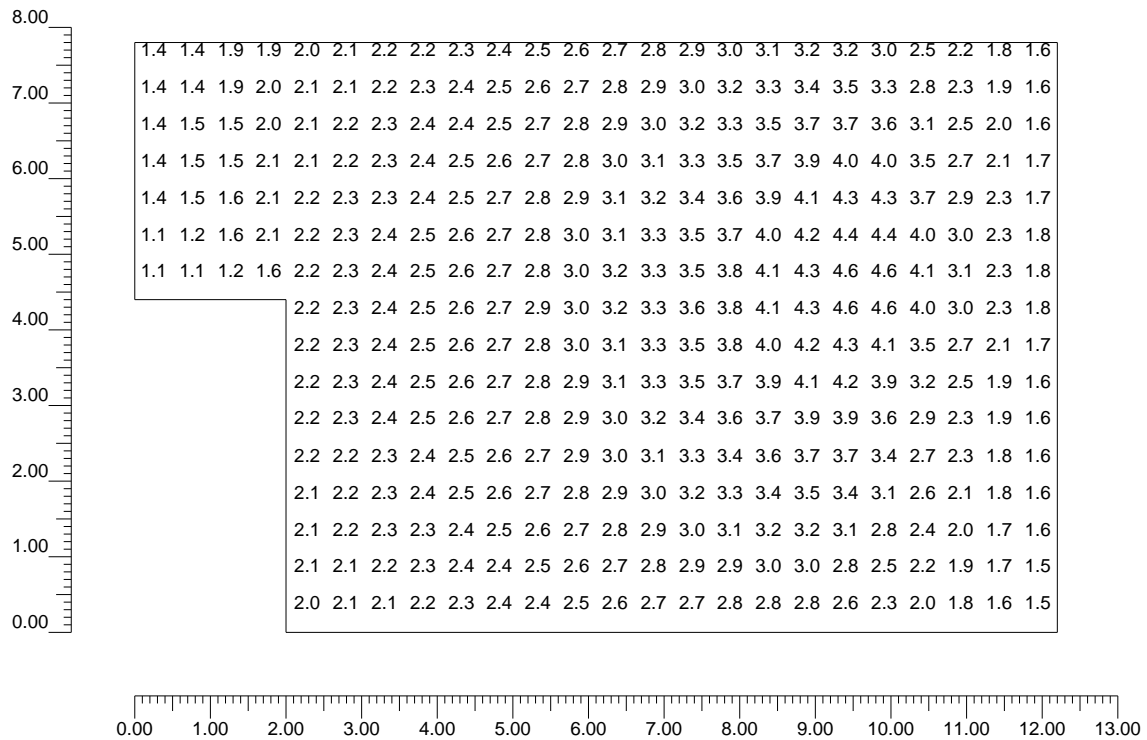
### 4.1 Valores de Iluminancia Horizontal sobre Plano de Trabajo

O (x:15.60 y:3.20 z:0.00)	Resultados	Medio	Mínimo	Máximo	Mín/Medio	Mín/Máx	Medio/Máx
DX:0.51 DY:0.49	Iluminancia Horizontal (E)	2.7 lux	1.1 lux	4.6 lux	0.40 1:2.50	0.23 1:4.26	0.59 1:1.71

Tipo Cálculo

Sólo Dir. + Equipo + Sombras

Escala 1/100





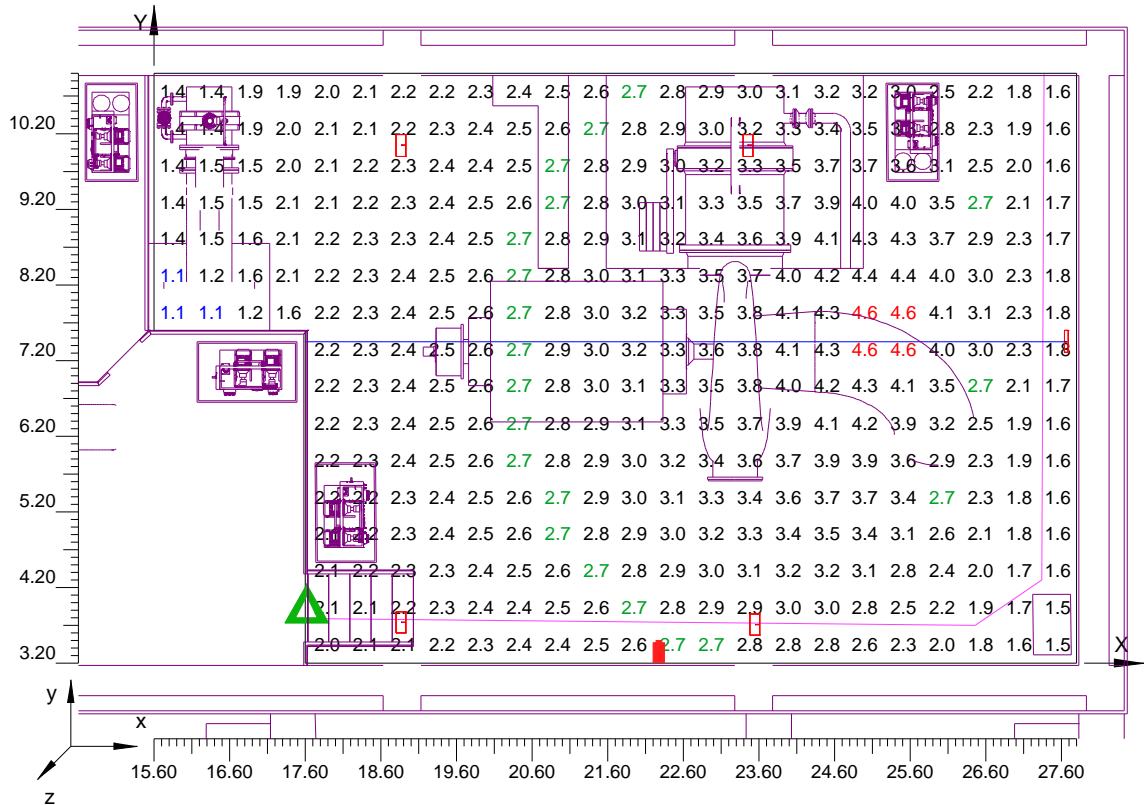
## 4.2 Valores de Iluminancia sobre: Plano de Trabajo

O (x:15.60 y:3.20 z:0.00)	Resultados	Medio	Mínimo	Máximo	Mín/Medio	Mín/Máx	Medio/Máx
DX:0.51 DY:0.49	Iluminancia Horizontal (E)	2.7 lux	1.1 lux	4.6 lux	0.40 1:2.50	0.23 1:4.26	0.59 1:1.71

Tipo Cálculo

Sólo Dir. + Equipo + Sombras

Escala 1/100



## 4. ABASTECIMIENTO DE AGUA

### 4.1. ALCANCE

El alcance del presente epígrafe es el diseño, dimensionamiento y cálculo de las instalaciones de abastecimiento de la Central Hidroeléctrica Irueña.

### 4.2. NORMATIVA APLICABLE

La normativa de referencia cumplirá la última edición de las siguientes normas:

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (BOE 28/3/2006) y sus posteriores actualizaciones y corrección de errores.
- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y sus posteriores actualizaciones y corrección de errores.

### 4.3. REQUERIMIENTOS DE SUMINISTRO

#### 4.3.1. CAUDALES MÍNIMOS

Tal y como se establece en el DB HS 4 del CTE, los caudales mínimos de suministro a cada tipo de aparato son los siguientes:

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría (dm <sup>3</sup> /s)	Caudal instantáneo mínimo de ACS (dm <sup>3</sup> /s)
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Inodoro con cisterna	0,10	-

Tabla 4. Caudales mínimos de suministro a aparatos.

La presión en los puntos de consumo será de 100 kPa, por lo menos, y no superará los 500 kPa. La temperatura de ACS en los puntos de consumo estará comprendida entre los 50°C y los 65°C.

#### 4.3.2. AISLAMIENTO TERMICO MINIMO

El espesor del aislamiento de las conducciones de ACS se dimensiona de acuerdo a lo indicado en el “Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE)” y sus instrucciones técnicas complementarias (ITE), según el cual todas las tuberías y accesorios, así como equipos, aparatos y depósitos de instalaciones térmicas dispondrán de un aislamiento térmico cuando contengan fluidos con temperatura mayor que 40 °C. Cuando estén instalados en locales no calefactados.

En este caso, puesto que se trata de una instalación de poca longitud y para un único aseo (DN 20), el espesor de aislamiento será igual a 10 mm, según lo indicado en el punto 7 de la IT 1.2.4.2.1.2 del RITE.

#### 4.3.3. OTROS

Las tuberías de agua fría deben discurrir separadas de las de agua caliente una distancia mínima de 4 cm. Si dos tuberías están en un mismo plano vertical, la de agua fría discurrirá siempre por debajo de la de agua caliente.

Además, las tuberías deben ir por debajo de cualquier canalización o elemento que contenga dispositivos eléctricos o electrónicos, así como cualquier red de telecomunicaciones, guardando una distancia en paralelo de al menos 30 cm.

### 4.4. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO

#### 4.4.1. ACOMETIDA

El agua apta para el consumo humano se almacenara en un depósito enterrado, desde el cual se bombeará al aseo, según se indica en el correspondiente plano. El depósito podrá ser alimentado desde dos fuentes independientes, una de ellas discurrirá desde un picaje realizado en la tubería de admisión de una de las turbinas y la otra se realizará desde la red de abastecimiento, si existiese.

#### 4.4.2. DERIVACIONES

Se proyecta una derivación a cuarto húmedo (aseo), que contara con llave de corte a la entrada del mismo.

#### 4.4.3. TRAMOS DE TUBERIA HASTA PUNTOS DE CONSUMO

Cada punto de consumo contara con una llave de corte individual.

Los diámetros de cada tramo, los cuales se especifican en el plano correspondiente, se han calculado a partir de los datos de caudales anteriores y considerando una velocidad de circulación de agua entre 0,5 y 2 m/s. En las derivaciones a los diferentes aparatos, se respetaran los diámetros indicados en la siguiente tabla.

Aparato	Tubo de acero	Tubo de cobre o plástico
Lavabo	½"	12
Ducha	½"	12

Aparato	Tubo de acero	Tubo de cobre o plástico
Inodoro con cisterna	½"	12

Tabla 5. Diámetros de las derivaciones de tubería a los aparatos.

En este caso, la instalación de fontanería se proyecta con tubo de acero galvanizado estirado sin soldadura, con los siguientes diámetros equivalentes:

Diametro (")	Diametro (mm)
½	DN 15
¾	DN 20
1	DN 25
1 ¼	DN 32
1 ½	DN 40
2	DN 50

Tabla 6. Equivalencia de diámetros.

#### 4.4.4. UNIONES Y JUNTAS

Las uniones de tubos cumplirán las condiciones siguientes:

- Deben ser estancas.
- Resistirán adecuadamente a la tracción, o bien la red absorberá con el adecuado establecimiento de puntos fijos y en tuberías enterradas mediante estribos y apoyos dispuestos en curvas y derivaciones.
- En las uniones de tubos de acero galvanizado o cincado, como es el caso, las roscas de los tubos serán del tipo cónico, de acuerdo a la norma UNE 10242:1995.
- No podrán curvar salvo cuando se verifiquen los criterios de la norma UNE EN 10240:1998.

#### 4.4.5. VALVULAS Y LLAVES

El material de las válvulas y llaves no será incompatible con las tuberías en que se intercalen.

- En este caso, se instalarán válvulas de latón niquelado.
- El cuerpo de la llave o válvula será de una sola pieza.
- Eran resistentes a una presión de servicio de 10 bar.

#### 4.4.6. AGUA CALIENTE

En el baño de la central hidroeléctrica se dispondrá de un termo eléctrico de 50 L, permitiendo disponer de agua caliente destinada al aseo del personal de mantenimiento.

## 5. SANEAMIENTO

### 5.1. EVACUACION DE AGUAS FECALES

#### 5.1.1. REQUERIMIENTOS DE EVACUACION

Las unidades de desagüe y diámetro mínimo que corresponden a cada tipo de aparato, para uso público, se indican a continuación.

Aparato	Unidades de desagüe	Diámetro mínimo de sifón y derivación individual
Lavabo	2	40
Ducha	3	50
Inodoro con cisterna	5	100
Sumidero sifónico	3	50

Tabla 7. UDs y diámetro mínimo de derivación para distintos aparatos.

Los diámetros indicados en la tabla son válidos para ramales individuales cuya longitud no supere los 1,5 m.

#### 5.1.2. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO

El diseño de la red se realiza considerando un sistema separativo, es decir, se considera la red de aguas fecales por un lado y la red de pluviales por otro, de forma separada e independiente.

##### 5.1.2.1. RAMALES COLECTORES

El dimensionamiento del ramal colector del aseo se realiza en base al número máxima de unidades de descarga y a la pendiente considerada (en este caso del 2%) según la tabla siguiente:

Diámetro (mm)	Máximo número de UDs según pendiente		
	1%	2%	4%
32	-	1	1
40	-	2	3
50	-	6	8
63	-	11	14
75	-	21	28
90	47	60	75

Diámetro (mm)	Máximo número de UD's según pendiente		
	1%	2%	4%
100	123	151	181
125	180	234	280
160	438	582	800

Tabla 8. Diámetro de los ramales colectores en función de la pendiente y de las UD's.

Además, se debe tener en cuenta que el diámetro de las conducciones no puede ser menor que el de los tramos situados aguas arriba.

### 5.1.2.2. COLECTORES

El dimensionamiento del colector desde la arqueta a la fosa séptica se realiza considerando la siguiente tabla:

Diámetro (mm)	Máximo número de UD's según pendiente		
	1%	2%	4%
50	-	20	25
63	-	24	29
75	-	38	57
90	96	130	160
110	264	321	382
125	390	480	580
160	880	1056	1300
200	1600	1920	2300

Tabla 9. Diámetro de los colectores en función de la pendiente y de las UD's.

En este caso, se toman los valores de la columna de pendiente 2%.

Los diámetros mostrados, obtenidos en la tabla 4.5 (CTE DB HS 5) garantizan que, bajo condiciones de flujo uniforme, la superficie ocupada por el agua no supera la mitad de la sección transversal de la tubería.

Los colectores enterrados, como es el caso, han de cumplir las siguientes condiciones:

- Los tubos deben disponerse en zanjas de dimensiones adecuadas, situados por debajo de la red de distribución de agua potable.
- Deben tener una pendiente mínima del 2%.
- La acometida de las bajantes y los manguetones a esta red se harán con interposición de una arqueta a pie de bajante, que no debe ser sinfónica.
- Se dispondrán arquetas de registro con una distancia máxima entre ellos de 15 m.

- La unión entre la red vertical y horizontal se realiza con una arqueta dispuesta sobre cimiento de hormigón, con tapa practicable.

### 5.1.2.3. ARQUETAS

Las dimensiones mínimas necesarias (Longitud L y anchura A) de las arquetas se definen en función del diámetro del colector a la salida de estas, tal y como se indica en la tabla 4.13 del DB-HS5 del CTE:

	Diámetro del colector de salida (mm)								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
LxA	40x40	50x50	60x60	60x70	70x70	70x80	80x80	80x90	90x90

Tabla 10. Dimensiones normalizadas de las arquetas.

## 5.2. EVACUACION DE PLUVIALES

### 5.2.1. REQUERIMIENTOS DE LA EVACUACION

#### 5.2.1.1. NÚMERO Y TAMAÑO DE BAJANTES

La superficie de la cubierta de la casa de máquinas, entendiendo esta como la proyección horizontal de la superficie real, se aproxima a 327 m<sup>2</sup>. En cuanto a la superficie de la cubierta de las salas de control y aseos se aproxima a 37 m<sup>2</sup>.

En la siguiente tabla se indica la superficie de cubierta, en proyección horizontal, cubierta por cada bajante, según se indica en la tabla 4.8 del DB-HS5 del CTE.

Diámetro nominal (mm) de la bajante de PVC	Superficie máxima (m <sup>2</sup> ) servida por una bajante en mm para una I=100 mm/h
50	65
63	113
75	177
90	318
110	580

Tabla 11. Superficie máxima cubierta por cada bajante (valores CTE).

En la siguiente tabla sin embargo, se establecen los valores indicados por el fabricante (valores más conservadores que los del CTE). A partir de estos valores se puede determinar el número de bajantes mínimas necesarias.

Diámetro nominal (mm) de la bajante de PVC	Superficie máxima (m <sup>2</sup> ) servida por una bajante en mm para una I=100 mm/h
50	65
75	120
90	205
110	430
125	805

Tabla 12. Superficie máxima cubierta por cada bajante (valores fabricante).

