

The logo for the University of La Laguna (ULL) consists of the letters 'ULL' in a stylized, purple, sans-serif font. The letters are bold and have a slight shadow effect. The 'U' and the first 'L' are connected at the top, and the second 'L' is slightly offset to the right.

Universidad  
de La Laguna

# ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

SECCIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

## TRABAJO DE FIN DE GRADO:

Instalaciones de Baja tensión,  
Iluminación y ACS para centro de  
enseñanza artística.

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

PRESENTADO POR:

ALEJANDRO VINAGRE LUIS

DIRIGIDO POR:

JOSÉ FRANCISCO GÓMEZ GONZÁLEZ

PRESENTADO EN SEPTIEMBRE 2017







## Índice General

Abstract.....	6
Resumen.....	6
Capítulo 1: Memoria.....	7
Capítulo 2: Anexos.....	60
Capítulo 3: Planos.....	160
Capítulo 4: Pliego de condiciones.....	176
Capítulo 5: Presupuesto.....	242
Capítulo 6: Fichas técnicas.....	251

## **Abstract**

This document contains the design of the lighting, electric supply and domestic hot water for a building intended to provide artistic education, in Santa Cruz de Tenerife.

The electric supply is designed for a single user and uses a consumer unit as it allows for a future expansion of the installation should it be needed.

For domestic hot water production, the design chosen is an individual installation in series with a boiler. This design saves fuel which means it will help to recover the investment faster.

The lighting system has been designed mostly with LED, to guarantee economic savings in the long term.

Every installation has been designed to comply with current regulations.

## **Resumen**

El presente documento propone el diseño de la instalación de iluminación, de baja tensión y de producción de agua caliente sanitaria para un centro de enseñanza artística situado en Santa Cruz de Tenerife.

Para la instalación de baja tensión se ha optado por una instalación individual con caja general de protección, como previsión a una posible ampliación de la instalación.

Para la producción de ACS se elegido un diseño de instalación individual con caldera en serie, porque se amortizará antes debido a su ahorro de energía.

Para el alumbrado de la instalación de iluminación se han usado, principalmente, luminarias LED, para un ahorro económico a largo plazo.

Todas las instalaciones se han diseñado teniendo en cuenta la normativa vigente

**Palabras clave:** baja tensión, iluminación, acs, captador solar, luminarias, caja general de protección, derivación individual, caída de tensión, pérdida de carga, enseñanza artística.



**ESCUELA SUPERIOR DE  
INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA**

SECCIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

# CAPÍTULO 1: MEMORIA

## **TRABAJO DE FIN DE GRADO:**

Instalaciones de Baja tensión, Iluminación  
y ACS de centro de enseñanza artística

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

PRESENTADO POR:

ALEJANDRO VINAGRE LUIS

DIRIGIDO POR:

JOSÉ FRANCISCO GÓMEZ GONZÁLEZ

PRESENTADO EN SEPTIEMBRE 2017



## Índice de contenido.

1. Hoja identificativa.....	12
2. Objeto.....	13
3. Alcance. ....	13
4. Antecedentes.....	13
5. Normas y referencias.....	15
5.1.1. Normas generales.....	15
5.1.2. Normativa de aplicación en la comunidad autónoma de canarias. ....	15
5.1.3. Normas UNE. ....	15
5.2. Bibliografía.....	16
5.3. Programas de cálculo.....	16
6. Definiciones y abreviaturas. ....	16
7. Requisitos de diseño.....	17
7.1. Instalación baja tensión.....	17
7.1.1. Requisitos del cliente.....	17
7.1.2. Requisitos de la legislación.....	17
7.2. Instalación de térmica para producción de ACS.....	17
7.2.1. Requisitos del cliente.....	17
7.2.2. Requisitos de la legislación.....	17
7.3. Instalación de iluminación.....	18
7.3.1. Requisitos del cliente.....	18
7.3.2. Requisitos de la legislación.....	18
8. Resultados finales.....	18
8.1. Instalación de iluminación.....	18
8.1.1. Alumbrado interior.....	18
8.1.2. Alumbrado de emergencia.....	21
8.1.3. Descripción de la instalación.....	26
8.2. Instalación de baja tensión.....	26
8.2.1. Programa de necesidades.....	26
8.2.2. Descripción de la instalación.....	27
8.2.2.1. Suministro de energía.....	27
8.2.2.2. Descripción y justificación de las canalizaciones elegidas.....	28
8.2.2.3. Acometida.....	28
8.2.2.4. Caja general de protección.....	28
8.2.2.5. Línea general de alimentación (LGA).....	32

8.2.2.6. Equipos de medida (EM).....	33
8.2.2.7. Derivación individual (DI).....	35
8.2.2.8. Dispositivo de control de potencia.....	37
8.2.2.9. Dispositivos generales e individuales de mando y protección.....	37
8.2.2.10. Instalación interior.....	41
8.2.2.11. Puesta a tierra.....	42
8.3. Instalación solar térmica de producción de ACS.....	43
8.3.1. Descripción de la instalación.....	43
9. Presupuesto.....	57
10. Conclusion.....	57
11. Orden de prioridad de los documentos básicos.....	58



## **1. Hoja identificativa.**

Proyecto de instalaciones de baja tensión, iluminación y agua caliente sanitaria para un centro de enseñanzas artísticas.

El centro se encuentra ubicado en la Avenida Islas Canarias, en el municipio de Santa Cruz de Tenerife. Coordenadas 28.468103, -16.261882.

El proyecto ha sido encargado por la Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología (ESIT), con domicilio en Camino San Francisco de Paula, s/n, Campus Anchieta, 38271, La Laguna. y teléfono de contacto, 922 84 50 31.

El autor de éste proyecto es Alejandro Vinagre Luis, con DNI: 79075300-N, alumno de la Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología, en el Grado en Ingeniería Mecánica, de la Universidad de la Laguna.

En Santa Cruz de Tenerife a \_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_

Fdo.: Alejandro Vinagre Luis

DNI: 79075300-N

## 2. Objeto.

El presente proyecto tiene como objetivo realizar el estudio técnico de las instalaciones de baja tensión, iluminación y ACS de un centro destinado a las enseñanzas artísticas, cumpliendo la normativa vigente.

Además, el presente proyecto se utiliza como prueba final de grado, que tiene como objetivo demostrar los conocimientos adquiridos por el alumno en el grado de ingeniería mecánica de la Universidad de la Laguna.

## 3. Alcance.

El alcance de estudio de éste proyecto sólo abarca el diseño de las siguientes instalaciones para un recinto dedicado al desarrollo de enseñanzas artísticas:

- Instalación de agua caliente sanitaria.
- Instalación de baja tensión.
- Instalación de iluminación.

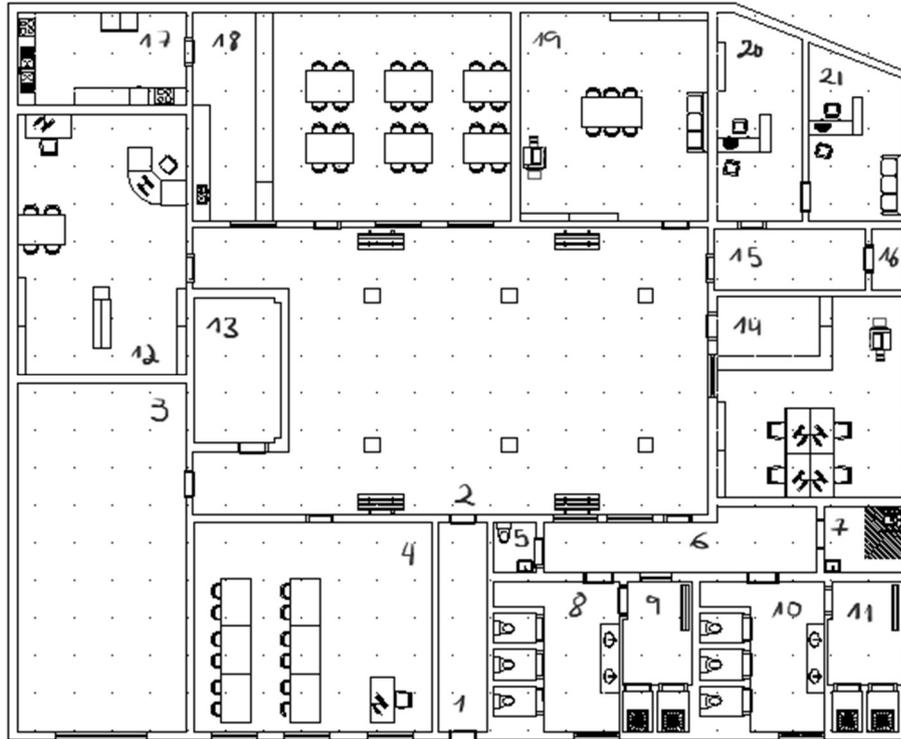
Están fuera del alcance, y por tanto no son objeto de estudio del presente proyecto:

- Instalación de ventilación.
- Instalación de climatización.
- Instalación de protección contra incendios.
- Instalación de salubridad.

## 4. Antecedentes.

Este proyecto de instalaciones se realiza para satisfacer las necesidades de un centro de enseñanzas artísticas que, como establecimiento, se considera local de pública concurrencia. El centro está situado en la avenida Islas Canarias nº2 en el municipio de Santa Cruz de Tenerife en la provincia de Santa Cruz de Tenerife.

La superficie del edificio es de 651,65 m<sup>2</sup>, sólo tiene una planta, y su distribución se puede observar en el plano de distribución en la sección de planos de éste documento. No obstante, se muestra a continuación un esquema de la distribución del edificio y se nombran las distintas estancias del mismo; éstos nombres se utilizarán para denominar las distintas estancias en los cálculos posteriores.



Nº	Nombre	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Nº	Nombre	Superficie [m <sup>2</sup> ]
1	Entrada	10,98	12	Biblioteca	47,87
2	Hall	143,98	13	Cuarto ACS	13,61
3	Aula 2	66,48	14	Oficina	41,31
4	Aula 1	64,45	15	Pasillo 1	12,60
5	Baño profesores	2,38	16	Cuarto de limpieza	2,03
6	Pasillo 2	16,98	17	Cocina	17,08
7	Baño minusválidos	5,73	18	Cantina	66,44
8	Baño hombres	13,1	19	Sala de profesores	42,73
9	Vestuario Hombres	7,56	20	Recepción dirección	18,39
10	Baño mujeres	12,79	21	Despacho dirección	16,43
11	Vestuario Mujeres	7,22			

*Ilustración 1. Nombre de las estancias del edificio.*

El edificio tiene un único acceso a la calle y está situado en un núcleo urbano, lo cual influye en la radiación solar incidente sobre su cubierta.

## 5. Normas y referencias.

Ésta sección incluye las normas que se han tenido en cuenta como referencia para los cálculos y el diseño de las instalaciones que alcanza éste proyecto. Disposiciones legales y normas aplicadas.

### 5.1.1. Normas generales.

#### Normativa para instalación de agua caliente sanitaria.

- CTE-DB-HE: Ahorro de energía. Publicado en BOE el 12 de septiembre de 2013
- RITE: Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios. Aprobado por RD 1027/2007.
- Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.

#### Normativa para instalación de iluminación.

- CTE-DB-HE: Ahorro de energía. Publicado en BOE el 12 de septiembre de 2013
- CTE-DB-SUA: Seguridad de utilización y accesibilidad.

#### Normativa para instalación de baja tensión.

- REBT: Reglamento electrotécnico para baja tensión, y sus instrucciones técnicas complementarias (ITC). Aprobado por RD 842/2002.

### 5.1.2. Normativa de aplicación en la comunidad autónoma de canarias.

#### Normativa para instalación de baja tensión.

- Normas particulares para las instalaciones de enlace de la empresa ENDESA Distribución Eléctrica, S.L., BOC 81 (27 de marzo de 2010)

### 5.1.3. Normas UNE.

- Norma UNE 157001: Criterios Generales para la elaboración de proyectos.

#### Normativa para instalación de iluminación.

- Norma UNE 12464-1: Norma Europea sobre iluminación para interiores.

## 5.2. Bibliografía.

- Agüera Soriano, J. (2002). *Mecánica de fluidos incompresibles y turbomáquinas hidráulicas*. Ciencia 3.
- Bueno González, B. (2016). *Reglamento electrotécnico para baja tensión*. Marcombo.
- Mendez Muñiz, J., & Cuervo García, R. (2010). *Energía solar térmica*. Fundación Confemetal.

## 5.3. Programas de cálculo

Los programas informáticos utilizados para calcular los distintos parámetros necesarios para el diseño de las instalaciones que cubre éste proyecto son:

- Microsoft Excel 2016. Se usa para todos los cálculos en general.
- DIALux evo 6. Se usa para el diseño de la instalación de iluminación y el alumbrado de emergencia.
- CYPE Ingenieros 2013 (versión afterhours). Se usa para la comprobación de los cálculos de la instalación de baja tensión usando el módulo cypelec.
- Autodesk Autocad 2008. Se usa para la elaboración de los planos del proyecto.
- CHEQ4.2. Se usa como base de datos para algunos parámetros necesarios para el cálculo de la instalación de ACS. También permite validar el cumplimiento de la contribución solar mínima exigida por el CTE, sin embargo, no se ha utilizado para ello.
- CE3Xv2.3. Se usa para obtener el diagrama del patrón de sombras para las pérdidas en los captadores.

## 6. Definiciones y abreviaturas.

- CTE: código técnico de la edificación.
- DB: documento básico.
- HE: ahorro de energía.
- SUA: seguridad de utilización y accesibilidad.
- REBT: reglamento electrotécnico de baja tensión.
- ITC: instrucción técnica complementaria
- BT: baja tensión

- RITE: reglamento de instalaciones térmicas en edificios.
- ACS: agua caliente sanitaria
- RD: real decreto

## **7. Requisitos de diseño.**

### **7.1. Instalación baja tensión.**

#### **7.1.1. Requisitos del cliente.**

El cliente establece que se realice una instalación con vistas a poder aumentar la potencia contratada en el futuro y pide que se deje reservado un circuito para la instalación de un sistema de climatización, aunque no sea competencia diseñar dicho sistema en éste proyecto.

#### **7.1.2. Requisitos de la legislación.**

La instalación de baja tensión debe cumplir con todo lo dispuesto en el REBT, en especial la ITC-BT-28 al tratarse de un local de pública concurrencia. También es obligado el cumplimiento de la normativa particular de la empresa suministradora en canarias, Unelco Endesa.

### **7.2. Instalación de térmica para producción de ACS.**

#### **7.2.1. Requisitos del cliente.**

El cliente exige que se opte por el diseño que suponga un mayor ahorro energético, y que se opte por la solución más económica en segundo lugar.

#### **7.2.2. Requisitos de la legislación.**

La instalación de agua caliente sanitaria debe cumplir los requisitos impuestos por el CTE-DB-HE que indica que la demanda total de agua caliente debe ser cubierta en un 60% por el sistema de captación solar, y la fracción solar no puede superar el 110% en ningún caso ni superar el 100% en tres meses consecutivos. También, el rendimiento medio anual de la instalación debe ser mayor al 20%.

Además, se debe cumplir con las indicaciones para la prevención y control de la proliferación y diseminación de legionela según el RD 865/2003, de 4 de julio, destacando:

- La temperatura del agua del circuito de agua fría no ha de ser mayor que 20 °C.
- La temperatura del agua del circuito de agua caliente no ha de ser inferior a 50°C en el punto más alejado. La instalación permitirá que el agua alcance una temperatura de 70°C.

- La temperatura de almacenamiento del agua caliente será como mínimo de 55 °C, recomendándose alcanzar los 60°C.
- El sistema convencional de apoyo debe ser capaz de llevar la temperatura del agua hasta los 70 °C de forma periódica para su pasteurización.

### 7.3. Instalación de iluminación.

#### 7.3.1. Requisitos del cliente.

El cliente no impone ninguna exigencia destacable para ésta instalación.

#### 7.3.2. Requisitos de la legislación.

La instalación de iluminación debe cumplir con la norma UNE 12464-1 para el alumbrado de interior, así como la ITC-BT-28 en lo referente a iluminación de emergencia.

## 8. Resultados finales.

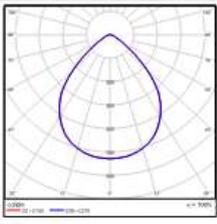
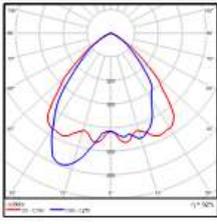
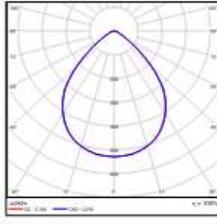
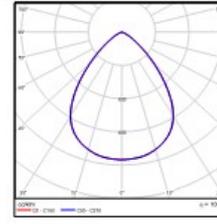
### 8.1. Instalación de iluminación.

#### 8.1.1. Alumbrado interior.

Usando el software DIALux evo 6 se ha diseñado el alumbrado interior del edificio. Para ello se han utilizado las siguientes luminarias:

Tabla 1. Luminarias alumbrado interior.