Puesto que concretamente en la zona donde se proyecta la construcción de la central hidroeléctrica se considera una intensidad pluviométrica de 155 mm/h, según el mapa y tabla de isoyetas y zonas pluviométricas del BD-HS5 CTE, se penalizan los valores anteriores con el siguiente factor:

$$f = \frac{100}{155} = 0,65$$

Diámetro nominal (mm) de la bajante de PVC	Superficie máxima (m <sup>2</sup> ) servida por una bajante en mm para una I=155 mm/h
50	42
75	78
90	133
110	279
125	523

Tabla 13. Superficie máxima cubierta por bajantes (valores fabricante corregidos).

Considerando un diámetro de 90 mm, serían necesarias las siguientes bajantes:

- Edificio principal casa de máquinas (considerando la mitad de la cubierta):

$$\frac{163,5 \text{ m}^2}{133 \text{ m}^2/\text{bajante}} = 2 \text{ bajantes}$$

- Edificio de control y aseos (considerando la cubierta completa):

$$\frac{37 \text{ m}^2}{133 \text{ m}^2/\text{bajante}} = 1 \text{ bajante}$$

Por otra parte, el diámetro de la bajante ha de comprobarse empleando la siguiente expresión:

$$Q = \frac{S l e}{3600}$$



Siendo.

- S: Area en proyección horizontal de la cubierta (m<sup>2</sup>).
- l: intensidad pluviométrica (mm/h)
- e: Coeficiente de escorrentía. En este caso e=1.
- Q: Caudal a desaguar (l/s)

Por tanto, aplicando la formula se obtiene:

$$Q_{\text{casa de maquinas}} = \frac{S * l * e}{3600} = \frac{163,5\text{m}^2 * 155\text{mm/h} * 1}{3600} = 7 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{ed control}} = \frac{S * l * e}{3600} = \frac{37\text{m}^2 * 155\text{mm/h} * 1}{3600} = 1,59 \text{ l/s}$$

El fabricante también proporciona una tabla con los datos de capacidad de las tuberías verticales para el desagüe de las aguas pluviales:

Diámetro interior de la tubería de aguas pluviales (mm)	Capacidad de desagüe	
	Nivel de llenado f=0,2	Nivel de llenado f=0,33
50	0,7	1,7
55	0,9	2,2
60	1,2	2,7
65	1,5	3,4
70	1,8	4,1
75	2,2	5
80	2,6	5,9
85	3	6,9
90	3,5	8,1
95	4	9,3
100	4,6	10,7
110	6	13,8
120	7,6	17,4

Tabla 14. Capacidad de desagüe (l/s) de las bajantes.

En este caso se comprueba que para un diámetro de 90 mm en las bajantes cumple perfectamente con la capacidad de desagüe para el caso más desfavorable con un nivel de llenado de la tubería de f=0,2.

Por tanto, las bajantes seleccionadas tanto para el edificio principal de la casa de máquinas como para el edificio de control serán de DN 90.

### 5.2.1.2. DIMENSIONAMIENTO DEL CANALÓN

En base a lo indicado en el CTE, el diámetro nominal del canalón para la evacuación de las aguas pluviales recogidas en la cubierta será:

Diámetro nominal del canalón	Máxima superficie cubierta en proyección horizontal (m <sup>2</sup> ) según pendiente del canalón			
	0,5%	1%	2%	4%
100	35	45	65	95
125	60	80	115	165
150	90	125	175	255
200	185	260	370	520
250	335	475	670	930

Tabla 15. Máxima superficie cubierta en proyección horizontal (m<sup>2</sup>) (I=100 mm/h).

Los valores anteriores corresponden a una intensidad pluviométrica de 100 mm/h, pero en este caso, para una I=155 mm/h, será de aplicación los siguientes:

Diámetro nominal del canalón (mm)	Máxima superficie cubierta en proyección horizontal (m <sup>2</sup> ) según pendiente del canalón			
	0,5%	1%	2%	4%
100	23	29	42	62
125	39	52	75	107
150	59	81	114	166
200	120	169	241	338
250	218	309	436	605

Tabla 16. Máxima superficie cubierta en proyección horizontal (m<sup>2</sup>) (I=155 mm/h).

Cada tramo de canalón cubre una superficie máxima de ¼ la superficie total de la cubierta de la casa de máquinas al haber 2 bajantes por cada lateral, entonces cada canalón abarcaría una superficie de 82 m<sup>2</sup>, teniendo en cuenta que la pendiente del canalón será del 1% **se selecciona un canalón de DN200.**

En cuanto al canalón para el edificio de control adosado a la casa de máquinas tiene una única bajante para toda la superficie de 37 m<sup>2</sup>, por tanto, **se selecciona un canalón de DN125** para una pendiente del 1%.

### 5.2.1.3. COLECTORES

Los diámetros mínimos necesarios de los colectores de aguas pluviales, según la tabla 4.9 del DB-HS5 CTE son los siguientes:

Diámetro nominal del colector (mm)	Superficie proyectada (m <sup>2</sup> ) según pendiente del colector		
	1%	2%	4%
90	125	178	253
110	229	323	458
125	310	440	620
160	614	862	1228
200	1070	1510	2140
250	1920	2710	3850
315	2016	4589	6500

Tabla 17. Diámetro colector en función de la superficie y la pendiente (I=100 mm/h)

Los valores correspondientes para una intensidad I=155 mm/h son:

Diámetro nominal del colector (mm)	Superficie proyectada (m <sup>2</sup> ) según pendiente del colector		
	1%	2%	4%
90	81	116	164
110	149	210	298
125	202	286	403
160	399	560	798
200	696	982	1391
250	1248	1762	2503
315	1310	2983	4225

Tabla 18. Diámetro colector en función de la superficie y la pendiente (I=155 mm/h)

Los colectores se han dimensionado considerando una pendiente del 1%, con los diámetros indicados en el plano correspondiente.

#### 5.2.1.4. ARQUETAS

Las dimensiones mínimas necesarias (Longitud L y anchura A) de las arquetas se definen en función del diámetro del colector a la salida de estas, tal y como se indica en la tabla 4.13 del DB-HS5 CTE. Las dimensiones de todas las arquetas pueden consultarse en el plano correspondiente.

	Diámetro del colector de salida (mm)								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
LxA	40x40	50x50	60x60	60x70	70x70	70x80	80x80	80x90	90x90

Tabla 19. Dimensiones de la arqueta en función del diámetro del colector.

## 6. PROTECCION CONTRA INCENDIOS

---

### 6.1. ALCANCE

El alcance de este epígrafe es establecer y definir los requisitos que deben satisfacer y las condiciones que deben cumplir el establecimiento proyectado y sus instalaciones de uso industrial para su seguridad en caso de incendio, evitando su generación y para dar la respuesta adecuada al mismo, en caso de producirse, limitando su propagación y posibilitando su extinción, con el fin de anular o reducir los daños o pérdidas que el incendio pueda producir a personas o bienes.

Las actividades de prevención del incendio tendrán como finalidad limitar la presencia del riesgo de fuego y las circunstancias que puedan desencadenar el incendio.

Las actividades de respuesta al incendio tendrán como finalidad controlar o luchar contra el incendio, para extinguirlo, minimizando los daños o pérdidas que pueda generar.

### 6.2. NORMATIVA APLICABLE

Para el cálculo y diseño de la instalación de protección contra incendios será de aplicación la siguiente normativa:

- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales.
- Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Código Técnico de Edificación. (Real Decreto 314/2006, de 17 de Marzo y modificaciones posteriores) y en especial:
  - o Documento Básico SI, seguridad en caso de incendio.
  - o Documento Básico SUA, seguridad de utilización y accesibilidad.
- UNE-EN 23033-1:1988. Seguridad contra incendios, señalización.
- UNE-EN 23033-2:2018. Seguridad contra incendios, señalización de seguridad.
- UNE-EN 23034:1988. Seguridad contra incendios, señalización de seguridad, vías de evacuación.
- UNE-EN 13501-1:2007+A1:2010. Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego.
- UNE 23727:1990. Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Clasificación de los materiales utilizados en la construcción.

- UNE 23007-14:2014. Sistemas de detección y alarma de incendios. Parte 14: Planificación, diseño, instalación, puesta en servicio, uso y mantenimiento.
- UNE-EN 60076-2:2013. Transformadores de potencia. Parte 2: Calentamiento de transformadores sumergidos en líquido.

Documentos normativos recomendados:

- NFPA 850: 2010, Práctica recomendada para protección contra incendios para plantas de generación eléctrica y estaciones de conversión de corriente continua de alto voltaje.
- NFPA 851: 2005, Práctica recomendada para protección contra incendios en plantas de generación hidroeléctrica.
- Notas técnicas de prevención (NTP) del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Especificaciones técnicas y requerimientos de Red Eléctrica de España.

## 6.3. METODOLOGIA DE CÁLCULO

### 6.3.1. MARCO DE APLICACIÓN REGLAMENTARIA

Debido a que en el caso del Edificio de Control de la Plataforma Inferior, nos encontramos con un edificio de oficinas en el que también se desarrollan actividades industriales se debe tener en cuenta lo establecido en los ámbitos de aplicación de las normativas vigentes de seguridad en caso de incendio en España, para realizar un correcto dimensionado de las instalaciones. Esta compatibilidad se soluciona en el RSCI como se muestra a continuación.

El Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (RSCIEI), establece en su Artículo 3 (compatibilidad reglamentaria) los siguientes supuestos:

### 6.3.2. ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL

#### 6.3.2.1. CARACTERIZACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL

Según el Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (RSCIEI), se entiende por establecimiento, el conjunto de edificios, edificio, zona de este, instalación o espacio abierto de uso industrial o almacén, según lo establecido en el artículo 2 (ámbito de aplicación), destinado a ser utilizado bajo una titularidad diferenciada y cuyo proyecto de construcción o reforma, así como el inicio de la actividad prevista, sea objeto de control administrativo.

Los establecimientos industriales se caracterizan por:

- Su configuración y ubicación con relación a su entorno.
- Su nivel de riesgo intrínseco.

### 6.3.2.1.1. CARACTERIZACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL POR SU CONFIGURACIÓN Y UBICACIÓN

El RSCIEI reduce las configuraciones y ubicaciones que pueden tener los establecimientos industriales a 5 casos:

- Establecimientos de **tipo A**: “El establecimiento industrial ocupa parcialmente un edificio que tiene, además, otros establecimientos, ya sean estos de uso industrial ya de otros usos”.
- Establecimientos de **tipo B**: “El establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio que está adosado a otro u otros edificios, o a una distancia igual o inferior a tres metros de otro u otros edificios, de otro establecimiento, ya sean estos de uso industrial o bien de otros usos”.
- “Para establecimientos industriales que ocupen una nave adosada con estructura compartida con las contiguas, que en todo caso deberán tener cubierta independiente, se admitirá el cumplimiento de las exigencias correspondientes al tipo B, siempre que se justifique técnicamente que el posible colapso de la estructura no afecte a las naves colindantes”.
- Establecimientos de **tipo C**: “El establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos. Dicha distancia deberá estar libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar el incendio”.
- Establecimientos de **tipo D**: “El establecimiento industrial ocupa un espacio abierto, que puede estar totalmente cubierto, alguna de cuyas fachadas carece totalmente de cerramiento lateral”.
- Establecimientos de **tipo E**: “El establecimiento industrial ocupa un espacio abierto que puede estar parcialmente cubierto (hasta un 50 por ciento de su superficie), alguna de cuyas fachadas en la parte cubierta carece totalmente de cerramiento lateral”.

Se ha de indicar que en el mismo reglamento se indica que para los casos en que no coincida exactamente con alguno de los tipos definidos, se considerará que pertenece al tipo con que mejor se pueda equiparar o asimilar justificadamente.

También considera la coexistencia de distintas configuraciones, aplicándose en ese caso los requisitos del Real Decreto 2267/2004 para cada una de ellas de forma diferenciada.

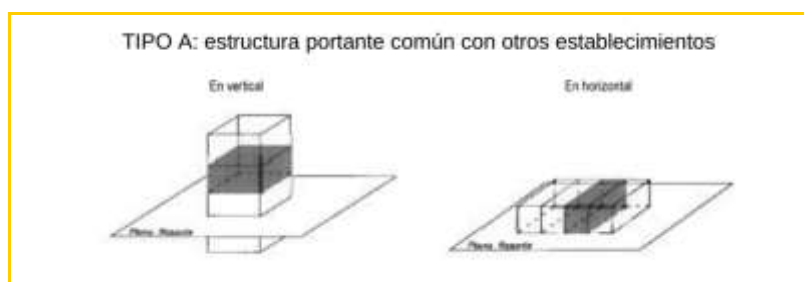


Imagen 3. Configuración de establecimiento industrial de tipo A.

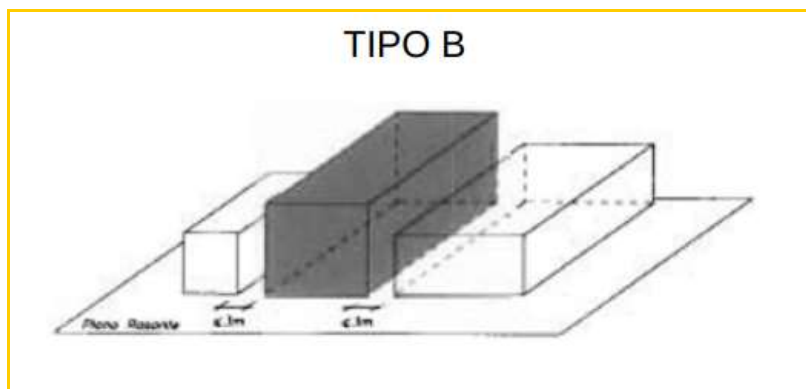


Imagen 4. Configuración de establecimiento industrial de tipo B.

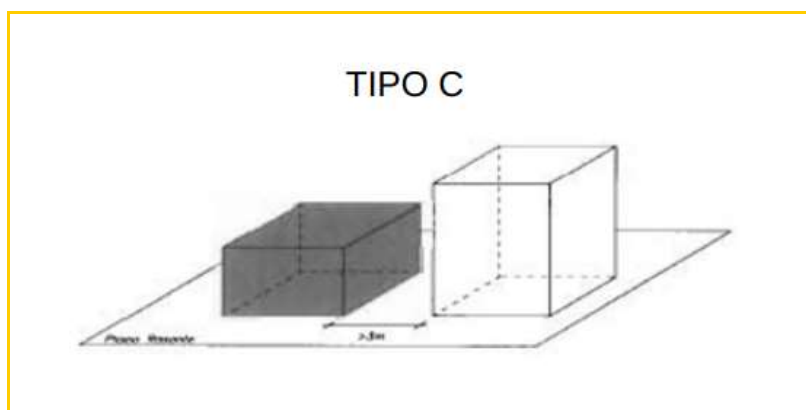


Imagen 5. Configuración de establecimiento industrial tipo C.

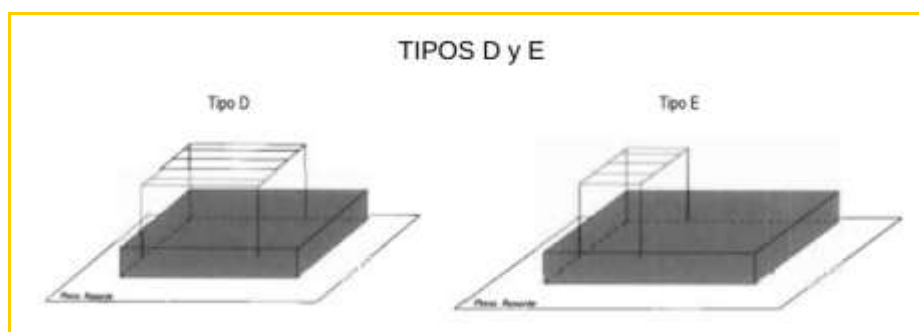


Imagen 6. Configuración de establecimiento industrial tipos D y E.

### 6.3.2.1.2. CARACTERIZACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL POR SU NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO (NRI)

#### 6.3.2.1.2.1. SECTORES DE INCENDIO

Según establece el RSCIEI, los establecimientos industriales, en general, estarán constituidos por una o varias configuraciones de los tipos A, B, C, D y E. Cada una de estas

configuraciones constituirá una o varias zonas del establecimiento industrial denominadas sectores o áreas de incendio.

Para los establecimientos de tipo C, el RSCIEI considera como “sector de incendio” el espacio del edificio cerrado por elementos resistentes al fuego durante el tiempo que se establezca en cada caso.

#### 6.3.2.1.2.2. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL RIESGO INTRÍNSECO

El Nivel de Riesgo Intrínseco (NRI) se evaluará calculando la densidad de carga de fuego ponderada y corregida de los distintos sectores o áreas de incendio que configuran el establecimiento industrial, según lo indicado en el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales.