Id. en plano	1	2	3	6
				
Fabricante	PHILLIPS	PHILLIPS	PHILLIPS	PHILLIPS
Referencia	RC415B G2 PSD W15L125 1xLED20S/830	FBS120 1xPL- R/4P14W/840	RC461B G2 PSD W30L 120 1xLED40S/840	DN560B 1xLED8S/840 F
Potencia	17,6	17	30	8
Flujo luminoso	2000	1050	4000	820
Rendimiento Lumínico	113,5	57	133,2	102,5

Unidades	42	17	33	10
Emisión de luz / Diagrama Polar				

A través del software se obtienen los siguientes resultados de cálculo que indican el cumplimiento de los requisitos establecidos por la legislación.

Tabla 2. Resumen de resultados para la comprobación de los requisitos de iluminancia horizontal media mantenida e índice de deslumbramiento molesto.

Zona	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Potencia total [W]	E <sub>m</sub> [lux]	E <sub>m</sub> mín [lux]	UGR	UGR <sub>L</sub>	F	F <sub>mín</sub>	¿Cumple?	
Entrada	10,98	35,20	306	100	11,7	28	0,77	0,4	Sí	
Hall	143,98	316,8	310	200	13,1	22	0,72	0,4	Sí	
Biblioteca	47,87	146,8	316	200	17	19	0,53	0,4	Sí	
Cocina	17,08	77	581	500	13,5	22	0,66	0,4	Sí	
Cantina	72,91	191,2	265	200	16	22	0,67	0,4	Sí	
Sala de profesores	42,73	120	342	300	18	19	0,56	0,4	Sí	
Recepción Dirección	18,39	90	463	300	17,8	22	0,58	0,4	Sí	
Despacho Dirección	16,43	90	482	300	17,9	22	0,53	0,4	Sí	
Oficina	41,31	180	507	500	17	19	0,56	0,4	Sí	
Aula 1	64,45	190,4	405	300	15	19	0,54	0,4	Sí	
Aula 2	66,48	240	511	500	15	19	0,59	0,4	Sí	
Cuarto ACS	13,61	35,2	204	200	17,8	25	0,54	0,4	Sí	
Baños	Hombres	13,10	59,2	304	200	12,9	25	0,54	0,4	Sí
	Mujeres	12,79	59,2	308	200	12,8	25	0,54	0,4	Sí
	Profesores	2,38	17,6	253	200	<10	25	0,84	0,4	Sí
	Minusválidos	5,73	35,2	287	200	14	25	0,72	0,4	Sí
Vestuario	Hombres	7,56	33,6	366	200	15,1	25	0,59	0,4	Sí
	Mujeres	7,22	33,6	341	200	15,7	25	0,54	0,4	Sí
Cuarto de limpieza	2,03	8	114	100	<10	25	0,84	0,4	Sí	
Pasillo 1	12,60	35,2	321	100	12,1	28	0,83	0,4	Sí	
Pasillo 2	16,98	52,8	149	100	16,4	28	0,75	0,4	Sí	

Tabla 3. Resumen de resultados de comprobación de los requisitos de valor de eficiencia energética y potencia máxima.

Zona		Superficie [m <sup>2</sup> ]	Potencia total [W]	E <sub>m</sub> [lux]	VEEI	VEEIL	¿Cumple?
Entrada		10,98	35,20	306	1,05	6	Sí
Hall		143,98	316,8	310	0,71	6	Sí
Biblioteca		47,87	146,8	316	0,97	5	Sí
Cocina		17,08	77	581	0,78	4	Sí
Cantina		72,91	191,2	265	1,09	4	Sí
Sala de profesores		42,73	120	342	0,82	4	Sí
Recepción Dirección		18,39	90	463	1,06	3	Sí
Despacho Dirección		16,43	90	482	1,14	3	Sí
Oficina		41,31	180	507	0,86	3	Sí
Aula 1		64,45	190,4	405	0,73	3,5	Sí
Aula 2		66,48	240	511	0,71	3,5	Sí
Cuarto ACS		13,61	35,2	204	1,27	4	Sí
Baños	Hombres	13,10	59,2	304	1,49	6	Sí
	Mujeres	12,79	59,2	308	1,50	6	Sí
	Profesores	2,38	17,6	253	2,92	6	Sí
	Minusválidos	5,73	35,2	287	2,14	6	Sí
Vestuario	Hombres	7,56	33,6	366	1,21	6	Sí
	Mujeres	7,22	33,6	341	1,36	6	Sí
Cuarto de limpieza		2,03	8	114	3,46	4	Sí
Pasillo 1		12,60	35,2	321	0,87	6	Sí
Pasillo 2		16,98	52,8	149	2,09	6	Sí
Superficie total [m <sup>2</sup> ]		Potencia total [W]	Potencia por unidad de superficie [W/m <sup>2</sup> ]	Uso del edificio	Potencia máxima instalada [W/m <sup>2</sup> ]	¿Cumple?	
651,65		2047	3,14	Docente	15	Sí	



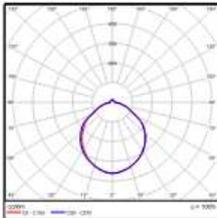
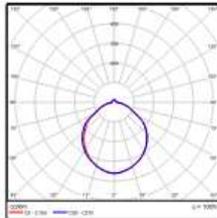
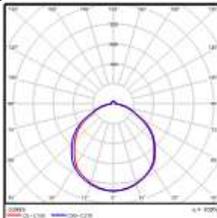
*Ilustración 2. Resultados gráficos obtenidos con DIALux.*

En el anexo de cálculos de iluminación se explican en mayor profundidad los cálculos de la instalación.

### **8.1.2. Alumbrado de emergencia.**

Para el alumbrado de emergencia se han elegido para el diseño las luminarias de la marca LEGRAND, que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4. Luminarias de emergencia.

Id. en plano	5	4	7
			
Fabricante	LEGRAND	LEGRAND	LEGRAND
Referencia	661620 URA ONE NM 70 LM 1H IP42 STD	661621 URA ONE NM 100 LM 1H IP42 STD	661622 URA ONE NM 160 LM 1H IP42 STD
Potencia	8	8	8
Flujo luminoso	70	100	160
Rendimiento Lumínico	8,7	12,5	20
Autonomía	1 hora	1 hora	1 hora
Unidades	17	46	9
Emisión de luz / Diagrama Polar			

El alumbrado de emergencia se puede clasificar como alumbrado de evacuación y alumbrado antipánico, en éste caso las luminarias instaladas cumplirán ambas clasificaciones. Los requisitos que debe cumplir el alumbrado de emergencia se indican en el REBT ITC-BT-28 y se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 5. Resumen de requisitos que debe cumplir el alumbrado de emergencia.

Requisitos del alumbrado de emergencia	
Evacuación	Anti-pánico
<ul style="list-style-type: none"> <li>• En rutas de evacuación, el alumbrado debe proporcionar, a nivel del suelo, y en el eje de los pasos principales, una iluminancia mínima de 1 lux. La relación entre la iluminancia máxima y mínima en el eje de los pasos principales será menor de 40</li> <li>• En los puntos en los que estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios que exijan una utilización manual, y en los cuadros de distribución del alumbrado, la iluminancia mínima será de 5 lux.</li> <li>• Deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de alimentación normal, como mínimo durante 1 hora, proporcionando la iluminancia prevista</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debe proporcionar una iluminancia horizontal mínima de 0,5 lux en todo el espacio considerado, desde el suelo hasta una altura de 1 m.</li> <li>• La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en todo el espacio considerado será menor de 40.</li> <li>• El alumbrado deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo durante 1 hora proporcionando la iluminancia prevista.</li> </ul>

De los cálculos realizados mediante DIALux evo se obtienen los siguientes resultados que indican el cumplimiento de los requisitos anteriores, la instalación es correcta.

Tabla 6. Resultados de DIALux para el alumbrado de emergencia.

Zona	$E_m$ [lux]	$E_{m\ min}$ [lux]	$E_{max}/E_{min}$	$(E_{max}/E_{min})_L$	¿Cumple?	
Entrada	4,67	0,5	0,45	40	Sí	
Hall	3,25	0,5	0,05	40	Sí	
Biblioteca	1,93	0,5	0,01	40	Sí	
Cocina	2,88	0,5	0,00	40	Sí	
Cantina	1,75	0,5	0,00	40	Sí	
Sala de profesores	2,47	0,5	0,00	40	Sí	
Recepción Dirección	1,84	0,5	0,01	40	Sí	
Despacho Dirección	1,69	0,5	0,01	40	Sí	
Oficina	1,72	0,5	0,00	40	Sí	
Aula 1	3,05	0,5	0,09	40	Sí	
Aula 2	3,40	0,5	0,01	40	Sí	
Cuarto ACS	4,05	0,5	0,13	40	Sí	
Baños	Hombres	2,60	0,5	0,00	40	Sí
	Mujeres	2,69	0,5	0,00	40	Sí

	Profesores	2,09	0,5	0,00	40	Sí
	Minusválidos	2,07	0,5	0,00	40	Sí
Vestuario	Hombres	1,94	0,5	0,01	40	Sí
	Mujeres	2,03	0,5	0,05	40	Sí
Cuarto de limpieza		5,53	0,5	0,67	40	Sí
Pasillo 1		4,93	0,5	0,51	40	Sí
Pasillo 2		4,56	0,5	0,23	40	Sí
Extintores/Cuadros de distribución de alumbrado						
Extintor	$E_m$ [lux]	$E_{m \text{ min}}$ [lux]	Cuadros	$E_m$ [lux]	$E_{m \text{ min}}$ [lux]	¿Cumple?
Entrada	5,99	5	General	5,99	5	Sí
Cocina	5,38	5	Hall	6,07	5	Sí
Hall – 1	6,09	5	Cocina	6,28	5	Sí
Hall – 2	7,02	5	Aula 1	5,06	5	Sí
Pasillo 1	5,65	5	Aula 2	5,24	5	Sí
Pasillo 2	6,38	5	Baños	6,38	5	Sí
		5	ACS	6,46	5	Sí

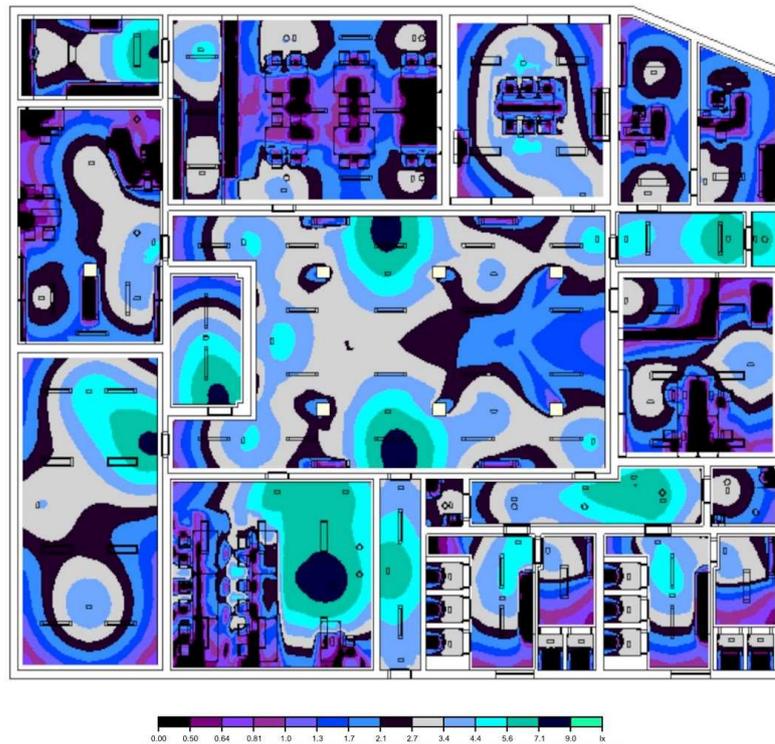


Ilustración 3. Resultados gráficos para verificar el alumbrado de emergencia.



Ilustración 4. Resultados gráficos para verificar el recorrido de evacuación.

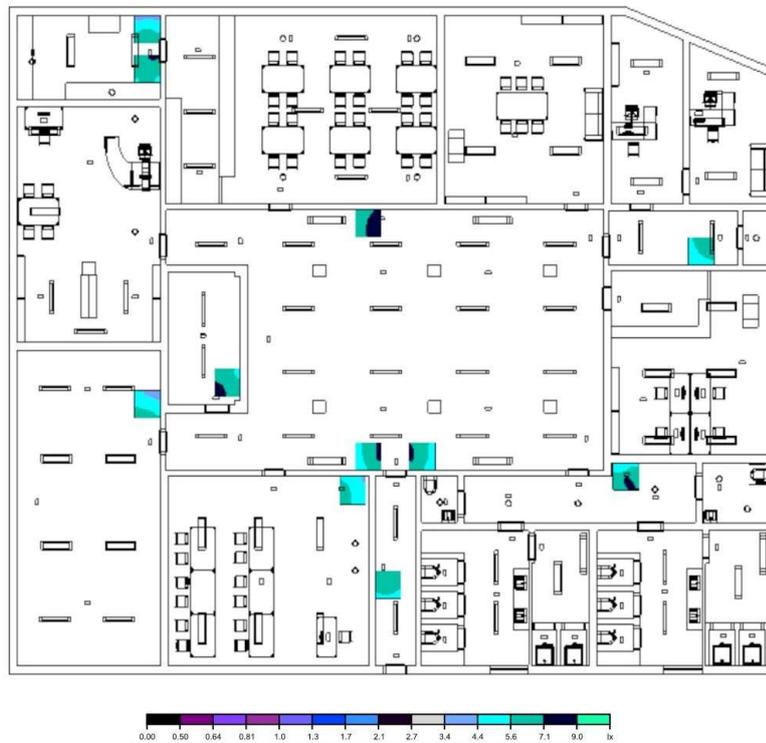


Ilustración 5. Resultados gráficos para verificar la iluminancia requerida en extintores y cuadros de distribución.

### 8.1.3. Descripción de la instalación.

Tanto las luminarias de alumbrado interior como las de emergencia se instalarán sobre falso techo a una altura de aproximadamente 2,70 metros sobre el suelo.

Las luminarias de emergencia se clasifican como aparatos autónomos para alumbrado de emergencia no permanentes, es decir, su sistema de alimentación está incorporado en la luminaria (batería) y funcionan únicamente cuando falla la alimentación del alumbrado normal.

Las luminarias del alumbrado interior tendrán en cada zona un sistema de apagado y encendido manual.

## 8.2. Instalación de baja tensión.

### 8.2.1. Programa de necesidades.

Es una instalación eléctrica de electrificación elevada, con una potencia de cálculo de 19378,71 [W].

Cuadro General							
Circuito	Receptores	P <sub>prevista</sub> [W]	n	F <sub>s</sub>	F <sub>u</sub>	F <sub>m</sub>	P <sub>calculado</sub> [W]
C1a	Luminaria tipo 1	17,6	2	0,75	0,5	1	98,33
	Luminaria tipo 2	17	1				
	Luminaria tipo 3	30	7				
C1b	Luminaria tipo 1	17,6	2	0,75	0,5	1	109,58
	Luminaria tipo 2	17	1				
	Luminaria tipo 3	30	8				
C1c	Luminaria tipo 1	17,6	3	0,75	0,5	1	67,8
	Luminaria tipo 6	8	1				
	Luminaria tipo 3	30	4				
C2a	Tomas generales	3450	12	0,2	0,25	1	2070
C2b	Tomas generales	3450	10	0,2	0,25	1	1725
C9	Aire acondicionado	5750	1	1	0,5	1,25	3593,75
C12	Luminaria de emergencia	8	72	1	1	1	576
L1	Alimentación subcuadro Cocina	5364,45	1	1	1	1	5364,45

L2	Alimentación subcuadro Baños	2877,15	1	1	1	1	2877,15
L3	Alimentación subcuadro Aula 1	1106,4	1	1	1	1	1106,4
L4	Alimentación subcuadro Aula 2	1115,25	1	1	1	1	1115,25
L5	Alimentación subcuadro ACS	211,2	1	1	1	1	211,2
L6	Alimentación subcuadro Hall	463,8	1	1	1	1	463,8
Potencia total							19378,71

Los cálculos de la potencia de cálculo de cada subcuadro se incluyen en el anexo de cálculos de la instalación de baja tensión.

La potencia a contratar para la potencia demandada por la instalación será de 22170 W (siguiendo las normas particulares de la empresa suministradora), que se suministran por alimentación trifásica a través de la derivación individual.

**8.2.2. Descripción de la instalación.**

*8.2.2.1. Suministro de energía.*

La acometida de la instalación es subterránea, y suministra una alimentación trifásica de 400 V a 50 Hz. La longitud del cable de la acometida es de 25 metros.

El neutro de la instalación se conecta siguiendo el esquema TT, es decir, está conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación.

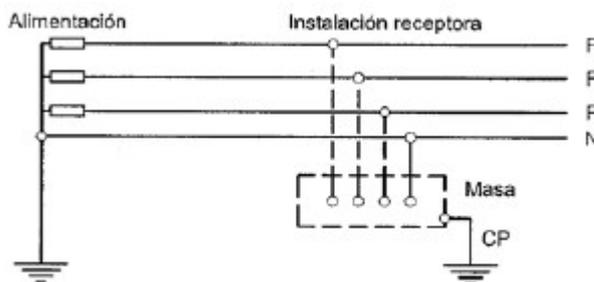


Ilustración 6. Sistema de conexión del neutro.