Para actividades de producción, transformación, reparación u otra diferente a la de almacena-miento, se evaluará calculando la siguiente expresión:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} S_i C_i}{A} R_a \left( \frac{MJ}{m^2} \right) o \left( \frac{Mcal}{m^2} \right)$$

Donde:

- $Q_s$ : Densidad de carga de fuego ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en  $MJ/m^2$ .
- $q_{si}$ : Densidad de carga de fuego de cada zona con proceso diferente según los distintos procesos que se realizan en el sector de incendio (i), en  $MJ/m^2$  o  $Mcal/m^2$ .
- $S_i$ : Superficie de cada zona con proceso diferente y densidad de carga de fuego,  $q_{si}$  diferente, en  $m^2$ .
- $C_i$ : Coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad, por la combustibilidad, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.
- $R_a$ : Coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc.
- $A$ : Superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en  $m^2$ .

El nivel de riesgo intrínseco del edificio y su conjunto de sectores y/o áreas de incendio se evaluará calculando la siguiente expresión, que determina la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida,  $Q_e$ , de dicho edificio, según lo dispuesto en el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales:

$$Q_e = \frac{\sum_1^i (Q_{si} \times A_i)}{\sum_1^i A_i}$$



Donde:

- $Q_e$  = Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del edificio industrial, en MJ/m<sup>2</sup> o Mcal/m<sup>2</sup>.
- $Q_{si}$  = Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, de cada uno de los sectores o áreas de incendio (i) que componen el edificio industrial, en MJ/m<sup>2</sup> o Mcal/m<sup>2</sup>.
- $A_i$  = Superficie construida de cada uno de los sectores o áreas de incendio (i) que componen el edificio industrial, en m<sup>2</sup>.

Una vez calculadas la densidad de carga al fuego ponderada y corregida de los sectores de incendio ( $Q_s$ ) y la densidad de carga de fuego ponderada y corregida del edificio ( $Q_e$ ), su Nivel de Riesgo Intrínseco se deducirá de la tabla 1.3 del Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales:

Nivel de Riesgo Intrínseco		Densidad de Carga de Fuego Ponderada y Corregida	
		Mcal/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>
Bajo	1	$Q_s \leq 100$	$Q_s \leq 425$
	2	$100 < Q_s \leq 200$	$425 < Q_s \leq 850$
Medio	3	$200 < Q_s \leq 300$	$850 < Q_s \leq 1.275$
	4	$300 < Q_s \leq 400$	$1.275 < Q_s \leq 1.700$
	5	$400 < Q_s \leq 800$	$1.700 < Q_s \leq 3.400$
Alto	6	$800 < Q_s \leq 1.600$	$3.400 < Q_s \leq 6.800$
	7	$1.600 < Q_s \leq 3.200$	$6.800 < Q_s \leq 13.600$
	8	$3.200 < Q_s$	$13.600 < Q_s$

Tabla 20. RSCIEI, nivel de riesgo intrínseco.

## 6.3.2.2. REQUISITOS CONSTRUCTIVOS DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES

### 6.3.2.2.1. DEFINICION DE TERMINOS

El RSCIEI define los siguientes términos como:

- Estructura portante: se entenderá por estructura portante de un edificio la constituida por los siguientes elementos: forjados, vigas, soportes y estructura principal y secundaria de cubierta.
- Estructura principal de cubierta y sus soportes: se entenderá por estructura principal de cubierta y sus soportes la constituida por la estructura de cubierta propiamente dicha (dintel, cercha) y los soportes que tengan como función única sustentarla, incluidos aquellos que, en su caso, soporten además una grúa.
- Los elementos estructurales secundarios, por ejemplo, correas de cubierta, no serán considerados parte constituyente de la estructura principal de cubierta.
- Cubierta ligera: se calificará como ligera toda cubierta cuyo peso propio no exceda de 100 kg/m<sup>2</sup>.

- Carga permanente: Se interpretará como carga permanente, a los efectos de calificación de una cubierta como ligera, la resultante de tener en cuenta el conjunto formado por la estructura principal de pórticos de cubierta, más las correas y materiales de cobertura.

En el caso de existencia de grúas deberá tenerse en cuenta, además, para el cómputo de la carga permanente, el peso propio de la viga carril, así como el de la propia estructura de la grúa sobre la que se mueve el polipasto.

### 6.3.2.2.2. SECTORIZACION DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES

El Reglamento de Seguridad Contra Incendio en los Establecimientos Industriales establece en el Anexo II apartado 2, que todo establecimiento industrial constituirá, al menos un sector de incendio cuando adopte la configuración tipo C.

La máxima superficie construida admisible de cada sector dependerá del riesgo intrínseco obtenido y de la configuración del establecimiento industrial. El RSCIEI en su Anexo 2 fija los valores de superficie construida máxima para cada sector de incendio:

Nivel de Riesgo Intrínseco del Sector de Incendio		Configuración del Establecimiento Industrial		
		Tipo A (m <sup>2</sup> )	Tipo B (m <sup>2</sup> )	Tipo C (m <sup>2</sup> )
Bajo	1	2.000	6.000	Sin Límite
	2	1.000	4.000	6.000
Medio	3	500	3.500	5.000
	4	400	3.000	4.000
	5	300	2.500	3.500
Alto	6	No Admitido	2.000	3.000
	7	No Admitido	1.500	2.500
	8	No Admitido	No Admitido	2.000

Tabla 21. Valores de superficie máxima admisible según RSCIEI.

En los establecimientos de tipo C:

- Cuando se instalen sistemas de rociadores automáticos de agua que no sean exigidos preceptivamente por el anexo III del RSCIEI, las máximas superficies construidas admisibles, indicadas en la tabla 2.1, pueden multiplicarse por 2.
- Si la actividad lo requiere, el sector de incendios puede tener cualquier superficie, siempre que todo el sector cuente con una instalación fija automática de extinción y la distancia a límites de parcelas con posibilidad de edificar en ellas sea superior a 10 m.

### 6.3.2.2.3. MATERIALES

Las exigencias de comportamiento al fuego de los productos de construcción se definen determinando la clase que deben alcanzar, según la norma UNE-EN 13501-1 para aquellos materiales para los que exista norma armonizada y ya esté en vigor el marcado “CE”.

Las condiciones de reacción al fuego aplicable a los elementos constructivos se justificarán:

- Mediante la clase que figura en cada caso, en primer lugar, conforme a la nueva clasificación europea.
- Mediante la clase que figura en segundo lugar entre paréntesis, conforme a la clasificación que establece la norma UNE-23727.

#### 6.3.2.2.3.1. PRODUCTOS DE REVESTIMIENTO

Los productos utilizados como revestimiento o acabado superficial deben ser:

- En suelos: CFL-S1 (M2) o más favorable.
- En paredes y techos: C-s3 d0 (M2), o más favorable.
- Los lucernarios que no sean continuos o instalaciones para eliminación de humo en las cubiertas serán al menos de clase D-s2d0 (M3) o más favorable.
- Los materiales de los lucernarios continuos en cubierta serán B-s1d0 (M1) o más favorable.
- Los materiales de revestimiento exterior de fachadas serán C-s3d0 (M2) o más favorables.

#### 6.3.2.2.3.2. PRODUCTOS INCLUIDOS EN PAREDES Y CERRAMIENTOS

Cuando un producto que constituya una capa contenida en un suelo, pared o techo sea de una clase más desfavorable que la exigida al revestimiento correspondiente, según el apartado 6.3.2.2.3.1 de la presente memoria, tanto la capa como su revestimiento serán como mínimo EI30 (RF-30).

#### 6.3.2.2.3.3. PRODUCTOS SITUADOS EN EL INTERIOR DE FALSOS TECHOS O SUELOS ELEVADOS

Los productos situados en el interior de falsos techos o suelos elevados, tanto los utilizados para aislamiento térmico y para acondicionamiento acústico como los que constituyan o revistan conductos de aire acondicionado o de ventilación, etc., deben ser de clase C-S3 d0 (M1) o más favorable.

Este requisito no será exigible cuando se trate de productos utilizados en sectores industriales clasificados según el anexo I del RSCIEI como de riesgo intrínseco bajo, ubicados en edificios de tipo C para los que será suficiente la clasificación D-S3d0 (M3) o más favorable, para los elementos constitutivos de los productos utilizados para paredes o cerramientos.

#### 6.3.2.2.3.4. CABLES

Los cables deberán ser no propagadores de incendio y con emisión de humo y opacidad reducida, cumpliendo con la normativa CPR vigente que establece la UE.

#### 6.3.2.2.3.5. PRODUCTOS PÉTREOS, CERÁMICOS Y METÁLICOS

Los productos de construcción pétreos, cerámicos y metálicos, así como los vidrios, morteros, hormigones o yesos, se considerarán de clase A1 (M0).

#### 6.3.2.2.4. ESTABILIDAD AL FUEGO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS PORTANTES

##### 6.3.2.2.4.1. ELEMENTOS ESTRUCTURALES CON FUNCIÓN PORTANTE Y ESCALERAS

La estabilidad al fuego de los elementos estructurales con función portante y escaleras que sean recorrido de evacuación no tendrá un valor inferior al indicado en la siguiente tabla:

Nivel de Riesgo Intrínseco	Tipo C	
	Planta Sótano	Planta Sobre Rasante
Bajo	R 60 (EF-120)	R 30 (EF-90)
Medio	R 90 (EF-90)	R 60 (EF-120)
Alto	R 120 (EF-120)	R 90 (EF-90)

Tabla 22. Estabilidad al fuego de elementos estructurales portantes según RSCIEI.

Con independencia de la estabilidad al fuego indicada en la tabla anterior, para los establecimientos industriales ubicados en edificios con otros usos, el valor exigido a sus elementos estructurales no será inferior a la exigida al conjunto del edificio en aplicación de la normativa que sea de aplicación.

##### 6.3.2.2.4.2. ESTRUCTURA PRINCIPAL DE CUBIERTAS LIGERAS Y SOPORTES

Para la estructura principal de cubiertas ligeras y sus soportes en plantas sobre rasante, no previstas para ser utilizadas en la evacuación de los ocupantes, siempre que se justifique que su fallo no pueda ocasionar daños graves a los edificios o establecimientos próximos, ni comprometan la estabilidad de otras plantas inferiores o la sectorización de incendios implantada y, si su riesgo intrínseco es medio o alto, disponga de un sistema de extracción de humos, se podrán adoptar los valores siguientes:

Nivel de Riesgo Intrínseco	Tipo C
	Planta Sobre Rasante
Bajo	No se exige
Medio	R15 (EF-15)
Alto	R30 (EF-30)

Tabla 23. Estabilidad al fuego de cubiertas ligeras y sus soportes según RSCIEI.

La tabla anterior será de aplicación para las siguientes tipologías de edificio:

- Naves industriales en planta baja.
- Naves industriales con entreplanta siempre que cumpla que el 90 % de la superficie del edificio, como mínimo, esté en planta baja, y el 10 %, en planta sobre rasante, y se justifique mediante cálculos que la entreplanta puede soportar el fallo de la cubierta, y que los recorridos.

Estructuras principales de cubierta ligeras que, en su caso, soporten, además, una grúa (grúa pluma o puente grúa), considerada sin carga.

#### 6.3.2.2.5. RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DE CERRAMIENTO

##### 6.3.2.2.5.1. ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DELIMITADORES DE UN SECTOR DE INCENDIO RESPECTO A OTROS SECTORES

La resistencia al fuego de los elementos constructivos delimitadores de un sector de incendio respecto de otros no será inferior a la estabilidad al fuego exigida en la tabla del apartado 6.3.2.2.4.1 para los elementos constructivos con función portante en dicho sector de incendio.

##### 6.3.2.2.5.2. RESISTENCIA DE MEDIANERÍAS O MUROS COLINDANTES

La resistencia al fuego de toda medianería o muro colindante con otro establecimiento serán, como mínimo:

Nivel de Riesgo Intrínseco	Sin función portante	Con función portante
Bajo	EI 120	REI 120 (RF-120)
Medio	EI 180	REI 180 (RF-180)
Alto	EI 240	REI 240 (RF-240)

Tabla 24. Resistencia al fuego de medianerías o muros colindantes según RSCIEI.

#### **6.3.2.2.5.3. ELEMENTOS QUE ACOMENTEN A FACHADAS**

Cuando una medianería, un forjado o una pared que compartimente sectores de incendio acometan a una fachada, la resistencia al fuego de esta será, al menos, igual a la mitad de la exigida a aquel elemento constructivo, en una franja cuya anchura será, como mínimo, de 1 m.

Cuando el elemento constructivo acometa en un quiebro de la fachada y el ángulo formado por los dos planos exteriores de aquella sea menor que  $135^\circ$ , la anchura de la franja será, como mínimo, de 2 m.

La anchura de esta franja debe medirse sobre el plano de la fachada y, en caso de que existan en ella salientes que impidan el paso de las llamas, la anchura podrá reducirse en la dimensión del citado saliente.

#### **6.3.2.2.5.4. ELEMENTOS QUE ACOMENTEN A CUBIERTAS**

Cuando una medianería o un elemento constructivo de compartimentación en sectores de incendio acometa a la cubierta, la resistencia al fuego de esta será, al menos, igual a la mitad de la exigida a aquel elemento constructivo, en una franja cuya anchura sea igual a un m. Esta franja podrá encontrarse:

- Integrada en la propia cubierta, siempre que se justifique la permanencia de la franja tras el colapso de las partes de la cubierta no resistente.
- Fijada en la estructura de la cubierta, cuando esta tenga al menos la misma estabilidad al fuego que la resistencia exigida a la franja.
- Formada por una barrera de un m de ancho que justifique la resistencia al fuego requerida y se sitúe por debajo de la cubierta fijada a la medianería. La barrera no se instalará en ningún caso a una distancia mayor de 40 cm de la parte inferior de la cubierta.

Si la medianería o el elemento compartimentador se prolonga 1 m por encima de la cubierta, como mínimo, no es necesario que la cubierta cumpla la condición anterior.

#### **6.3.2.2.5.5. DISTANCIA ENTRE VENTANAS Y HUECOS A CUBIERTA**

La distancia mínima, medida en proyección horizontal, entre una ventana y un hueco, o lucernario, de una cubierta será mayor de 2,50 m cuando dichos huecos y ventanas pertenezcan a sectores de incendio distintos y la distancia vertical, entre ellos, sea menor de 5 m.

#### **6.3.2.2.5.6. PUERTAS DE PASO ENTRE SECTORES DE INCENDIO**

Las puertas de paso entre dos sectores de incendio tendrán una resistencia al fuego, al menos, igual a la mitad de la exigida al elemento que separe ambos sectores de incendio, o bien a la cuarta parte de aquella cuando el paso se realice a través de un vestíbulo previo.

Los elementos compartimentadores móviles no serán asimilables a puertas de paso a efectos de la reducción de su resistencia al fuego.

#### 6.3.2.2.5.7. HUECOS HORIZONTALES O VERTICALES

- Sellado de instalaciones
  - Se deberá realizar el sellado de penetraciones provocados por los pasos de cableado, bandejas, canalizaciones, tuberías, conductos de ventilación y similares.
  - El sellado se ejecutará de forma que se consiga un grado de aislamiento EI-120 entre un sector y otro, empleando las soluciones constructivas siguientes:
    - Sistema de compartimentación realizado mediante la combinación de doble panel de lana de roca, de 50 mm de espesor y 150 kg/m<sup>3</sup> de densidad, cubierto con revestimiento intumescente por las caras externas del conjunto. Los bordes del panel se sellarán con masilla intumescente en sus dos zonas de contacto: con el perímetro del hueco y con las instalaciones.
    - En el caso concreto de las tuberías del Sistema de Apoyo a Bomberos y los conductos de ventilación, se puede utilizar la solución de sellado con cordón intumescente.
    - La solución constructiva se realizará conforme a los procedimientos homologados de acuerdo con los ensayos realizados en laboratorios acreditados y notificados por AENOR, según Normas UNE 23-802-79 y UNE-EN 1366-3:2004, así como las indicaciones del Procedimiento de Ensayo de referencia.
    - Será necesaria la realización de cortafuegos en mazos y bandejas de cables mediante proyección de recubrimiento intumescente en una longitud de mínimo 300 mm a cada lado del paramento que atraviesen, según fabricante y ensayos. Esto aplicará igualmente a cada uno de los cables de alta tensión que atraviesan las particiones.
    - En los casos donde los pasos de instalaciones mencionadas anteriormente se produzcan por debajo del nivel freático, será necesario realizar un sellado especial que asegure la estanqueidad al paso de humedades y filtraciones.
    - Para ello se plantea realizar la instalación, según casos, con mortero con clasificación A1 o A1FI y colocación de perfil de absorción intermedio, rematando el conjunto con masilla y sellante.
  - Sectorización de elementos de ventilación

Se deberán sectorizar los conductos en sus pasos a través de sectores, los huecos entre sectores y los elementos similares, con las soluciones técnicas disponibles en el mercado, ofreciendo una clasificación de resistencia al fuego EI 120.