#### 8.2.2.2. Descripción y justificación de las canalizaciones elegidas.

Los conductores irán bajo tubos empotrados o en falso techo en la instalación interior. El cableado de acometida, línea general de alimentación y derivación individual también irán bajo tubo enterrado, la acometida, y empotrado, línea general de alimentación y derivación individual.

La elección de las canalizaciones se ha realizado teniendo en cuenta el apartado 2.2 de la ITC-BT-20.

#### 8.2.2.3. Acometida.

La acometida que alimenta la instalación es subterránea, enterrada a 0,7 metros de profundidad, y se engancha a la red de distribución con un cable de 25 metros de longitud desde la caja general de protección. Suministra una tensión trifásica de 400 V, 50 Hz. La sección de los cables es de 95 mm<sup>2</sup> y discurren bajo un tubo de 140 mm de diámetro (ITC-BT-20).

Los cables de la acometida serán cables multiconductores de tensión asignada 0,6/1kV y aislamiento de polietileno reticulado (XLPE).

#### 8.2.2.4. Caja general de protección.

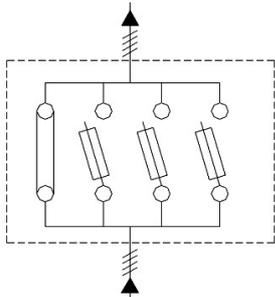
La caja general de protección (CGP) alojan los elementos de protección de las líneas generales de alimentación y marcan el límite de la propiedad del usuario.

Las CGP estarán constituidas por una envolvente aislante, precintables, que contenga fundamentalmente los bornes de conexión y las bases de los cortacircuitos fusibles para todos los conductores de fase o polares, que serán del tipo NH con bornes de conexión y una conexión amovible situada a la izquierda de las fases para el neutro.

Las CGP dispondrán de un sistema mediante el que la tapa, en posición abierta, quede unida al cuerpo de la caja sin que entorpezca la realización de trabajos en el interior. En los casos que la tapa esté unida mediante bisagras, su ángulo de apertura será superior a 90°.

El cierre de las tapas se realizará mediante dispositivos de cabeza triangular, de 11 mm de lado. En el caso que los dispositivos de cierre sean tornillos deberán ser imperdibles. Todos estos dispositivos tendrán un orificio de 2 mm de diámetro, como mínimo, para el paso del hilo precinto.

Según la potencia contratada (22,17 kW), y de acuerdo a lo dispuesto en el apartado 5.4 de las normas particulares de UNELCO ENDESA, se utilizará una CGP-9 100ª para proteje la línea general de alimentación (LGA) de la instalación.

<b>CGP-9 100</b>	
	
Dimensiones (Alto x Ancho x Profundidad)	495 x 290 x 127 mm
Características	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montaje en acometidas subterráneas en hueco de nicho.</li> <li>• Bases tamaño 0, 160 A.</li> <li>• Tornillos de acero inoxidable M10 embutidos en las pletinas para conexiones eléctricas.</li> <li>• Borna para conexión a tierra del neutro.</li> <li>• Esquema 9</li> </ul>
Esquema	<p><b>ESQUEMA 9</b></p> 

Para el caso de acometida subterránea, el REBT indica que la CGP se instalará en un nicho en pared, que se cerrará con una puerta preferentemente metálica, con grado de protección IK10, revestida exteriormente de acuerdo con las características del entorno y estará protegida contra la corrosión. La parte inferior de la puerta se encontrará a un mínimo de 30 cm sobre el suelo.

### Dispositivos de fijación de las CGP.

Las CGP estarán diseñadas de forma tal que se puedan instalar mediante los correspondientes elementos de fijación, manteniendo la rigidez dieléctrica y el grado de protección previsto para cada una de ellas.

### Entrada y salida de los cables.

La disposición para entrada y salida de los cables por la parte inferior de las CGP de intensidades superiores a 100 A, será tal que permita la conexión de los mismos sin necesidad de ser enhebrados.

Las CGP de intensidades superiores a 100 A dispondrán de un orificio independiente que permita el paso de un cable aislado, de hasta 50 mm<sup>2</sup>, para la puesta a tierra del neutro.

Los orificios para el paso de los cables llevarán incorporados dispositivos de ajuste, que se suministrarán colocados en su emplazamiento o en el interior de las CGP.

Los dispositivos de ajuste dispondrán de un sistema de fijación tal que permita que, una vez instalados, sean solidarios con la CGP, pero que, en cuanto se abra la CGP, sean fácilmente desmontables.

Las bases de las CGP – caras inferiores destinadas a la entrada de cables – deben permitir la fácil adaptación de la canal protectora de los cables de la acometida. Cuando el acceso de los cables a las CGP esté previsto mediante tubos de protección, la arista exterior de estos más próxima a la pared de fijación, no distará más de 25 mm del plano de fijación de la CGP.

### Bases de los cortacircuitos fusibles.

Las bases de los cortacircuitos para fusibles de cuchillas serán unipolares y permitirán su desmontaje e intercambiabilidad.

Las CGP con bases de cortacircuitos del tipo de cuchilla, tendrán pantallas aislantes, entre todos los polos, de forma que, una vez instalados los terminales, imposibiliten un cortocircuito entre fases o entre fase y neutro. El espesor mínimo de estas pantallas será de 2,5 mm.

Las pantallas aislantes tendrán un diseño, o un dispositivo, que permita fijarlas, entre las bases portafusibles, de manera tal que, siendo fácilmente desmontables, quede imposibilitado su desplazamiento de forma accidental.

### Conexiones de entrada y de salida.

Las conexiones de entrada y salida se efectuarán mediante terminales de pala, en aquellas CGP provistas de bases de cortacircuitos del tipo de cuchilla, excepto en aquellas con tipo cuchilla tamaño 00.

En el diseño de las CGP con entrada y salida por su parte inferior, la disposición relativa de las conexiones se efectuará teniendo en cuenta que, normalmente, la última operación de conexión corresponde a los cables de la empresa suministradora de la energía.

Los dispositivos que se utilicen para sujetar los conductores a los bornes de las CGP de 63 A, no deberán emplearse para sujetar otros elementos.

En las CGP de intensidad asignada superior a 100 A, la conexión del neutro llevará incorporado un borne auxiliar, que permita la conexión a tierra. La capacidad del borne auxiliar será tal que permita la introducción de un conductor de 6 a 50 mm<sup>2</sup> de cobre.

En las CGP con entrada y salida de cables por su parte inferior, de intensidades asignadas inferiores a 160 A, la situación de los bornes o de las conexiones, debe permitir que el radio de curvatura del cable de 0,6/1 kV, de la máxima sección prevista, sea superior a 5 veces su diámetro. Podrá aceptarse otras soluciones constructivas previo acuerdo con la empresa suministradora, atendiendo a la ITC-BT-13.

Las pletinas adicionales de soporte de las conexiones, tendrán los puntos de sujeción necesarios para evitar que se deformen o se desplacen al efectuar el apriete de los tornillos de conexión. En las CGP equipadas con bases para fusibles de cuchillas - excepto en el tamaño 00 - la distancia mínima entre los extremos de las pletinas de conexión y la parte más próxima de la CGP, medida en vertical, será, como mínimo, de 150 mm en las CGP de hasta 250A inclusive y de 175 mm en las de intensidad superior.

### Características del neutro.

El neutro estará constituido por una conexión amovible de pletina cobre, situada a la izquierda de las fases, mirando a las CGP como si estuvieran en posición de servicio. La conexión y desconexión se deberá realizar mediante llaves, sin manipular los cables. El dispositivo de apriete correspondiente será inoxidable, de cabeza hexagonal y con arandela incorporada. Su rosca será M6.

La sección mínima que deberá tener la pletina seccionable del neutro es de 60 mm<sup>2</sup>.

Las cajas generales de protección cumplirán todo lo que sobre el particular se indica en la norma UNE-EN-60.439-1 tendrán grado de inflamabilidad según se indica en la norma UNE-EN-60.439-3. Una vez instaladas el grado de Protección de las CGP, según la Norma UNE 20.324, contra la penetración de cuerpos sólidos y líquidos declarada de Obligado Cumplimiento será IP 43. El grado de Protección de las CGP, según la Norma UNE-EN 50.102, contra los impactos mecánicos será IK 08.

#### 8.2.2.5. Línea general de alimentación (LGA).

La línea general de alimentación enlaza la caja general de protección con la centralización de contadores.

#### Conductores.

Se utilizarán conductores unipolares, de cobre con aislamiento del tipo XLPE (Polietileno reticulado), clase 5, de tensión asignada no inferior a 0,6/1kV. Denominación UNE 21123-2: RZ1-K 0,6/1 kV.

Los cables y sistemas de conducción de cables deben instalarse de manera que no se reduzcan las características de la estructura del edificio en seguridad contra incendios.