Para ello se utilizarán las soluciones constructivas siguientes:

- Compuertas cortafuego: se usarán en los pasos entre sectores de conductos de ventilación no resistentes al fuego o con resistencia insuficiente para el sector de

incendio donde se encuentran. Serán de tipo motorizado alimentadas a 24 Vcc y dispondrán de contactos de estado abierto y cerrado.

- Rejillas intumescentes: se usarán para sellar huecos de ventilación y sustituir rejillas existentes sin resistencia al fuego o con resistencia insuficiente.
- Sectorización de otros elementos de paso

Para otros elementos que comuniquen dos sectores se utilizarán las soluciones homologadas y disponibles en el mercado que mejor se adapten a cada caso y que ofrezcan la resistencia EI 120 requerida.

### 6.3.2.2.6. EVACUACIÓN DE ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES

#### 6.3.2.2.6.1. DETERMINACIÓN DE LA OCUPACIÓN DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES

Se determinará la ocupación del establecimiento industrial (P), siguiendo el método descrito en el apartado 6.1 del RSCIEI, para una correcta aplicación de las exigencias relativas a la evacuación de los establecimientos industriales:

$$P = 1,10 p, \text{ cuando } p < 100$$

$$P = 110 + 1,05 \times (p - 100), \text{ cuando } 100 < p < 200$$

$$P = 215 + 1,03 \times (p - 200), \text{ cuando } 200 < p < 500$$

$$P = 524 + 1,01 \times (p - 500), \text{ cuando } 500 < p$$

Donde:

- P: Ocupación calculada (personas).
- p: Número de personas que ocupa el sector de incendio de acuerdo con la documentación laboral que legalice el funcionamiento de la actividad.

#### 6.3.2.2.6.2. EVACUACIÓN DE ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES UBICADOS EN EDIFICIOS TIPO C.

Los elementos de la evacuación se definen de acuerdo al Código Técnico de la Edificación, Documento Básico SI:

- Origen de evacuación: Es todo punto ocupable de un edificio, exceptuando los de todo recinto o conjunto de ellos comunicados entre sí, en los que la densidad de ocupación no exceda de 1 persona/5 m<sup>2</sup> y cuya superficie total no exceda de 50 m<sup>2</sup>.
- Los puntos ocupables de todos los locales de riesgo especial y los de las zonas de ocupación nula cuya superficie exceda de 50 m<sup>2</sup>, se consideran origen de evacuación y deben cumplir los límites que se establecen para la longitud de los recorridos de evacuación hasta las salidas de dichos espacios, cuando se trate de zonas de riesgo especial, y, en todo caso, hasta las salidas de planta, pero no es preciso tomarlos en



consideración a efectos de determinar la altura de evacuación de un edificio o el número de ocupantes.

- Recorrido de evacuación: Recorrido que conduce desde un origen de evacuación hasta una salida de planta, situada en la misma planta considerada o en otra, o hasta una salida de edificio. Conforme a ello, una vez alcanzada una salida de planta, la longitud del recorrido posterior no computa a efectos del cumplimiento de los límites a los recorridos de evacuación.
- La longitud de los recorridos por pasillos, escaleras y rampas, se medirá sobre el eje de los mismos. No se consideran válidos los recorridos en los que existan elementos que puedan dificultar el paso. Los recorridos por rampas y pasillos móviles se consideran válidos cuando no sea posible su utilización por personas que trasladen carros para el transporte de objetos y estén provistos de un dispositivo de parada que pueda activarse bien manualmente, o bien automáticamente por un sistema de detección y alarma.
- El RSCIEI establece para los recorridos de evacuación:
  - Los establecimientos industriales clasificados, de acuerdo con el anexo I de este reglamento, como de riesgo intrínseco alto deberán disponer de dos salidas alternativas.
  - Los de riesgo intrínseco medio deberán disponer de dos salidas cuando su número de empleados sea superior a 50 personas.
  - Las distancias máximas de los recorridos de evacuación de los sectores de incendio de los establecimientos industriales no superarán los valores indicados en el siguiente cuadro:

Nivel de Riesgo Intrínseco	1 Salida recorrido único	2 Salidas alternativas
Bajo*	35m**	50m
Medio	25m***	50m
Alto	-	25m

Tabla 25. Distancias máximas de los recorridos de evacuación.

\*: Para actividades de producción o almacenamiento clasificadas como riesgo bajo nivel 1, en las que se justifique que los materiales implicados sean exclusivamente de clase A y los productos de construcción, incluidos los revestimientos, sean igualmente de clase A, podrá aumentarse la distancia máxima de recorridos de evacuación hasta 100 m.

\*\* La distancia se podrá aumentar a 50 m si la ocupación es inferior a 25 personas.

\*\*\* La distancia se podrá aumentar a 3 metros si la ocupación es inferior a 25 personas.

#### 6.3.2.2.6.3. DIMENSIONADO DE SALIDAS, PASILLOS Y ESCALERAS

El dimensionado de las salidas, pasillos y escaleras se realizará conforme a los métodos y condiciones indicados en el apartado siguiendo el método descrito en el apartado 6.1 del RSCIEI.

#### **6.3.2.2.6.4. CARACTERÍSTICAS DE LAS PUERTAS**

Las puertas situadas en los recorridos de evacuación y aquellas que se consideren como salida de planta o de edificio cumplirán las condiciones indicadas en el apartado siguiendo el método descrito en el apartado 6.1 del RSCIEI.

#### **6.3.2.2.6.5. SEÑALIZACIÓN DE LOS MEDIOS DE EVACUACIÓN**

La señalización de los medios de evacuación cumplirá los criterios indicados en el apartado siguiendo el método descrito en el apartado 6.1 del RSCIEI.

### **6.3.2.3. INSTALACIONES TÉCNICAS DE SERVICIOS DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES**

Las instalaciones de los servicios eléctricos (incluyendo generación propia, distribución, toma, cesión y consumo de energía eléctrica), las instalaciones de energía térmica procedente de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos (incluyendo almacenamiento y distribución del combustible, aparatos o equipos de consumo y acondicionamiento térmico), las instalaciones frigoríficas, las instalaciones de empleo de energía mecánica (incluyendo generación, almacenamiento, distribución y aparatos o equipos de consumo de aire comprimido) y las instalaciones de movimiento de materiales y elevadores de los establecimientos industriales cumplirán los requisitos establecidos por los reglamentos vigentes que específicamente las afectan.

En el caso de que los cables eléctricos alimenten a equipos que deban permanecer en funcionamiento durante un incendio, deberán estar protegidos para mantener la corriente eléctrica durante el tiempo exigible a la estructura de la nave en que se encuentre.

#### **6.3.2.4. REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS**

Se dimensionarán las dotaciones de detección y extinción de incendios de la instalación siguiendo los requisitos fijados por el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales en su Anexo III.

Todos los aparatos, equipos, sistemas y componentes de la instalación de protección contra incendios así como el diseño, la ejecución, la puesta en servicio y el mantenimiento han de cumplir las directrices y procedimientos establecidos en el Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios (RIPCI, RD 513/2017, de 22 de mayo).

##### **6.3.2.4.1. SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE DETECCIÓN DE INCENDIOS**

Se instalarán en los sectores de incendio cuando se desarrollen:

- Actividades de producción, montaje, transformación, reparación y otras distintas al almacenamiento si:

- Estén ubicados en edificios de tipo A y su superficie construida es 300 m<sup>2</sup> o superior.
- Estén ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie construida es 3.000 m<sup>2</sup> o superior.
- Estén ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie construida es 2.000 m<sup>2</sup> o superior.
- Actividades de almacenamiento si:
  - Están ubicados en edificios de tipo A, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 150 m<sup>2</sup> o superior.
  - Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 1.500 m<sup>2</sup> o superior.
  - Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 800 m<sup>2</sup> o superior.

#### 6.3.2.4.2. SISTEMAS MANUALES DE ALARMA

Se instalarán en los sectores de incendio cuando se desarrollen:

- Actividades de producción, montaje, transformación, reparación y otras distintas al almacenamiento si:
  - Su superficie total construida es de 1.000 m<sup>2</sup> o superior, o no se requiere la instalación de sistemas automáticos de detección de incendios, según el apartado anterior.
- Actividades de almacenamiento si:
  - Su superficie total construida es de 800 m<sup>2</sup> o superior, o no se requiere la instalación de sistemas automáticos de detección de incendios, según el apartado anterior.
  - Cuando no se requiere la instalación de sistemas automáticos de detección de incendio, según el apartado 6.3.2.4.1 del presente documento.

Cuando sea requerida la instalación de un sistema manual de alarma de incendio se situarán cumpliendo que:

- Se instalará un pulsador junto a cada salida de evacuación del sector de incendio.
- La distancia máxima a recorrer desde cualquier punto hasta alcanzar un pulsador no debe superar los 25 m.

#### 6.3.2.4.3. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DE ALARMA

Se instalarán sistemas de comunicación de alarma en todos los sectores de incendio de los establecimientos industriales cuando:

- La suma de la superficie construida de todos los sectores de incendio del establecimiento industrial es de 10.000 m<sup>2</sup> o superior.

Cuando sea necesaria la instalación de sistemas de comunicación de alarma, el sistema cumplirá que:

- La señal acústica transmitida por el sistema de comunicación de alarma de incendio permitirá diferencial si se trata de una alarma por “emergencia parcial” o por “emergencia general”, y será preferente el uso de un sistema de megafonía.

#### 6.3.2.4.4. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA CONTRA INCENDIOS

Se instalará red de agua contra incendios si:

- Lo exigen las disposiciones vigentes que regulan actividades industriales sectoriales o específicas.
- Cuando sea necesario para dar servicio, en las condiciones de caudal, presión y reserva calculados, a uno o varios sistemas de lucha contra incendios.

#### 6.3.2.4.5. SISTEMA DE HIDRANTES EXTERIORES

Se instalará un sistema de hidrantes exteriores si:

- Lo exigen las disposiciones vigentes que regulan actividades industriales sectoriales o específicas.
- La configuración de la zona de incendio es de tipo A su riesgo intrínseco es medio y la superficie del sector o área de incendio es mayor o igual a 300 m<sup>2</sup>.
- La configuración de la zona de incendio es de tipo A su riesgo intrínseco es Bajo 2 o Medio y la superficie del sector o área de incendio es mayor o igual a 1.000 m<sup>2</sup>.
- La configuración de la zona de incendio es de tipo C su riesgo intrínseco es medio y la superficie del sector o área de incendio es mayor o igual a 3.500 m<sup>2</sup>.
- La configuración de la zona de incendio es de tipo C su riesgo intrínseco es alto y la superficie del sector o área de incendio es mayor o igual a 2.000 m<sup>2</sup>.

Cuando sea necesaria la instalación de hidrantes exteriores, el sistema cumplirá que:

- La zona protegida por cada uno de ellos es la cubierta por un radio de 40 m, medidos horizontalmente desde el emplazamiento del hidrante.
- Al menos uno de los hidrantes (situado, a ser posible, en la entrada) deberá tener una salida de 100 mm.
- La distancia entre el emplazamiento de cada hidrante y el límite exterior del edificio o zona protegidos, medida perpendicularmente a la fachada, debe ser al menos de 5 m.

Las necesidades de agua para proteger cada una de las zonas (áreas o sectores de incendio) que requieren un sistema de hidrantes se hará de acuerdo con los valores de la tabla del apartado 7.3 del anexo III del RSCIEI.

#### 6.3.2.4.6. EXTINTORES DE INCENDIO

Se instalarán extintores de incendio portátiles en todos los sectores de incendio de los establecimientos industriales.

El agente extintor seleccionado será seleccionado de según lo indicado en el punto 4.5 con el Anexo I del Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, estando adecuados para cada una de las clases de fuego normalizadas según la norma UNE-EN 2:

- Clase A: Fuegos de materiales sólidos, generalmente de naturaleza orgánica, cuya combinación se realiza normalmente con la formación de brasas.
- Clase B: Fuegos de líquidos o de sólidos licuables.
- Clase C: Fuegos de gases.
- Clase D: Fuegos de metales.

Cuando en el sector de incendio coexistan combustibles de la clase A y de la clase B, se considerará que la clase de fuego del sector de incendio es A o B cuando la carga de fuego aportada por los combustibles de clase A o de clase B, respectivamente, sea, al menos, el 90 por ciento de la carga de fuego del sector. En otro caso, la clase de fuego del sector de incendio se considerará A-B.

Si la clase de fuego del sector de incendio es A o B, se determinará la dotación de extintores del sector de incendio de acuerdo con las tablas siguientes.

NRI del sector de incendio	Eficacia mínima del extintor	Área máxima protegida del sector de incendio
Bajo	21A	Hasta 600 m <sup>2</sup> (un extintor más por cada 200 m <sup>2</sup> , o fracción, en exceso)
Medio	21A	Hasta 400 m <sup>2</sup> (un extintor más por cada 200 m <sup>2</sup> , o fracción, en exceso)
Alto	34A	Hasta 300 m <sup>2</sup> (un extintor más por cada 200 m <sup>2</sup> , o fracción, en exceso)

Tabla 26. Eficacia de extintores para carga de fuego combustibles de clase A.

	Volumen máximo, V <sup>(1)</sup> , de combustibles líquidos en el sector de incendio <sup>(1)(2)</sup>			
	V ≤ 20 l	20 < V ≤ 50 l	50 < V ≤ 100 l	100 < V ≤ 200 l
Eficacia mínima del extintor	113 B	113 B	144 B	233 B

Tabla 27. Eficacia de extintores para carga de fuego combustible de clase B.

(1) Cuando más del 50 por ciento del volumen de los combustibles líquidos, V, esté contenido en recipientes metálicos perfectamente cerrados, la eficacia mínima del extintor puede reducirse a la inmediatamente anterior de la clase B, según la Norma UNE-EN 3-7.

(2) Cuando el volumen de combustibles líquidos en el sector de incendio,  $V$ , supere los 200 l, se incrementará la dotación de extintores portátiles con extintores móviles sobre ruedas, de 50 kg de polvo BC, o ABC, a razón de:

- Un extintor, si:  $200l < V \leq 750l$ .
- Dos extintores, si:  $750l < V \leq 2.000l$ .
- Si el volumen de combustibles de clase B supera los 2000 l, se determinará la protección del sector de incendio de acuerdo con la reglamentación sectorial específica que lo afecte.

No se permite el empleo de agentes extintores conductores de la electricidad sobre fuegos que se desarrollan en presencia de aparatos, cuadros, conductores y otros elementos bajo tensión eléctrica superior a 24 V. La protección de estos se realizará con extintores de dióxido de carbono, o polvo seco BC o ABC, cuya carga se determinará según el tamaño del objeto protegido con un valor mínimo de 5 kg de dióxido de carbono y 6 kg de polvo seco BC o ABC.

El emplazamiento de los extintores portátiles de incendio permitirá que sean fácilmente visibles y accesibles, estarán situados próximos a los puntos donde se estime mayor probabilidad de iniciarse el incendio y su distribución será tal que el recorrido máximo horizontal, desde cualquier punto del sector de incendio hasta el extintor, no supere 15 m.

#### 6.3.2.4.7. SISTEMA DE BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS (BIES)

Se instalarán sistemas de bocas de incendio equipadas en los sectores de incendio de los establecimientos industriales si:

- Están ubicados en edificios de tipo A, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 300 m<sup>2</sup> o superior.
- Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 1000 m<sup>2</sup> o superior.
- Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 500 m<sup>2</sup> o superior.

Cuando sea necesaria la instalación de BIES se cumplirá:

NRI del establecimiento industrial	Tipo de BIE	Simultaneidad	Tiempo de autonomía (minutos)
Bajo	DN 25 mm	2	60
Medio	DN 45 mm*	2	60
Alto	DN 45 mm*	3	90

Tabla 28. Condiciones hidráulicas BIES según RSCIEI.

\*: Se admitirá BIE 25 mm como toma adicional del 45mm, y se considerará, a los efectos de cálculo hidráulico, como BIE de 45 mm.

El caudal unitario será el correspondiente a aplicar a la presión dinámica disponible en la entrada de la BIE, cuando funcionen simultáneamente el número de BIE indicado, el factor "K" del conjunto, proporcionado por el fabricante del equipo. Los diámetros equivalentes mínimos serán 10 mm para BIE de 25 y 13 mm para las BIE de 45 mm.

Se deberá comprobar que la presión en la boquilla no sea inferior a 2 bar ni superior a 5 bar, y, si fuera necesario, se dispondrán dispositivos reductores de presión.

- Condiciones expuestas en el RIPCI:
  - Para asegurar los niveles de protección, el factor K mínimo, según se define en la norma de aplicación, para la BIE con manguera semirrígida será de 42, y para las BIE con manguera plana de 85.
  - Las BIE deberán montarse sobre un soporte rígido, de forma que la boquilla y la válvula de apertura manual y el sistema de apertura del armario, si existen, estén situadas, como máximo, a 1,50 m. sobre el nivel del suelo.
  - Las BIE se situarán siempre a una distancia, máxima, de 5 m, de las salidas del sector de incendio, medida sobre un recorrido de evacuación, sin que constituyan obstáculo para su utilización.
  - El número y distribución de las BIE tanto en un espacio diáfano como compartimentado, será tal que la totalidad de la superficie del sector de incendio en que estén instaladas quede cubierta por, al menos, una BIE, considerando como radio de acción de ésta la longitud de su manguera incrementada en 5 m.
  - Para las BIE con manguera semirrígida o manguera plana, la separación máxima entre cada BIE y su más cercana será de 50 m. La distancia desde cualquier punto del área protegida hasta la BIE más próxima no deberá exceder del radio de acción de la misma. Tanto la separación, como la distancia máxima y el radio de acción se medirán siguiendo recorridos de evacuación.
  - Para facilitar su manejo, la longitud máxima de la manguera de las BIE con manguera plana será de 20 m y con manguera semirrígida será de 30 m.
  - Se deberá mantener alrededor de cada BIE una zona libre de obstáculos, que permita el acceso a ella y su maniobra sin dificultad.
  - Para las BIE con manguera semirrígida o con manguera plana, la red de BIE deberá garantizar durante una hora, como mínimo, el caudal descargado por las dos hidráulicamente más desfavorables, a una presión dinámica a su entrada comprendida entre un mínimo de 300 kPa (3 kg/cm<sup>2</sup>) y un máximo de 600 kPa (6 kg/cm<sup>2</sup>).
  - Para las BIE de alta presión, la red de tuberías deberá proporcionar, durante una hora como mínimo, en la hipótesis de funcionamiento simultáneo de las dos BIE hidráulicamente más desfavorable, una presión dinámica mínima de 3.450 kPa (35 kg/cm<sup>2</sup>), en el orificio de salida de cualquier BIE.
  - Las condiciones establecidas de presión, caudal y reserva de agua deberán estar adecuadamente garantizadas



#### 6.3.2.4.8. SISTEMA DE COLUMNA SECA

Se instalarán sistemas de columna seca en los establecimientos industriales si son de riesgo intrínseco medio o alto y su altura de evacuación es de 15 m o superior.

De ser necesario el sistema de columna seca cumplirá:

- Las bocas de salida de la columna seca estarán situadas en recintos de escaleras o en vestíbulos previos a ellas.

#### 6.3.2.4.9. SISTEMA DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS DE AGUA

Se instalarán sistemas de rociadores automáticos de agua en los sectores de incendio de los establecimientos industriales cuando en ellos se desarrollen:

- Actividades de producción, montajes, transformación, reparación u otras distintas al almacenamiento si:
  - Están ubicados en edificios de tipo A, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 500 m<sup>2</sup> o superior.
  - Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 3500 m<sup>2</sup> o superior.
  - Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 2000 m<sup>2</sup> o superior.
- Actividades de almacenamiento si:
  - Están ubicados en edificios de tipo A, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 300 m<sup>2</sup> o superior.
  - Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 2000 m<sup>2</sup> o superior.
  - Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 1000 m<sup>2</sup> o superior.

#### 6.3.2.4.10. SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA

Se instalarán sistemas de agua pulverizada cuando por la configuración, contenido, proceso y ubicación del riesgo sea necesario refrigerar partes de este para asegurar la estabilidad de su estructura, y evitar los efectos del calor de radiación emitido por otro riesgo cercano.

Y en aquellos sectores de incendio y áreas de incendio donde sea preceptiva su instalación de acuerdo con las disposiciones vigentes que regulan la protección contra incendios en actividades industriales sectoriales o específicas.



#### **6.3.2.4.11. SISTEMAS DE ESPUMA FÍSICA**

Se instalarán sistemas de espuma física en aquellos sectores de incendio y áreas de incendio donde sea preceptiva su instalación de acuerdo con las disposiciones vigentes que regulan la protección contra incendios en actividades industriales, sectoriales o específicas y, en general, cuando existan áreas de un sector de incendio en las que se manipulan líquidos inflamables que, en caso de incendios, puedan propagarse a otros sectores.

#### **6.3.2.4.12. SISTEMAS DE EXTINCIÓN POR POLVO**

Se instalarán sistemas de extinción por polvo en aquellos sectores de incendio donde sea preceptiva su instalación de acuerdo con las disposiciones vigentes que regulan la protección contra incendios en actividades industriales sectoriales o específicas.

#### **6.3.2.4.13. SISTEMAS DE EXTINCIÓN POR AGENTES GASEOSOS**

Se instalarán sistemas de extinción por agentes extintores gaseosos en los sectores de incendio de los establecimientos industriales cuando:

- Sea preceptiva su instalación de acuerdo con las disposiciones vigentes que regulan la protección contra incendios en actividades industriales sectoriales o específicas.
- Constituyan recintos donde se ubiquen equipos electrónicos, centros de cálculo, bancos de datos, centros de control o medida y análogos y la protección con sistemas de agua pueda dañar dichos equipos.

#### **6.3.2.4.14. SISTEMAS DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA**

De acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales, en las áreas interiores de las instalaciones que lo requieran, se tendrá un sistema de alumbrado de emergencia para una posible evacuación del personal en caso de falla del suministro normal de la red de energía.

#### **6.3.2.4.15. SEÑALIZACIÓN**

Se procederá a la señalización de las salidas de uso habitual o de emergencia, así como la de los medios de protección contra incendios de utilización manual, cuando no sean fácilmente localizables desde algún punto de la zona protegida, teniendo en cuenta lo dispuesto en el Reglamento de señalización de los centros de trabajo, aprobado por el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

La señalización de recorridos de evacuación, medios de extinción y dispositivos de alarma de incendio cumplirá lo dispuesto en el CTE DB-SI y en el RIPCI.

## 6.4. DATOS DE PARTIDA

### 6.4.1. OCUPACION

La sala de máquinas de la central hidroeléctrica Irueña no tendrá ocupación de personal permanente, reduciéndose su ocupación ocasional a equipos de 2 o 3 personas para labores de mantenimiento de las instalaciones.

### 6.4.2. SUPERFICIES

La sala de máquinas de la central hidroeléctrica de Irueña cuenta con varias superficies situadas a distintos niveles, concretamente 3. En el primer nivel se encuentran la entrada, la sala del generador eléctrico diésel, la sala del transformador de servicios auxiliares, el aseo y la sala de control. En un nivel más bajo se encuentra la sala donde se sitúa el primer grupo turbina-generador con todo el equipamiento electromecánico necesario y finalmente existe otra sala a un nivel más bajo donde se sitúa el segundo grupo turbina generador con todo el equipamiento electromecánico necesario. Siendo la superficie y volumen de los locales la que sigue:

Local	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
Sala GE	7,53	22,59
Sala T SS.AA.	6,18	18,54
Aseo	3,72	11,16
Sala de control	17,28	51,84
Entrada	66,12	544,17
Sala G1	58,6	825,26
Sala G2	86,63	1267,40

Tabla 29. Cuadro de dimensiones de las distintas salas.

## 6.5. RESULTADOS OBTENIDOS

### 6.5.1. TIPOLOGIA DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL

El edificio de la sala de máquinas de la central hidroeléctrica Irueña se corresponde con una tipología de **tipo C**, el establecimiento ocupa totalmente un edificio y no existen edificaciones construidas a una distancia menor de tres metros del mismo.

### 6.5.2. NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO

Se calcula el Nivel de Riesgo Intrínseco del establecimiento industrial según la metodología expuesta en el apartado 6.3.2.1.2 (Metodología de Cálculo, Métodos de Evacuación del Riesgo Intrínseco) obteniendo los resultados que se muestran a continuación:

Estancia	Sector de incendio	Superficie (m <sup>2</sup> )	qsi (Mcal/m <sup>2</sup> )	Si (m <sup>2</sup> )	Ci	Ra	A (m <sup>2</sup> )	Qs (Mcal/m <sup>2</sup> )	NRI
Sala GE	1	7,53	72	7,53	1,3	1,5	7,53	140,4	Bajo 2
Sala T SS.AA.	1	6,18	72	6,18	1,3	1,5	6,18	140,4	Bajo 2
Aseo	1	3,72	0	3,72	0	0	3,72	0	Bajo 1
Sala de control	1	17,28	96	17,28	1	1	17,28	96	Bajo 1
Entrada	1	66,12	96	66,12	1	1	66,12	96	Bajo 1
Sala G1	1	58,6	96	58,6	1,3	1	58,6	124,8	Bajo 2
Sala G2	1	86,63	96	86,63	1,3	1	86,63	124,8	Bajo 2
<b>Total Edificio</b>	1	246,06	-	-	-	-	246,06	120,4	Bajo 2

Tabla 30. Calculo del nivel de riesgo intrínseco de las estancias.

- Sector 1: El sector está formado por los 7 locales que conforman la sala de máquinas de la central hidroeléctrica Irueña con una superficie total de 246,06 m<sup>2</sup>, se obtiene una densidad de carga de fuego, ponderada y corregida (Qs) de 120,4 Mcal/m<sup>2</sup>. Como  $100 < Qs \leq 200$  Mcal/m<sup>2</sup>, el **NRI** del sector es **BAJO 2**.
- Establecimiento industrial: El establecimiento industrial está formado únicamente por el sector 1 con una superficie total de 246,06 m<sup>2</sup>, se obtiene una densidad de carga de fuego, ponderada y corregida (Qs) de 118,63 Mcal/m<sup>2</sup>. Como  $100 < Qs \leq 200$  Mcal/m<sup>2</sup>, el **NRI** del sector es **BAJO 2**.

### 6.5.3. SECTORIZACION

La sectorización del establecimiento industrial se realiza según los criterios expuestos en los apartados 6.3.2.1.2.1 (Metodología de Cálculo, Caracterización del Establecimiento Industrial por su Nivel del Riesgo Intrínseco, Sectores de incendio) y 6.3.2.2.2 (Requisitos Constructivos de los Establecimientos Industriales, Sectorización de los Establecimientos Industriales).

El establecimiento industrial estará formado por un único sector que abarca todos los locales de la sala de máquinas con una superficie de 246,06 m<sup>2</sup> y el NRI calculado es **BAJO 2**.

Se muestra a continuación una tabla resumen con los sectores de la casa de maquinas:

Sector de incendio	NRI	Locales Sector	Superficie sector	Superfici e límite	Cumpliment o exigencia RSCIEI
			(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	
1	Bajo 2	Sala de GE	246,06	6.000	Sí
		Sala de Transformador de SS.AA.			
		Aseo			
		Sala de control			
		Entrada			
		Sala de Grupo 1			
		Sala de Grupo 2			

Tabla 31. Tabla resumen sectores de casa de máquinas.

#### 6.5.4. MATERIALES: PRODUCTOS DE REVESTIMIENTO

Los productos de revestimientos empleados para la construcción del edificio cumplirán las exigencias indicadas en el apartado 6.3.2.2.3.1 del presente documento.

Los productos utilizados como revestimiento o acabado superficial deben ser:

Productos de revestimientos	
Material	Clasificación
Suelos	CFL-S1 (M2) o más favorable
Paredes y techos	C-s3 d0 (M2) o más favorable
Fachadas	C-s3d0 (M2) o más favorable

Tabla 32. Materiales de revestimiento.

#### 6.5.5. MATERIALES: PRODUCTOS INCLUIDOS EN PAREDES Y CERRAMIENTOS

Los materiales incluidos en paredes y cerramientos empleados para la construcción del edificio cumplirán las exigencias indicadas en el apartado 6.3.2.2.3.2 del presente documento.

El RSCIEI indica que cuando un producto que constituya una capa contenida en un suelo, pared o techo sea de una clase más desfavorable que la exigida al revestimiento correspondiente, tanto la capa como su revestimiento serán como mínimo **EI30 (RF-30)**.

Los sectores del Edificio de la casa de máquinas de la central hidroeléctrica Irueña están ubicados en un edificio de tipo C, por tanto según los criterios establecidos por el RSCIEI e indicados en el apartado 6.3.2.2.3.2 del presente documento no será necesario el cumplimiento de la condición anterior, siendo suficiente con una clasificación de materiales **D-**

**S3d0 (M3)** o más favorable para elementos constitutivos de los productos utilizados en paredes y/o cerramientos.

#### 6.5.6. MATERIALES: OTROS PRODUCTOS

Los productos distintos de los indicados en los puntos anteriores empleados para la construcción del edificio cumplirán las exigencias indicadas en el apartado 6.3.2.2.3.3 del presente documento.

Según el tipo de producto se cumplirá:

Otros productos	
Material	Clasificación
Productos situados en el interior de falsos techos o suelos elevados	C-s3 d0 (M1) o más favorable
Cables	No propagadores de llama y emisión de humo y opacidad reducida

Tabla 33. Materiales. Otros productos.

#### 6.5.7. MATERIALES: PRODUCTOS DE CONSTRUCCION PETREOS, CERAMICOS Y METALICOS

Los productos de construcción pétreos, cerámicos y metálicos empleados para la construcción del edificio cumplirán las exigencias indicadas en el apartado 6.3.2.2.3.5 del presente documento.

Los productos de construcción pétreos, cerámicos y metálicos, así como los vidrios, morteros, hormigones o yesos, se considerarán de clase **A1 (M0)**.

#### 6.5.8. ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS PORTANTES

Los productos de construcción empleados en elementos con función portante cumplirán las exigencias indicadas en el apartado 6.3.2.2.4 del presente documento.

La configuración del edificio es TIPO C y el NRI del conjunto del edificio es bajo.

Las cubiertas del edificio de la casa de máquinas no están clasificadas como cubiertas ligeras, por tanto no aplica el apartado 4.2 del Anexo II del RSCIEI, debiendo considerarse para el diseño de los elementos estructurales empleados en la construcción del edificio, los valores indicados en el apartado 6.3.2.2.4.1 del presente documento (apartado 4.1 del Anexo II del RSCIEI).

Los elementos constructivos portantes cumplirán:

Nivel de Riesgo Intrínseco	Configuración tipo C
	Planta sobre rasante
Bajo	R30 (EF-30)

Tabla 34. Elementos constructivos portantes.

### 6.5.9. ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DE CERRAMIENTO

Los productos de construcción empleados en cerramientos cumplirán las exigencias indicadas en el apartado 6.3.2.2.5 del presente documento.

Elemento	Condición
Elementos delimitadores entre sectores de incendio	EI30 (RF-30) como mínimo
Elementos que acometen a fachadas	EI15 (RF-15) como mínimo
Elementos que acometen a cubiertas	EI15 (RF-15) como mínimo
Distancias entre ventanas y huecos a cubierta	Ver condiciones punto 6.3.2.2.5.5
Puertas de paso entre sectores de incendio	EI15 (RF-15) como mínimo
Compuertas de canalizaciones de ventilación	EI120 como mínimo
Sellados de orificios de paso de mazos o bandejas de cables	EI120 como mínimo

Tabla 35. Elementos constructivos de cerramiento.

### 6.5.10. CONDICIONES DE EVACUACION

Las condiciones de evacuación cumplirán las exigencias indicadas en el apartado 6.3.2.2.6 del presente documento.

#### 6.5.10.1. DETERMINACIÓN DE LA OCUPACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL

La ocupación del edificio se determina según el método indicado por el RSCIEI (incluido en el punto 6.3.2.2.6.1 del presente documento) y los datos de partida incluidos en el apartado 6.4.2 de la presente memoria.

Como se indica en el apartado de datos de partida, la ocupación del edificio no será permanente, teniendo únicamente ocupación cuando se realicen labores de mantenimiento de las instalaciones. Esta ocupación ocasional será de equipos de 2 o 3 personas. Para la determinación de la ocupación consideraremos por tanto 3 personas.

$$P = 1,10 p, \text{ cuando } p < 100$$

$$P = 1,10 \times 3 = 4 \text{ personas}$$

Donde:

P: Ocupación calculada (personas).

p: Número de personas que ocupa el sector de incendio de acuerdo con la documentación laboral que legalice el funcionamiento de la actividad.

#### 6.5.10.2. EVACUACIÓN DE OCUPANTES

Se considerará que la evacuación de los ocupantes de cada local se realizará por la salida al exterior directa del mismo.

La longitud de recorrido máxima que deben respetar las rutas de evacuación (para todos los sectores) es de 50m. Según las condiciones indicadas en el apartado 6.3.2.2.6.3 de la presente memoria (considerando como condición más desfavorable 1 única salida por sector) las distancia para NRI Bajo, con una salida será de 35m pudiéndose aumentar a 50m si la ocupación es inferior a 25 personas.