Los cables serán no propagadores de incendio y con emisión de humos y opacidad reducida.

Los cables con características equivalentes a las de la norma UNE 21.123 parte 4 o 5 cumplen con esta prescripción.

Los elementos de conducción de cables con características equivalentes a los clasificados como "no propagadores de la llama" de acuerdo con las normas UNE EN 50085-1 y UNE EN 50086-1, cumplen con esta prescripción.

Las secciones de los cables deberán ser uniformes en todo su recorrido y sin empalmes, exceptuándose las derivaciones realizadas en el interior de cajas para la alimentación de centralización de contadores. La sección mínima será de 10 mm<sup>2</sup> en cobre.

Los Terminales de Presión de la línea general de alimentación tendrán una holgura máxima de 1 mm con relación al diámetro pasante del embarrado donde conecte, de tal manera que se garantice una superficie de contacto equivalente a la sección.

### Instalación.

El trazado de la línea general de alimentación será lo más corto y rectilíneo posible, discurriendo siempre por lugares de uso común. La longitud total de la LGA es de 10 metros cables multiconductores en el interior de tubos empotrados en obra aislados con XLPE.

La sección de los conductores es de 10 mm<sup>2</sup> al igual que la sección del neutro y discurren en el interior de tubos de diámetro exterior de 75 mm. La caída de tensión en la LGA para éstas características es de 2 V, es decir, un 0,5% de la tensión de alimentación.

#### 8.2.2.6. Equipos de medida (EM).

##### Características generales.

Todos ellos, constituirán conjuntos que deberán cumplir la norma UNE- EN 60.439 partes 1, 2 y 3.

El grado de protección mínimo que deben cumplir estos conjuntos, de acuerdo con la norma UNE 20.324 y UNE- EN 50.102, respectivamente.

- Para instalaciones de tipo interior: IP40; IK 09
- Para instalaciones de tipo exterior: IP43; IK 09

Deberán permitir de forma directa la lectura de los contadores e interruptores horarios, así como la del resto de dispositivos de medida, cuando así sea preciso. En el caso de CPM deberán llevar obligatoriamente mirilla en la tapa.

Las partes transparentes que permiten la lectura directa, deberán ser resistentes a los rayos ultravioleta.

Cuando se utilicen módulos o conjuntos de módulos, éstos deberán disponer de ventilación interna para evitar condensaciones sin que disminuya su grado de protección.

Cada derivación individual debe llevar asociado en su origen su propia protección compuesta por fusibles de seguridad, con independencia de las protecciones correspondientes a la instalación interior de cada suministro. Estos fusibles se instalarán antes del contador y se colocarán en cada uno de los hilos de fase o polares que van al mismo, tendrán la adecuada capacidad de corte en función de la máxima intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en ese punto y estarán precintados por la empresa distribuidora.

Los cables de conexionado del equipo de medida serán de una tensión asignada de 450/ 750 V y los conductores de cobre, de clase 2 según norma UNE 21.022, con un aislamiento seco, extruido a base de mezclas termoestables o termoplásticas; y se identificarán según los colores prescritos en la ITC - BT- 26. Se utilizarán los colores siguientes:

- Negro, marrón y gris para las fases.
- Azul para el neutro.
- Amarillo-verde (bicolor) para los conductores de protección.
- Rojo claro para los hilos de mando de cambio de tarifa.

Cuando los Equipos de Medida sean de tipo Exterior, se podrán instalar:

- Empotrados en las fachadas, en los muros o vallas de cerramiento. En los casos de zonas rurales y sin cerramiento, en un monolito situado en los límites de propiedad.

Cuando los Equipos de Medida sean de tipo Interior, se podrán instalar:

- Concentrados en Locales.
- Concentrados en Armarios.

Equipo de medida instalado individualmente y potencia contratada > 15 y < 44 kW.

Se instalará en el exterior el nicho que contenga las envolventes de los equipos de medida, dicho nicho será de unas dimensiones tales que permita la fácil instalación y apertura de las mismas, respetándose como mínimo una separación entre envolvente y paredes laterales de nicho de 10 centímetros y que el bastidor de la puerta del nicho no impida la apertura de las envolventes. Este nicho se cerrará con una puerta preferentemente de aluminio o acero inoxidable, y en cualquier caso con grado de protección IK 10 según UNE-EN 50102, revestida exteriormente de acuerdo con las características del entorno y estará protegida contra la corrosión disponiendo de una cerradura o candado normalizado por la empresa suministradora.

*Envolventes.*

Se dispondrá en el interior de dos envolventes:

- Envolvente de contadores.

Esta envolvente contendrá las unidades funcionales de medida, mando y comprobación. Esta unidad deberá estar diseñada de forma que permita la fácil instalación y sustitución de los contadores, máxímetros y relojes de dimensiones normalizadas. Las medidas de estos módulos serán de 720 x 540 mm. La distancia entre los paneles de fijación de los aparatos y las tapas, de la unidad funcional de contadores tendrá un mínimo de 170 mm. La parte frontal de la envolvente correspondiente al máxímetro, llevará una ventana abatible y precintable que permita la regularización del mismo de dimensiones mínimas 196 x 235 mm<sup>2</sup>.

La unidad funcional de comprobación comprende los juegos de bornes necesarios para la conexión de los aparatos de verificación. Estos bornes estarán diseñados de tal manera que permitan la sustitución y comprobación de los contadores sin interrupción del servicio.

Se instalará como normalizada la siguiente:

Regleta de Verificación para suministros en B.T. de Medida Directa compuestas de 8 elementos (6 intensidad y 2 de tensión) que se designarán por las siglas (R, RR, S, SS, T, TT, N, NN).

- Envolvente de fusibles.

Esta envolvente contendrá la unidad funcional de protección. Esta unidad deberá estar diseñada de forma que permita la fácil instalación y sustitución de los fusibles. Se instalarán bases fusibles NH tamaño DIN 00 100 Amperios con separadores de fase y fusibles NH tamaño DIN 00 de intensidad nominal 80 Amperios. Las medidas mínimas de estos módulos serán de 270 x 270 mm.

#### Cableado del equipo de medida.

El cableado interior del conjunto (entre contadores y regleta) se efectuará con conductores de cobre V750, clase 2 (semi-rígido) de 16 mm<sup>2</sup>.

#### 8.2.2.7. Derivación individual (DI).

La derivación individual es la parte de la instalación que, partiendo de la línea general de alimentación (LGA) suministra energía eléctrica a la instalación del usuario.

La derivación individual se inicia en el embarrado general y comprende:

- Los fusibles de seguridad;

- El conjunto de medida; y
- Los dispositivos generales de mando y protección.

### Cables.

Los conductores a utilizar serán de cobre multiconductores aislados, siendo su tensión asignada 0,6/1 kV. Se seguirá el código de colores indicado en la ITC-BT-19.

El número de conductores vendrá fijado por el número de fases necesarias para la utilización de los receptores de la derivación correspondiente y según su potencia, llevando cada línea su correspondiente conductor neutro así como el conductor de protección. Además, cada derivación individual incluirá el hilo de mando para posibilitar la aplicación de diferentes tarifas. No se admitirá el empleo de conductor de neutro común ni de conductor de protección común para distintos suministros.

Los cables no presentarán empalmes y su sección será uniforme, exceptuándose en este caso las conexiones realizadas en la ubicación de los contadores y en los dispositivos de protección.

Los cables y sistemas de conducción de cables deben instalarse de forma que no se reduzcan las características de la estructura del edificio en la seguridad contra incendios.

Los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a las de la norma UNE-EN 21.123 parte 4 ó 5; o a la norma UNE 211002 (según la tensión asignada del cable), cumplen con esta prescripción.

Los elementos de conducción de cables con características equivalentes a los clasificados como “no propagadores de la llama” de acuerdo con las normas UNE EN 50085-1 y UNE EN 50086-1, cumplen con esta prescripción.

La sección mínima será de 6 mm<sup>2</sup> para los cables polares, neutro y protección y de 1,5 mm<sup>2</sup> para el hilo de mando, que será de color rojo.

La sección de los conductores se ha calculado atendiendo a la demanda prevista, la intensidad máxima admisible, la caída de tensión máxima admisible (que en este caso es del 1%). Los conductores serán de tipo RZ1-K (AS) de 10 mm<sup>2</sup> y se montarán bajo tubos empotrados de 32 mm de diámetro. La longitud de la derivación individual es de 2,5 metros.

#### 8.2.2.8. Dispositivo de control de potencia.

La empresa suministradora controla que la potencia demandada por el usuario no exceda la potencia contratada mediante un interruptor de control de potencia (ICP). También existen otros dispositivos de control de potencia, pero sea cual sea el dispositivo utilizado, deberá estar acompañado un interruptor general automático de corte omnipolar, ya que los dispositivos de control de potencia no pueden considerarse como elemento de protección y desconexión de la instalación.

En la llegada de la derivación individual al punto de suministro, antes del cuadro que aloja los dispositivos generales de mando y protección, se dispondrá una caja con tapa precintable, cuya finalidad exclusiva es permitir la instalación del Interruptor de Control de Potencia, de forma que no se pueda manipular ni el ICP ni su conexionado.

Según las normas particulares de UNELCO ENDESA, para la potencia contratada de 22,17 kW de alimentación trifásica a 400 V corresponde un ICP de 40 A (suministro comercial).

#### 8.2.2.9. Dispositivos generales e individuales de mando y protección.

##### Situación.

A continuación del dispositivo de control de potencia se instalará un cuadro de distribución que alojará los dispositivos generales de mando y protección, cuya posición de servicio será vertical. Se situará lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual, es decir, la entrada del edificio.

La altura a la cual se situarán estos dispositivos, medida desde el nivel del suelo será de 1,5 metros, y se tomarán las medidas necesarias para que no sea accedido por personal no autorizado. Todos los cuadros de la instalación tienen estas características

##### Composición y características de los cuadros.

Las envolventes de los cuadros se ajustarán a las normas UNE 20.451 y UNE EN 60.439 –3, con un grado de protección mínimo IP 30 según UNE 20.324 e IK07 según UNE-EN 50.102.

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección serán como mínimo:

- Un interruptor general automático de corte omnipolar, que permite su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección y sobrecarga y cortocircuitos. Este interruptor es independiente del dispositivo de control de potencia.

- Un interruptor diferencial general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos.
- Interruptores automáticos de corte omnipolar, destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores.
- Interruptores diferenciales para proteger distintos grupos de circuitos.
- Dispositivo de protección contra sobretensiones de categoría III (opcional).

Según la tarifa a aplicar, el cuadro deberá prever la instalación de los mecanismos de control necesarios por exigencia de esa tarifa.

Características principales de los dispositivos de protección.

El interruptor general automático de corte omnipolar tendrá poder de corte suficiente para la intensidad de cortocircuito que pueda producirse en el punto de su instalación, de 4,5 kA como mínimo.

Los demás interruptores automáticos y diferenciales deberán resistir las corrientes de cortocircuito que puedan presentarse en el punto de su instalación. La sensibilidad de los interruptores diferenciales responderá a lo señalado en la ITC-24.

Los dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos de los circuitos interiores serán de corte omnipolar y tendrán los polos protegidos que corresponda al número de fases del circuito que protegen. Sus características de interrupción estarán de acuerdo con las corrientes admisibles de los conductores del circuito que protegen.

Tabla 7. Interruptores automáticos del cuadro general.

Cuadro General								
Circuito	Receptores	P <sub>prevista</sub> [W]	n	F <sub>s</sub>	F <sub>u</sub>	F <sub>m</sub>	P <sub>calculo</sub> [W]	I <sub>automático</sub> [A]
C1a	Luminaria tipo 1	17,6	2	0,75	0,5	1	98,33	10
	Luminaria tipo 2	17	1					
	Luminaria tipo 3	30	7					
C1b	Luminaria tipo 1	17,6	2	0,75	0,5	1	109,58	10
	Luminaria tipo 2	17	1					
	Luminaria tipo 3	30	8					
C1c	Luminaria tipo 1	17,6	3	0,75	0,5	1	67,8	10
	Luminaria tipo 6	8	1					
	Luminaria tipo 3	30	4					

C2a	Tomas generales	3450	12	0,2	0,25	1	2070	16
C2b	Tomas generales	3450	10	0,2	0,25	1	1725	16
C9	Aire acondicionado	5750	1	1	0,5	1,25	3593,75	25
C12	Luminaria de emergencia	8	72	1	1	1	576	10
L1	Alimentación subcuadro Cocina	5364,45	1	1	1	1	5364,45	32
L2	Alimentación subcuadro Baños	2877,15	1	1	1	1	2877,15	16
L3	Alimentación subcuadro Aula 1	1106,4	1	1	1	1	1106,4	16
L4	Alimentación subcuadro Aula 2	1115,25	1	1	1	1	1115,25	16
L5	Alimentación subcuadro ACS	211,2	1	1	1	1	211,2	16
L6	Alimentación subcuadro Hall	463,8	1	1	1	1	463,8	16
<b>Potencia total</b>							<b>19378,71</b>	

Tabla 8, Interruptores automáticos del subcuadro cocina.

Subcuadro Cocina								
Circuito	Receptores	P <sub>prevista</sub> [W]	n	F <sub>s</sub>	F <sub>u</sub>	F <sub>m</sub>	P <sub>calculado</sub> [W]	I <sub>automático</sub> [A]
C1a	Luminaria tipo 2	17	6	0,75	0,5	1	38,25	10
C1b	Luminaria tipo 1	17,6	3	0,75	0,5	1	42,30	10
	Luminaria tipo 3	30	2					
C1c	Luminaria tipo 1	17,6	4	0,75	0,5	1	26,4	10
C2a	Tomas generales	3450	7	0,2	0,25	1	1207,5	16
C3	Cocina y horno	5400	2	0,5	0,75	1	4050	25
<b>Total</b>							<b>5364,45</b>	

Tabla 9. Interruptores automáticos del subcuadro baño.

Subcuadro Baño								
Circuito	Receptores	P <sub>prevista</sub> [W]	n	F <sub>s</sub>	F <sub>u</sub>	F <sub>m</sub>	P <sub>calculo</sub> [W]	I <sub>automático</sub> [A]
C1	Luminaria tipo 1	17,6	4	0,75	0,5	1	117,15	10
	Luminaria tipo 2	17	6					
	Luminaria tipo 3	30	2					
	Luminaria tipo 6	8	10					
C2	Tomas Baño	3450	4	0,2	0,25	1	2760	16
Total							2877,15	

Tabla 10. Interruptores automáticos del subcuadro Aula 1.

Subcuadro Aula 1								
Circuito	Receptores	P <sub>prevista</sub> [W]	n	F <sub>s</sub>	F <sub>u</sub>	F <sub>m</sub>	P <sub>calculo</sub> [W]	I <sub>automático</sub> [A]
C1a	Luminaria tipo 1	17,6	2	0,75	0,5	1	35,7	10
	Luminaria tipo 3	30	2					
C1b	Luminaria tipo 1	17,6	2	0,75	0,5	1	35,7	10
	Luminaria tipo 3	30	2					
C2	Tomas generales	3450	6	0,2	0,25	1	1035	16
Total							1106,4	

Tabla 11. Interruptores automáticos del subcuadro Aula 2.

Subcuadro Aula 2								
Circuito	Receptores	P <sub>prevista</sub> [W]	n	F <sub>s</sub>	F <sub>u</sub>	F <sub>m</sub>	P <sub>calculo</sub> [W]	I <sub>automático</sub> [A]
C1a	Luminaria tipo 3	30	3	0,75	0,5	1	33,75	10
C1b	Luminaria tipo 3	30	3	0,75	0,5	1	33,75	10
C1c	Luminaria tipo 2	17	2	0,75	0,5	1	12,75	10
C2	Tomas generales	3450	6	0,2	0,25	1	1035	16
Total							1115,25	

Tabla 12. Interruptores automáticos del subcuadro ACS.

Subcuadro ACS								
Circuito	Receptores	P <sub>prevista</sub> [W]	n	F <sub>s</sub>	F <sub>u</sub>	F <sub>m</sub>	P <sub>calculo</sub> [W]	I <sub>automático</sub> [A]
C1	Luminaria tipo 1	17,6	2	0,75	0,5	1	13,2	10
C2	Bomba	38	1	1	1	1,25	99	16
	Caldera	103	1	1	1	1		
Total							112,2	

Tabla 13. Interruptores automáticos del subcuadro Hall.

Subcuadro Hall								
Circuito	Receptores	P <sub>prevista</sub> [W]	n	F <sub>s</sub>	F <sub>u</sub>	F <sub>m</sub>	P <sub>calculo</sub> [W]	I <sub>automático</sub> [A]
C1a	Luminaria tipo 1	17,6	6	0,75	0,5	1	39,6	10
C1b	Luminaria tipo 1	17,6	6	0,75	0,5	1	39,6	10
C1c	Luminaria tipo 1	17,6	6	0,75	0,5	1	39,6	10
C2a	Tomas generales	3450	2	0,2	0,25	1	345	16
Total							463,8	

Tabla 14. Interruptores diferenciales.