Se muestran a continuación los recorridos de evacuación más desfavorables:

Local	Sector	Longitud recorrido de evacuación más desfavorable	Longitud máxima admisible recorrido de evacuación
Sala GE	1	6,25 m	50 m
Sala T SS.AA.	1	7,82 m	50 m
Aseo	1	5,75 m	50 m
Sala de control	1	10,88 m	50 m
Entrada	1	11,08 m	50 m
Sala G1	1	22,23 m	50 m
Sala G2	1	34,1 m	50 m

Tabla 36. Longitudes limitantes recorridos de evacuación.

### 6.5.10.3. DIMENSIONAMIENTO DE SALIDAS Y PASILLOS

El dimensionamiento de las salidas y pasillos se realizará según lo expuesto a continuación:

- Puertas

$$A \geq \frac{P}{200} \geq 0,80 \text{ m}$$

$$A \geq \frac{4}{200} = 0,02 \geq 0,80 \text{ m}$$

Donde:

- P: Número total de personas cuyo paso esté previsto por el punto cuya anchura se dimensiona.
- A: Anchura del elemento en metros.

**La anchura de las puertas será como mínimo de 0,80 m.**

- Pasillos:

$$A \geq \frac{P}{200} \geq 1,00 \text{ m}$$

$$A \geq \frac{4}{200} = 0,02 \geq 1,00 \text{ m}$$

Donde:

- P: Número total de personas cuyo paso esté previsto por el punto cuya anchura se dimensiona.
- A: Anchura del elemento en metros.

**La anchura de los pasillos será como mínimo de 0,80 m.**

### 6.5.10.4. CARACTERÍSTICAS DE LAS PUERTAS

Las puertas situadas en recorridos de evacuación cumplirán con las características indicadas en el apartado 6.3.2.2.6.3 del presente documento.

### 6.5.10.5. SEÑALIZACIÓN DE LOS MEDIOS DE EVACUACIÓN

Los medios de evacuación estarán debidamente señalizados cumpliendo con las condiciones expuestas en el apartado 6.3.2.2.6.5 de la presente memoria.



### 6.5.11. REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES DE PCI

Los requerimientos de la instalación de PCI se dimensionan según los criterios y condiciones indicadas en el apartado 6.3.2.4 del presente documento.

#### 6.5.11.1. SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE DETECCIÓN DE INCENDIOS

El Nivel de riesgo intrínseco de los sectores del edificio de la casa de máquinas es Bajo como se indica en el apartado de cálculo 6.5.2, por tanto no es obligatoria la instalación de sistemas automáticos de detección de incendio según los criterios indicados por el RSCIEI (indicados en el apartado 6.3.2.4 del presente documento).

Aunque la instalación de sistemas automáticos de detección no se requiere por normativa, se instalarán detectores automáticos en todos los locales de la casa de máquinas de la central hidroeléctrica Irueña.

La instalación de los detectores cumplirá las distancias y condiciones incluidas en la norma UNE-EN 23007-14:2014.

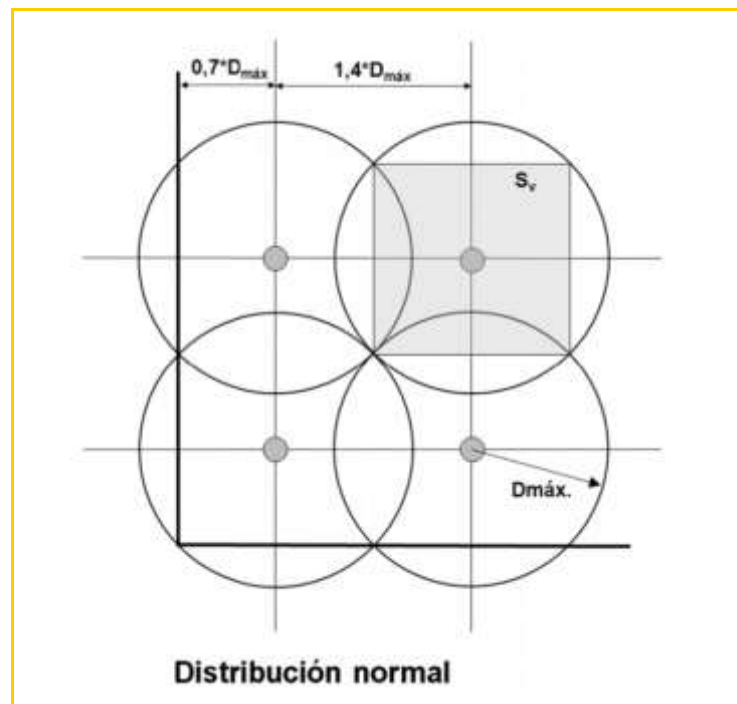


Imagen 7. Distribución normal de los detectores según la norma UNE EN 23007-14.

Siendo las condiciones para obtener las distancias las expuestas en la siguiente tabla, obtenidas de la tabla A.1 de la norma UNE-EN 23007-14

Superficie del local (m <sup>2</sup> )	Tipo de detector	Altura del local (m)	Pendiente techo <=20º	
			Sv (m <sup>2</sup> )	Dmáx. (m)
<=80	UNE-EN 54-7	<=12	80	6,3
>80	UNE-EN 54-7	<=6	60	5,5
		6<H<=12	80	6,3
<=30	UNE-EN 54-5 clase A1	<=7,5	30	3,9
	UNE-EN 54-5 CLASE A2, B, C, D, E, F, G	<=6	30	3,9
>30	UNE-EN 54-5 CLASE A1	<=7,5	20	3,2
	UNE-EN 54-5 CLASE A2, B, C, D, E, F, G	<=6	20	3,2

Tabla 37. Tabla A1 UNE EN 23007-14. 2014.

Los detectores a instalar serán detectores multicriterio. Este tipo de detectores combinan la detección de humo y detección de calor por lo que serán según norma UNE-EN 54-7 y UNE EN 54-5.

Para la obtención de la distribución de sensores se tendrá en consideración como detección de tipo UNE-EN 54-7 (la normativa indica que para efectos de cálculo este con este tipo de detectores se considere la norma UNE-EN 54-7 salvo en los casos en los que los dos tipos de detección no funcionen simultáneamente todo el tiempo para los que habrá que considerar los tipos 54-5).

Los resultados obtenidos de cálculo según los datos anteriores son:

Superficie del local (m <sup>2</sup> )	Locales	Tipo de detector	Altura del local (m)	Pendiente techo <=20º	
				Distancia máxima a paredes (m)	Distancia máxima entre detectores (m)
<=30	Sala de GE	UNE-EN 54-5 CLASE A2, B, C, D, E, F, G	<=6	2,73	5,46
<=30	Sala T de SS.AA.	UNE-EN 54-5 CLASE A2, B, C, D, E, F, G	<=6	2,73	5,46
<=30	Aseo	UNE-EN 54-5 CLASE A2, B, C, D, E, F, G	<=6	2,73	5,46

Superficie del local (m <sup>2</sup> )	Locales	Tipo de detector	Altura del local (m)	Pendiente techo <=20º	
				Distancia máxima a paredes (m)	Distancia máxima entre detectores (m)
<=30	Sala de control	UNE-EN 54-5 CLASE A2, B, C, D, E, F, G	<=6	2,73	5,46
<=80	Entrada	UNE-EN 54-7	<=12	4,41	8,82
<=80	Sala G1	UNE-EN 54-7	<=12	4,41	8,82
>80	Sala G2	UNE-EN 54-7	<=12	4,41	8,82

Tabla 38. Resultado del cálculo de detectores.

Las dotaciones de detectores automáticos obtenidos son las siguientes:

Local	Sector	Nº de detectores	Tipo
Sala GE	1	1	Óptico-Térmico
Sala de T SS.AA.	1	1	Óptico-Térmico
Aseo	1	1	Óptico-Térmico
Sala de control	1	2	Óptico-Térmico
Entrada	1	2	Óptico-Térmico
Sala G1	1	1	Óptico-Térmico
Sala G2	1	2	Óptico-Térmico

Tabla 39. Dotaciones de detectores automáticos obtenidos.

#### 6.5.11.2. SISTEMAS MANUALES DE ALARMA

Se instalarán pulsadores de incendio analógicos rearmables de lazo fabricados según norma UNE-EN 54-11 en todos los sectores de la instalación.

Los pulsadores se distribuirán de la siguiente manera:

- Se instalará un pulsador junto a cada salida de evacuación del sector de incendio.

- La distancia máxima a recorrer, desde cualquier punto que deba ser considerado como origen de evacuación, hasta alcanzar un pulsador, no debe superar los 25 m.
- Los pulsadores de alarma se situarán de modo que la parte superior del dispositivo quede a una altura entre 80 cm. y 120 cm.

Las dotaciones de pulsadores a instalar son las siguientes:

Local	Sector	Nº de pulsadores	Tipo
Sala GE	1	-	-
Sala de T SS.AA.	1	-	-
Aseo	1	-	-
Sala de control	1	-	-
Entrada	1	1	Pulsador manual alarma
Sala G1	1	1	Pulsador manual alarma
Sala G2	1	-	-

Tabla 40. Dotaciones de pulsadores manuales obtenidos.

### 6.5.11.3. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DE ALARMA

El edificio de la casa de máquinas estará dotado de dos sistemas de comunicación de alarma:

- Alarma de incendios: se instalará una alarma de tipo analógica con flash y aislador.
- La alarma de incendio será de tipo direccionable con flash, lo que proporciona una señal de alarma acústica y una señal de alarma visual.
- En el exterior del edificio se instalará una sirena de lazo con base estanca, habitualmente en el acceso a la instalación, junto a la sirena de intrusión.

### 6.5.11.4. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE INCENDIO

Según las condiciones expuestas en el apartado 6.3.2.4.4, **no se requiere un sistema de abastecimiento de agua de incendio** en el edificio de la casa de máquinas.

### 6.5.11.5. SISTEMAS DE HIDRANTES EXTERIORES

El nivel de riesgo intrínseco calculado del edificio es bajo, por tanto, según las condiciones indicadas en el punto 6.3.2.4.5 **no se requiere la instalación de hidrantes exteriores**.

### 6.5.11.6. EXTINTORES PORTÁTILES

Se instalarán extintores de incendio portátiles en todos los sectores de incendio de los establecimientos industriales.

Los extintores y su método de instalación cumplirán con los criterios expuestos en el apartado 6.3.2.4.6 de la presente memoria.

Según establece el Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios (Real Decreto 513/2017), los extintores han de cumplir:

- Extintor portátil: Diseñado para que puedan ser llevados y utilizados a mano, teniendo en condiciones de funcionamiento una masa igual o inferior a 20 kg.
- Extintor móvil: Diseñado para ser transportado y accionado a mano, está montado sobre ruedas y tiene una masa total de más de 20 kg.
- Los extintores de incendio, sus características y especificaciones serán conformes a las exigidas en el Real Decreto 709/2015, de 24 de julio, por el que se establecen los requisitos esenciales de seguridad para la comercialización de equipos a presión.
- Los extintores de incendio portátiles necesitarán, antes de su fabricación o importación, ser certificados, de acuerdo con lo establecido en el artículo 5.2 de este reglamento, a efectos de justificar el cumplimiento de lo dispuesto en la norma UNE-EN 3-7 y UNE-EN 3-10. Los extintores móviles deberán cumplir lo dispuesto en la norma UNE-EN 1866-1.
- El emplazamiento de los extintores permitirá que sean fácilmente visibles y accesibles. Estarán situados próximos a los puntos donde se estime mayor probabilidad de iniciarse el incendio, a ser posible, próximos a las salidas de evacuación y, preferentemente, sobre soportes fijados a paramentos verticales, de modo que la parte superior del extintor quede situada entre 80 cm y 120 cm sobre el suelo.
- Su distribución será tal que el recorrido máximo horizontal, desde cualquier punto del sector de incendio, que deba ser considerado origen de evacuación, hasta el extintor, no supere 15 m.

La dotación de extintores manuales a instalar será la siguiente:

Sector	Local	Dotación de extintores			
		Tipo	Nº unidades	Capacidad (kg)	Eficacia
1	Sala GE	CO <sub>2</sub>	1	5	89B
1	Sala T SS.AA.	CO <sub>2</sub>	1	5	89B
1	Aseo	-	-	-	-
1	Sala de Control	CO <sub>2</sub>	1	5	89B
		Polvo ABC Manual	2	6	21A 113B
1	Entrada	CO <sub>2</sub>	1	10	34B
		Polvo ABC Manual	2	6	21A 113B
1	Sala G1	CO <sub>2</sub>	1	10	34B

Sector	Local	Dotación de extintores			
		Tipo	Nº unidades	Capacidad (kg)	Eficacia
1	Sala G2	Polvo ABC Manual	1	6	21A 113B
		Polvo ABC Carro	1	50	233B
		CO2	1	10	34B
		Polvo ABC Manual	1	6	21A 113B
		Polvo ABC Carro	1	50	233B

Tabla 41. Dotaciones de extintores manuales de incendio.

#### 6.5.11.7. SISTEMA DE BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS (BIES)

El nivel de riesgo intrínseco calculado para el establecimiento industrial es bajo, por tanto según los criterios expuestos en el apartado 6.3.2.4.7 del presente documento no es necesaria la instalación de bocas de incendio equipadas en el edificio.

#### 6.5.11.8. SISTEMA DE COLUMNA SECA

El nivel de riesgo intrínseco calculado para el establecimiento industrial es bajo y la altura de evacuación es nula, por tanto según los criterios expuestos en el apartado 6.3.2.4.8 del presente documento no es necesaria la instalación de un sistema de columna seca en el edificio.

#### 6.5.11.9. SISTEMA DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS DE AGUA

El nivel de riesgo intrínseco calculado para el establecimiento industrial es bajo, por tanto según los criterios expuestos en el apartado 6.3.2.4.9 del presente documento no es necesaria la instalación de un sistema de rociadores automáticos en el edificio.

#### 6.5.11.10. SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA

No se requiere la instalación de sistemas de agua pulverizada en aplicación de los criterios establecidos por el RSCIEI incluidos apartado 6.3.2.4.10 del presente documento.

#### 6.5.11.11. SISTEMA DE ESPUMA FÍSICA

En aplicación de los criterios establecidos por el RSCIEI incluidos en el apartado 6.3.2.4.11 de la presente memoria, no es necesaria la instalación de espuma física.

#### 6.5.11.12. SISTEMAS DE EXTINCIÓN DE POLVO

Se instalarán extintores portátiles y móviles de polvo seco ABC según los criterios anteriormente indicados en el punto 6.3.2.4.12 del presente documento.

#### 6.5.11.13. SISTEMAS DE EXTINCIÓN POR AGENTES GASEOSOS

Se instalarán extintores portátiles de CO<sub>2</sub> según los criterios anteriormente indicados en el punto 6.3.2.4.13 del presente documento.

### 7. VENTILACIÓN Y CLIMATIZACIÓN

---

#### 7.1. ALCANCE

El alcance del presente epígrafe es el diseño, dimensionamiento y cálculo de las instalaciones de ventilación y climatización de la Central Hidroeléctrica Irueña.

#### 7.2. NORMATIVA APLICABLE

Para el cálculo y diseño de las instalaciones de climatización y ventilación será de aplicación la última edición de la siguiente normativa:

- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas IT (Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio y modificaciones del Real Decreto 238/2013 de 5 de abril).
- Código Técnico de Edificación. (Real Decreto 314/2006, de 17 de Marzo y modificaciones posteriores) y en especial:
  - Sección HE 1. Limitación de la demanda energética.
    - o Sección HE 2. Rendimiento de las instalaciones térmicas. (RITE).
    - o Sección HE 4. Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.
    - o Sección HS 3. Calidad del aire interior.
    - o Sección HS 4. Suministro de agua.
- Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-RAT. (Real Decreto 337/2014 de 9 de Mayo).
- UNE 100001:2001 Climatización, condiciones climáticas para proyectos.
- UNE-EN 13779:2008 Ventilación de los edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos.
- UNE-EN 12792:2004 Ventilación de edificios. Símbolos, terminología y símbolos gráficos.
- UNE-EN 1505:1999: Ventilación de edificios. Conductos de aire de chapa metálica y accesorios de sección rectangular. Dimensiones.
- UNE-EN 1506:2007: Ventilación de edificios. Conductos de aire de chapa metálica y accesorios de sección circular. Dimensiones.

- UNE-EN 1507:2007: Ventilación de edificios. Conductos de aire de chapa metálica de sección rectangular. Requisitos de resistencia y estanquidad.
- UNE-EN 12236:2003: Ventilación de edificios. Soportes y apoyos de la red de conductos. Requisitos de resistencia.
- UNE 100153:2004 IN: Climatización. Soportes antivibratorios. Criterios de selección.
- UNE-EN ISO 12241:2010. Aislamiento térmico para equipos de edificación e instalaciones industriales. Método de cálculo.
- PNE 92320 Productos aislantes térmicos para equipos en la edificación e instalaciones industriales. Climatización. Materiales e instalaciones.
- UNE-EN ISO 16890-1:2017. Filtros de aire utilizados en ventilación general. Parte 1: Especificaciones técnicas, requisitos y clasificación según eficiencia basado en la materia particulada (PM). (ISO 16890-1:2016).
- UNE 100014:2004 IN: Climatización. Bases para el proyecto. Condiciones exteriores de cálculo.
- UNE-EN ISO 5801:2010. Ventiladores industriales. Ensayos aerodinámicos usando circuitos normalizados. (ISO 5801:2007 incluyendo Cor 1:2008)
- UNE 100214:1990: Ventiladores. Presentación de los resultados de ensayo.
- UNE-EN 13501-3: Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 3: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de resistencia al fuego de productos y elementos utilizados en las instalaciones de servicio de los edificios: Conductos y compuertas resistentes al fuego.

## 7.3. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

### 7.3.1. VENTILACIÓN DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

La evacuación del calor generado en el interior del CT se efectuará según lo indicado en la ITC-RAT 14 apartado 4.4, utilizándose preferentemente el sistema de ventilación natural.

El flujo de aire se establecerá por la diferencia de temperatura entre el exterior (temperatura de entrada) y el interior (temperatura de salida) del CT en el que la temperatura es mayor debido a las pérdidas del transformador que se disipan en forma de calor. Por este motivo, se produce la entrada de aire fresco del exterior al interior del CT a través de las rejillas de ventilación inferiores, y la consecuente salida de aire caliente al exterior por las rejillas superiores.

La ubicación de las rejillas de ventilación se elegirá procurando que la circulación de aire haga un barrido sobre el transformador, colocando las rejillas de entrada y salida, preferentemente, sobre fachadas opuestas del CT.

Las rejillas de ventilación comunicarán preferiblemente con el exterior, y si no es posible con patios interiores.



### 7.3.1.1. VENTILACIÓN NATURAL

Para el cálculo de la sección de las rejillas de ventilación se utiliza la siguiente expresión que calcula dicha sección en función de la potencia calorífica evacuada por circulación natural de aire, desde un recinto interior caliente al exterior a través de dos huecos (uno de entrada y otro de salida) de igual sección cerrados mediante rejillas:

$$S = \frac{P}{0,24 \times C_x \times \sqrt{H \times (t_i - t_e)^3}}$$

Donde:

- P: Potencia calorífica evacuada (kW).
- C<sub>x</sub>: Coeficiente de forma de las rejillas de ventilación (se toma C<sub>x</sub>= 0.4).
- S: Superficie del hueco de entrada de aire (m<sup>2</sup>). Se supone igual la sección de entrada y salida de aire.
- H: Distancia vertical entre los centros geométricos de los huecos de entrada y salida de aire (m).
- t<sub>i</sub>: Temperatura en el interior del recinto (°C).
- t<sub>e</sub>: Temperatura media en el exterior (°C).

Si se aplica dicha expresión a un CT, la potencia calorífica evacuada debe coincidir con las pérdidas del transformador, que se calculan como la suma de las pérdidas en vacío más las pérdidas en carga del transformador a plena carga:

$$P = P_0 + P_k$$

### 7.3.1.2. VENTILACIÓN FORZADA

En aquellos casos en los que no sea posible evacuar el calor generado en el interior del CT mediante un sistema de ventilación natural se instalará un sistema de ventilación forzada.

Para definir las características del sistema de ventilación se determinará previamente el punto de diseño del ventilador: caudal de aire a evacuar y pérdidas de carga de la instalación de ventilación.

El caudal de diseño del ventilador se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$Q = \frac{P}{0,34 \times (t_i - t_e)}$$

Siendo:

- Q: Caudal de diseño del ventilador extractor (m<sup>3</sup>/s).
- P: Potencia calorífica a evacuar (W). Pérdidas del transformador.

- $t_i$ : Temperatura en el interior del recinto ( $^{\circ}\text{C}$ ).
- $t_e$ : Temperatura media en el exterior ( $^{\circ}\text{C}$ ).

## 7.4. DATOS DE PARTIDA

### 7.4.1. CONDICIONES INTERIORES DE CÁLCULO

Para el cálculo de las instalaciones de climatización se consideran los valores de condiciones interiores establecidos por la tabla 1.4.1.1 del RITE, adjunta a continuación:

Condiciones interiores de diseño		
Estación	$T^a$ Operativa ( $^{\circ}\text{C}$ )	Humedad Relativa (%)
Verano	29-26	40-50
Invierno	0-13	70-80

Tabla 42. Condiciones climáticas interiores según RITE.

## 7.5. RESULTADOS OBTENIDOS

### 7.5.1. CAUDALES DE VENTILACIÓN

Se realiza el cálculo de los caudales de ventilación de la sala de máquinas mediante el método indirecto de caudal por unidad de superficie.

Como dato de entrada se considera una calidad del aire interior a obtener IDA 2 (aire de buena calidad):

Estancia	Superficie ( $\text{m}^2$ )	Altura (m)	Volumen ( $\text{m}^3$ )	Q ( $\text{dm}^3/\text{s m}^2$ )	Q aire ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	Ren/hora calculadas	Ren/hora mínimas	Q aire ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) corregido
Aseo	3,72	3	11,16	0,83	11,11536	1,00	3,00	33,61
Sala de control	17,28	3	51,84	0,83	51,63264	1,00	3,00	156,14
Entrada	66,12	8,23	544,16	0,83	197,56656	0,36	3,00	4496,49

Tabla 43. Caudales de ventilación obtenidos según RITE.

Se requerirá la instalación de rejillas y extractores en la central hidroeléctrica que aseguren los caudales de renovación establecidos en la tabla anterior. En el caso de los generadores se dispondrá de extracción de aire forzada diseñada por el fabricante de la máquina.

## 7.5.2. VENTILACIÓN DE LAS SALAS DE TRANSFORMADORES

Se realiza el cálculo de la ventilación del centro de transformación.

### 7.5.2.1. SALA DE TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES

#### 7.5.2.1.1. TOMA DE AIRE NATURAL

El centro de transformación está compuesto por un transformador seco de 100 kVA.

Las pérdidas consideradas para el transformador son:

- Pérdidas en vacío (P<sub>0</sub>): 252 W.
- Pérdidas en carga (P<sub>k</sub>) a 120°C: 1.800 W.
- Pérdidas totales (P): 2.052 W.

Los datos de entrada para el cálculo:

- T<sub>e</sub>: 25°C.
- T<sub>i</sub>: 40°C.
- P: 2.052 kW.
- H: 2,7 m.
- C<sub>x</sub>: 0,4 m.

Según el método descrito en el presente documento se obtiene una superficie de los huecos de ventilación del centro de transformación de:

- S=0,24 m<sup>2</sup>

#### 7.5.2.1.2. RETORNO DE AIRE NATURAL

Para calcular la superficie de los huecos de ventilación de retorno simplemente se mayor la superficie obtenida en los huecos de entrada un 15% debido a la disminución de la densidad del aire, de esta manera:

$$S' = 1,15xS$$

- S'=0,28 m<sup>2</sup>

## 7.6. SOLUCIÓN ADOPTADA

### 7.6.1. VENTILACIÓN SALA DE TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES

La ventilación de la sala de transformador de servicios auxiliares se realizara mediante ventilación natural, instalando rejillas de ventilación en las puertas para la entrada de aire exterior y rejillas en el cerramiento para la salida del aire.

Según lo expuesto se eligen las siguientes rejillas TAE:

- Puertas:
  - 4xRejillas TAE 0,6 x 0,15
- Cerramiento.
  - 1xRejilla TAE 1 x 0,3

### 7.6.2. CLIMATIZACIÓN

Dada las temperaturas alcanzadas en verano se dispondrá de una máquina de clima compuesta de unidad interior y unidad exterior para la climatización de la sala de control.

## 8. PUESTA A TIERRA

---

Con objeto de garantizar la seguridad de las personas y de un correcto funcionamiento de los equipos, se prevé la instalación de una malla de tierras enterrada en la plataforma de la subestación de 45 kV y bajo la cimentación de la central hidroeléctrica.

Antes de extender la capa de tierra correspondiente a la coronación de la explanada (últimos 80 cm) se tenderá la malla principal de la red de tierras. La malla se realizará con cable de cobre de 120 mm<sup>2</sup> formando retículas de 3,00 x 3,00 m hasta 1 metro por el exterior del cierre mediante soldadura aluminotérmica. La malla de la subestación se unirá a través de al menos tres electrodos verticales con la malla bajo la central hidroeléctrica, la cual también formará retículas de 3,00 x 3,00 en toda la superficie bajo la central.

La instalación de puesta a tierra se completará con la instalación de electrodos profundos en cantidad necesaria para obtener las tensiones de paso y contacto permitidas según la normativa vigente. Se podrá sustituir la instalación de electrodos profundos por electrodos dinámicos y tratamiento químico del terreno, garantizando una resistencia total de la instalación no superior a 2  $\Omega$ , así como el cumplimiento de las tensiones de paso y contacto máximas reglamentarias.

En la fase de ingeniería de detalle se tendrá en cuenta el cumplimiento de la MT 2.00.03 Especificaciones particulares para instalaciones de clientes en AT, concretamente en la tabla 2, intensidades máximas de defecto a tierra e impedancias equivalentes para cada nivel de tensión y tipo de puesta a tierra.

Tensión nominal de la red $U_n$ (kV)	Tipo de puesta a tierra	Impedancia equivalente $Z_{LTH}$ ( $\Omega$ )	Intensidad máxima de corriente de defecto a tierra (A)
13,2	Rígido	1,863	4500
13,2	Reactancia 4 $\Omega$	4,5	1863
15	Rígido	2,117	4500
15	Reactancia 4 $\Omega$	4,5	2117
20	Zig-Zag 500A	25,4	500
20	Zig-Zag 1000A	12,7	1000
20	Reactancia 5,2 $\Omega$	5,7	2228
30	Zig-Zag 1300 A **	2,117	9000
45	Rígido	1,143	25000
66	Rígido	1,677	25000
132	Rígido	2,794	30000

Imagen 8. Intensidades máximas de defecto a tierra – Iberdrola.

Todos los aparatos, soportes y partes metálicas no sometidas a tensión eléctrica en un funcionamiento normal, pero que en caso de falta o avería sí puedan quedar en tensión, serán puestos a tierra mediante un conductor de protección, que será de las mismas características que el de los conductores activos, pero de la mitad de sección con un mínimo de 16 mm<sup>2</sup>. Además, se dejará un anillo perimetral de cable de cobre a una distancia exterior de 1 m que se conectará al resto de la malla que se extenderá por toda la parcela, incluido el cerramiento.

Se unirán a tierra los elementos siguientes:

- Las carcasas de transformadores, motores y otras máquinas.
- La estructura metálica.
- Los blindajes metálicos de los cables.
- Los chasis y bastidores de los aparatos de maniobra.
- Los envoltentes de los conjuntos de armarios metálicos.
- Las puertas metálicas de los locales.
- Las vallas y los cerramientos metálicos.
- Las tuberías y conductos metálicos.

Se conectarán a tierra, sin uniones desmontables intermedias, los siguientes elementos, que se consideran puestas a tierra de servicio:

- Los neutros de transformadores de potencia y medida.
- Los neutros de los generadores
- Los hilos de tierra de las líneas aéreas.
- Los elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra.

- Las tomas de tierra de las autoválvulas para eliminación de sobretensiones o descargas atmosféricas.

Estas conexiones se fijarán a la estructura y carcasas del aparellaje mediante tornillos y grapas especiales, que aseguran la permanencia de la unión, haciendo uso de soldaduras aluminotérmicas de alto poder de fusión, para las uniones bajo tierra, ya que sus propiedades son altamente resistentes a la corrosión galvánica.

Los elementos metálicos que den al exterior tales como puertas, rejillas, cierres, etc., se instalarán de modo tal que no podrán ponerse en contacto con partes en tensión por causa de defectos o avería, y si esto no fuese posible se conectarán a tierra convenientemente.

Adicionalmente a lo anteriormente expuesto, se extenderá una capa de grava en toda la superficie de la subestación, de acuerdo con los planos.

## 9. DRENAJE

---

La instalación de drenaje en el interior de la central hidroeléctrica está totalmente relacionada con el funcionamiento de las máquinas. El pozo de drenaje tiene la función de concentrar todas las posibles fugas en las partes mecánicas de ambos grupos, así como servir de punto de descarga en caso de vaciado del circuito hidráulico. La instalación de drenaje se describe con mayor detalle en el Anejo AE-01 Definición Equipos Electromecánicos.

## ANEJO AE-07. ESTUDIO DE CAMPOS MAGNÉTICOS

---

## ÍNDICE

<b>1. OBJETO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. NORMATIVA.....</b>	<b>1</b>
<b>3. CONSIDERACIONES DE PARTIDA .....</b>	<b>1</b>
<b>4. METODOLOGÍA DE CÁLCULO .....</b>	<b>2</b>
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>2</b>
5.1. SUBESTACIÓN .....	2
5.2. EDIFICIO CENTRAL HIDROELÉCTRICA .....	5
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>7</b>



## LISTADO DE TABLAS

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.

## LISTADO DE IMÁGENES

Imagen 1. Topología 3D SET Irueña.....	3
Imagen 2. Campo magnético en 3D con límite 100 uT (SET). ....	4
Imagen 3. Campo magnético 2D con límite 100 uT (SET). ....	4
Imagen 4. Campo magnético en 2D con límite en 10 uT (SET). ....	5
Imagen 5. Topología 3D de las partes activas de la casa de máquinas. ....	5
Imagen 6. Campo magnético 3D con límite 100 uT (casa de máquinas). ....	6
Imagen 7. Campo magnético en 2D con límite en 100 uT (casa de máquinas). ....	7
Imagen 8. Campo magnético en 2D con límite en 10 uT (casa de máquinas). ....	7

## 1. OBJETO

---

El presente documento tiene por objeto el estudio de las emisiones de campo magnético que se pudieran producir de los distintos elementos que componen la Central Hidroeléctrica Irueña. Se realizará el cálculo en la casa de máquinas que aloja a los generadores síncronos y las celdas de media tensión y la subestación asociada a la central.

## 2. NORMATIVA

---

La normativa de referencia para el diseño de los equipos electromecánicos propuestos cumplirá con la última edición de las siguientes normas o documentos de referencia:

- R.D. 337/2014 de 9 de mayo, por el que se aprueba el “Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión” (RAT).
- R.D. 1066/2001 de 28 de septiembre, por el que se aprueba el “Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a las emisiones radioeléctricas”.
- UNE-EN 62110 de mayo de 2013. “Campos eléctricos y magnéticos generados por sistemas de alimentación en corriente alterna. Procedimientos de medida de los niveles de exposición del público en general”.
- Recomendaciones del Consejo Europeo 1999/219/CE, del 12 de julio de 1999.
- Recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP), no relativo a la exposición del público en general a campos electromagnéticos
- Real decreto 299/2016, do 22 de julio, sobre a protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a campos electromagnéticos.

## 3. CONSIDERACIONES DE PARTIDA

---

Para el cálculo se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones.

- Frecuencia de la instalación: 50 Hz
- Tensiones máximas: 6 kV y 45 kV
- Altura de cálculo: 1 m.
- Corriente máxima prevista:
  - Subestación:
    - Lado 45 kV: 64,15 A
    - Lado 6 kV: 481,12 A
  - Central Hidroeléctrica
  - Barras de celdas MT: 481,12 A

- Cable aislado G1: 105,84 A
- Cable aislado G2: 458,89 A

## 4. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

---

Para la elaboración del análisis se emplea un software de simulación de campo magnético en instalaciones eléctricas. La entrada de datos es la topología 3D del conjunto de conductores de las diferentes instalaciones, así como las corrientes que circulan por cada uno de ellos.

No se tiene en cuenta el campo generado por los transformadores ya que no afecta de forma significativa en los resultados de cálculo, tal y como se indica en la UNE-CLC/TR 50453.

De acuerdo con la UNE-EN 62110, se realiza el cálculo a una altura de 1 metro y se verifican los resultados en los límites accesibles por el público. Se verifica que los resultados obtenidos no superan el límite establecido por el R.D. 1066/2001 de 100  $\mu$ T a 50 Hz de frecuencia.

## 5. RESULTADOS

---

### 5.1. SUBESTACIÓN

Se modelan los siguientes elementos de la subestación:

- Conductores de interconexión entre apartamentos de 45 kV
- Barras de conexión con el transformador de potencia en el lado de 6 kV.
- Cable aislado de 6 kV.

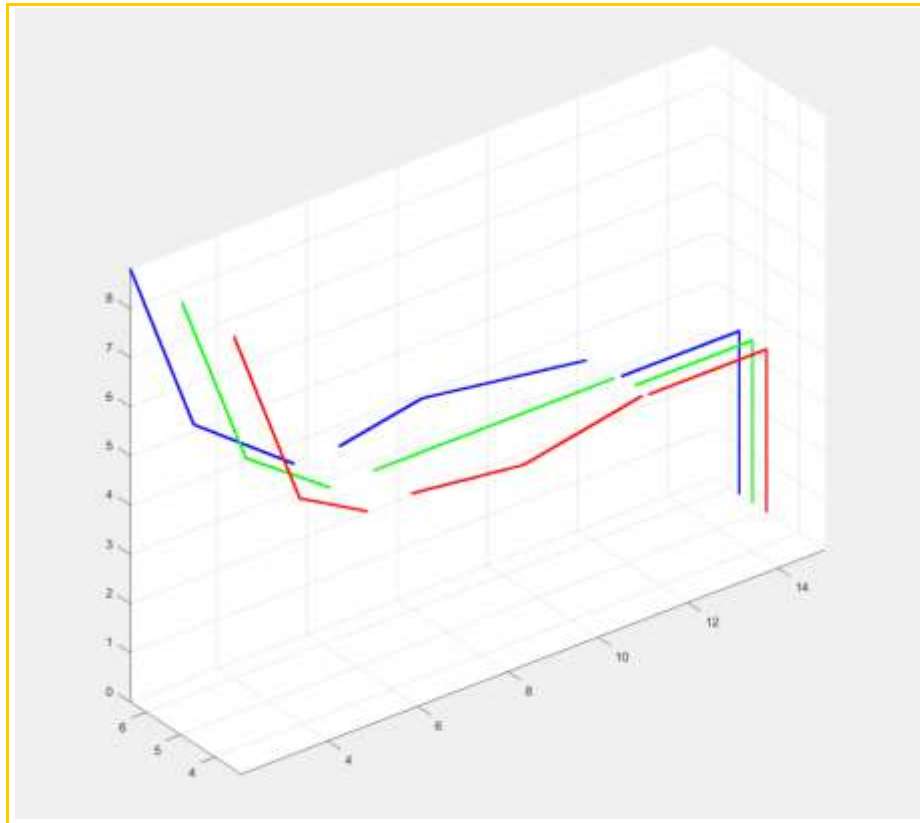


Imagen 1. Topología 3D SET Irueña.

De acuerdo con la configuración anterior y simulando las corrientes máximas previstas, se obtienen los siguientes resultados máximos:

- Lado 45 kV Transformador: 3,36  $\mu\text{T}$
- Lado 6 kV Transformador: 100  $\mu\text{T}$
- Barras 6 kV: 100  $\mu\text{T}$
- Cierre perimetral (zona accesible al público): 2,52  $\mu\text{T}$

A continuación, se detallan las gráficas de cálculo:

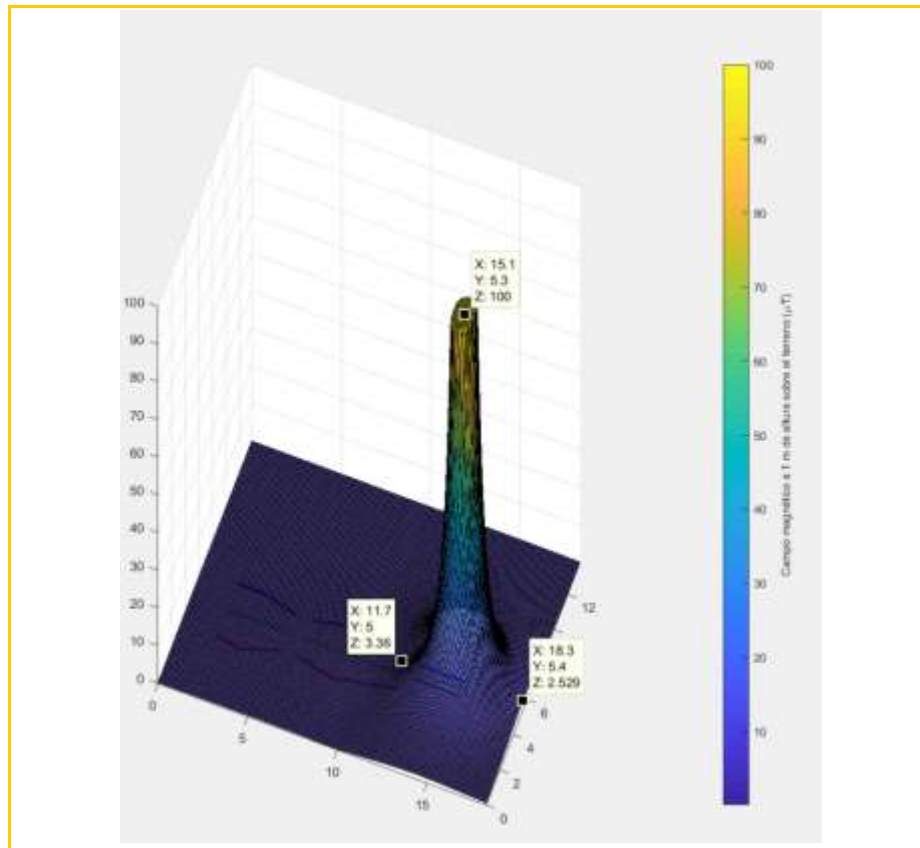


Imagen 2. Campo magnético en 3D con límite 100  $\mu\text{T}$  (SET).

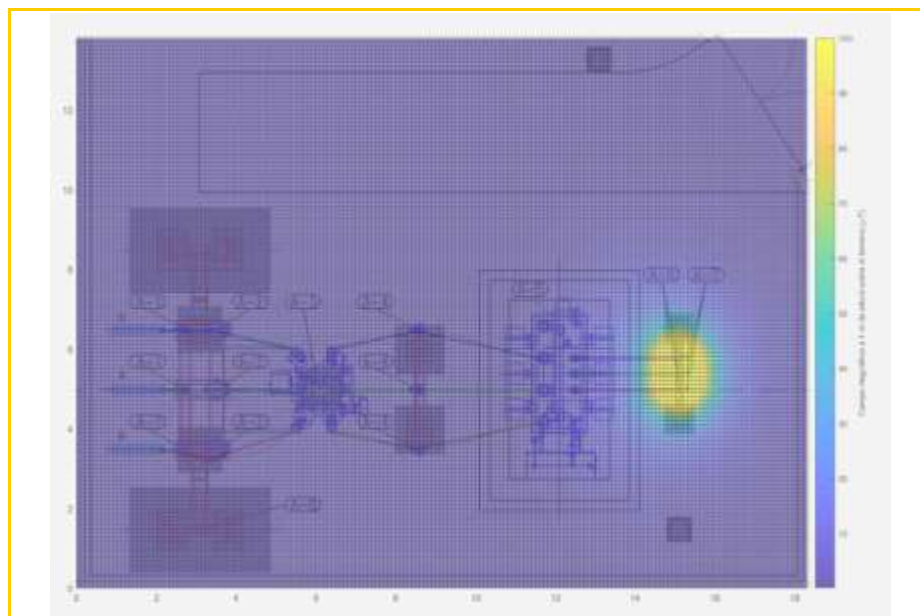


Imagen 3. Campo magnético 2D con límite 100  $\mu\text{T}$  (SET).

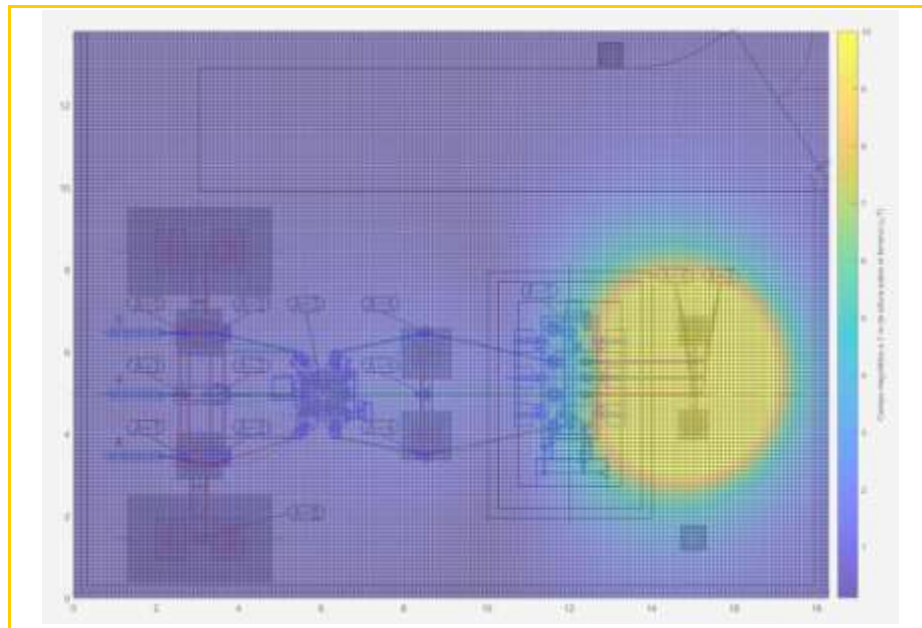


Imagen 4. Campo magnético en 2D con límite en 10  $\mu\text{T}$  (SET).

## 5.2. EDIFICIO CENTRAL HIDROELÉCTRICA

Se modelan los siguientes elementos en el interior del edificio de la central hidroeléctrica:

- Embarrado de celdas de MT
- Cable aislado de MT por bandeja.

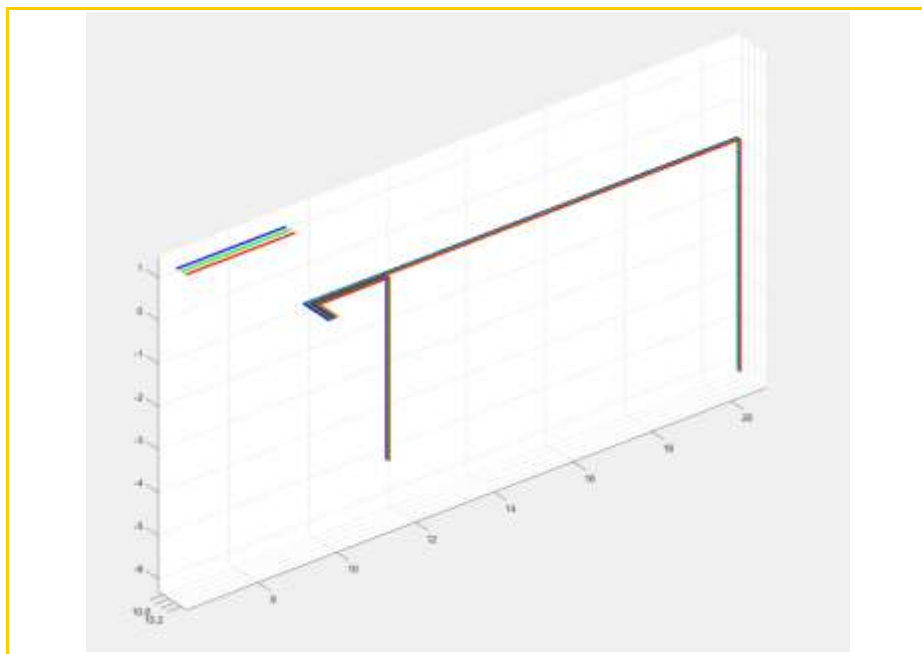


Imagen 5. Topología 3D de las partes activas de la casa de máquinas.

De acuerdo con la configuración anterior y simulando las corrientes máximas previstas, se obtienen los siguientes resultados máximos:

- Barras de las celdas de MT: 87,52 uT
- Cable aislado MT en bandeja: 2,7 uT
- Cierre perimetral (zona accesible al público): **1,796 uT**

A continuación se muestran las gráficas de cálculo.

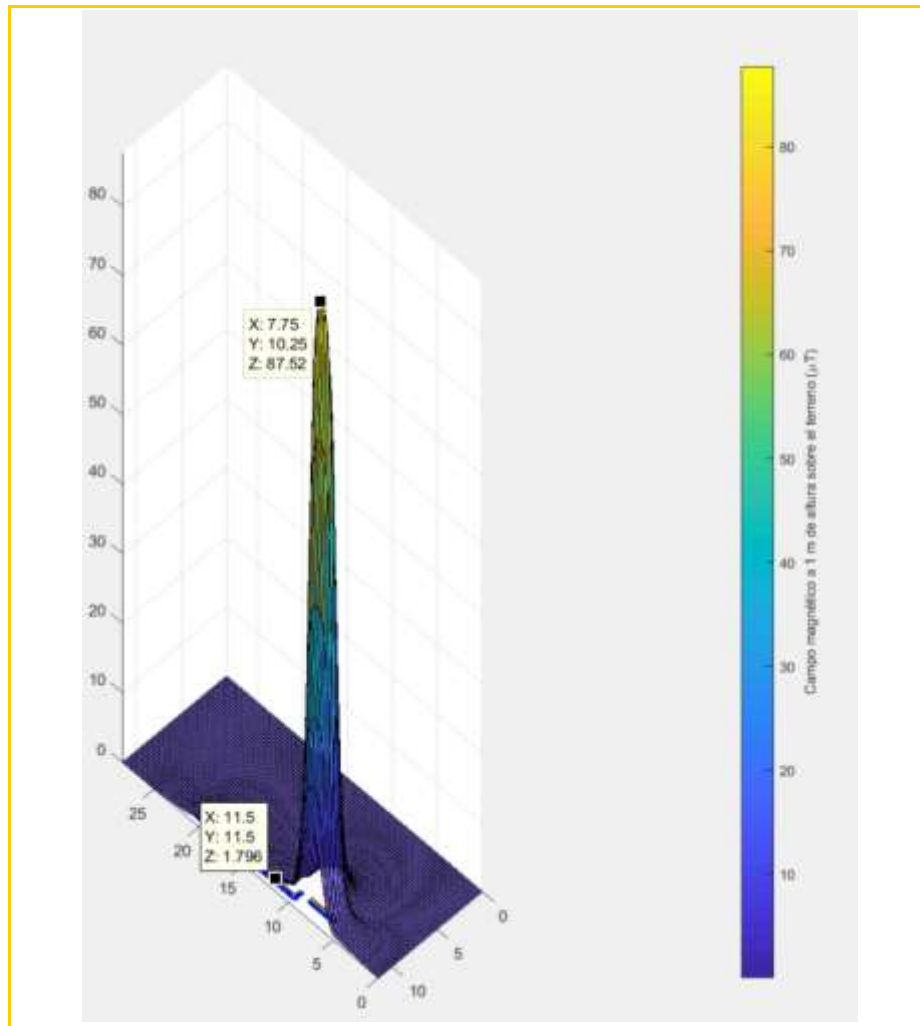


Imagen 6. Campo magnético 3D con límite 100 uT (casa de máquinas).



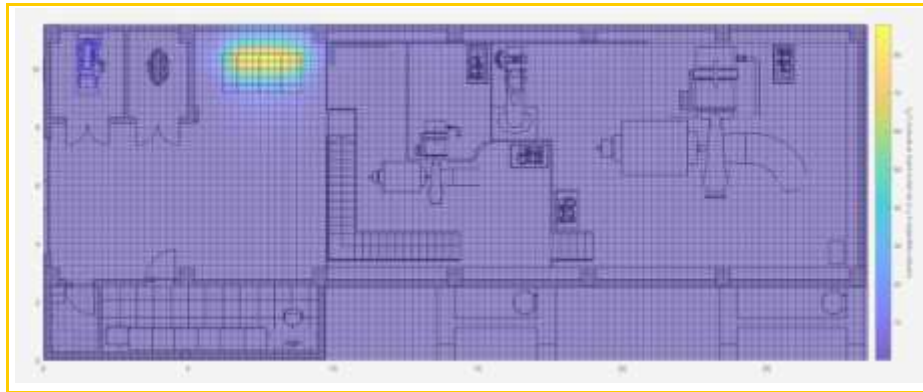


Imagen 7. Campo magnético en 2D con límite en 100 uT (casa de máquinas).



Imagen 8. Campo magnético en 2D con límite en 10 uT (casa de máquinas).

## 6. CONCLUSIONES

Tras el análisis realizado en todos los elementos que forman parte de la subestación y casa de máquinas, se constata que los valores obtenidos están por debajo de los límites máximos establecidos en la normativa vigente de aplicación (100  $\mu$ T), por lo que no es necesario llevar a cabo medidas de restricción.