Diferencial	Cuadro	In [A]	Tipo	Sensibilidad	Circuitos protegidos
A	General	40	Trifásico	300 mA	Toda la instalación
B	Cocina	25	Monofásico	30 mA	Circuitos subcuadro cocina
C	Baños	25	Monofásico	30 mA	Circuitos subcuadro Baños
D	Aula 1	25	Monofásico	30 mA	Circuitos subcuadro Aula 1
E	Aula 2	25	Monofásico	30 mA	Circuitos subcuadro Aula 2
F	ACS	25	Monofásico	30 mA	Circuitos subcuadro ACS
G	Hall	25	Monofásico	30 mA	Circuitos subcuadro Hall

Al proteger el subcuadro baños con un diferencial, los enchufes dentro de los vestuarios se consideran libres de riesgo.

#### 8.2.2.10. Instalación interior.

Los conductores de los circuitos interiores irán empotrados bajo tubos o sobre falso techo, y funcionarán con alimentación monofásica 230 V, 50 Hz. Los conductores serán de cobre unipolares con aislamiento de PVC, con una tensión nominal no inferior a 450/750 V.

La instalación interior cumplirá todo lo dispuesto en la ITC-BT-28 y la ITC-BT-26.

A continuación, se muestra una tabla resumen de la instalación interior.

	Circuito/Línea	Cable	Aislamiento	I <sub>n</sub> [A]	L [m]	S [mm <sup>2</sup> ]	P [W]	D <sub>tubo</sub> [mm]	Tipo	Método de instalación
	LGA	RZ1-K (As)	XLPE	40	10	10	19279,71	90	Trif	Enterrado bajo tubo
	DI	RZ1-K (As)	XLPE	40	2,5	10	19279,71	32	Trif	B1
Cuadro general	C1a	H07V-K	PVC	10	42	2,5	98,33	20	Monof	B1
	C1b	H07V-K	PVC	10	47	2,5	109,58	20	Monof	B1
	C1c	H07V-K	PVC	10	48	2,5	67,8	20	Monof	B1
	C2a	H07V-K	PVC	16	39	2,5	2070	20	Monof	B1
	C2b	H07V-K	PVC	16	50	4	1725	20	Monof	B1
	C9	H07V-K	PVC	25	25	4	3593,75	20	Monof	B1
	C12	H07V-K	PVC	10	40	1,5	576	16	Monof	B1
	L1	H07V-K	PVC	32	27	10	5364,45	25	Monof	B1
	L2	H07V-K	PVC	16	15	2,5	2877,15	25	Monof	B1
	L3	H07V-K	PVC	16	14	1,5	1106,40	25	Monof	B1
	L4	H07V-K	PVC	16	4	1,5	1115,25	25	Monof	B1
L5	H07V-K	PVC	16	18	1,5	211,20	25	Monof	B1	
L6	H07V-K	PVC	16	6	1,5	463,80	25	Monof	B1	
Subcuadro Cocina	C1a	H07V-K	PVC	10	14	1,5	38,25	16	Monof	B1
	C1b	H07V-K	PVC	10	5	1,5	42,3	16	Monof	B1
	C1c	H07V-K	PVC	10	13	1,5	26,4	16	Monof	B1
	C2	H07V-K	PVC	16	24	2,5	1207,5	20	Monof	B1
	C3	H07V-K	PVC	25	10	4	4050	20	Monof	B1
Subcuadro Baños	C1	H07V-K	PVC	10	15	1,5	117,15	16	Monof	B1
	C2	H07V-K	PVC	16	19	2,5	2760	20	Monof	B1
Subcuadro Aula 1	C1a	H07V-K	PVC	10	11	1,5	35,7	16	Monof	B1
	C1b	H07V-K	PVC	10	10	1,5	35,7	16	Monof	B1
	C2	H07V-K	PVC	16	21	2,5	1035	20	Monof	B1
Subcuadro Aula 2	C1a	H07V-K	PVC	10	11	1,5	33,75	16	Monof	B1
	C1b	H07V-K	PVC	10	10	1,5	33,75	16	Monof	B1
	C1c	H07V-K	PVC	10	3	1,5	12,75	16	Monof	B1
	C2	H07V-K	PVC	16	21	2,5	1035	20	Monof	B1
Subcuadro ACS	C1	H07V-K	PVC	10	4	1,5	13,2	16	Monof	B1
	C2	H07V-K	PVC	16	10	2,5	99	20	Monof	B1
Subcuadro Hall	C1a	H07V-K	PVC	10	16	1,5	39,6	16	Monof	B1
	C1b	H07V-K	PVC	10	13	1,5	39,6	16	Monof	B1
	C1c	H07V-K	PVC	10	18	2,5	39,6	20	Monof	B1
	C2	H07V-K	PVC	16	18	2,5	345	20	Monof	B1

### 8.2.2.11. Puesta a tierra.

Es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección, a un grupo de electrodos enterrados que permiten limitar la tensión que en un momento dado pueden presentar las masas metálicas con respecto a tierra.

Mediante el enterramiento de un grupo de picas a una profundidad superior de 0.8 m, entendiéndose esta longitud como la profundidad a que debe quedar la parte de la pica más próxima a la superficie, se posibilitará la derivación a tierra de cualquier corriente residual de defecto o descargas de origen atmosférico, que pudieran resultar peligrosas para las personas. Este grupo de picas estará unido a la estructura metálica del edificio, desde su cimentación.

Instalado en el fondo de las zanjas de cimentación de los edificios, justo antes de depositar capa alguna de hormigón de limpieza y en contacto directo con el terreno, un cable rígido de cobre desnudo de una sección mínima de 35 mm<sup>2</sup>, formando un anillo cerrado que afecte a todo el perímetro del edificio y conectado a las picas, verticalmente hincadas en el terreno, formaran la puesta a tierra de protección.

La resistencia total de la toma de tierra es de 25 ohms y se usan diez picas de 2 metros en paralelo, con una separación de 4 metros entre picas. Como el edificio no tiene pararrayos, y al ser la resistencia inferior a 37 ohms, cumple con lo indicado por las normas particulares de UNELCO ENDESA.

### 8.3. Instalación solar térmica de producción de ACS.

#### 8.3.1. Descripción de la instalación.

La instalación para producción de agua caliente sanitaria elegida para satisfacer la demanda del edificio es una instalación individual con caldera en serie.

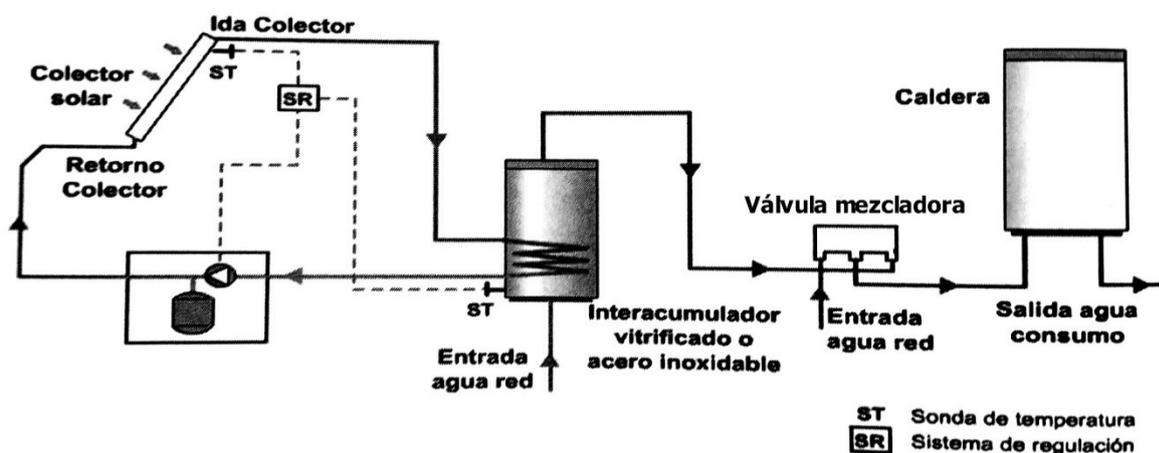


Ilustración 7. Esquema de la instalación de producción de agua caliente sanitaria.

El agua disponible en el depósito solar se lleva a una caldera donde se le aporta, en caso de que sea necesario, la energía para elevar la temperatura desde la de almacenamiento hasta la

de confort establecida por el usuario en la caldera. Para evitar que el agua llegue al usuario a temperaturas peligrosas, se instala una válvula mezcladora termostática posicionada antes de la caldera.

Ésta instalación tiene las siguientes ventajas y desventajas:

#### Ventajas

- Aporta a energía estrictamente necesaria para satisfacer las demandas de confort del usuario.
- Es la instalación que más combustible ahorra, y por tanto, la que antes se amortiza.

#### Desventajas

- No puede hacer frente a demandas excepcionales elevadas.
- Hay que modificar la temperatura de consigna de la válvula mezcladora cada vez que el usuario modifica la temperatura de consigna de la caldera.

Para el cumplimiento de la demanda de ACS se considera un diseño satisfactorio y que las ventajas superan a las desventajas.

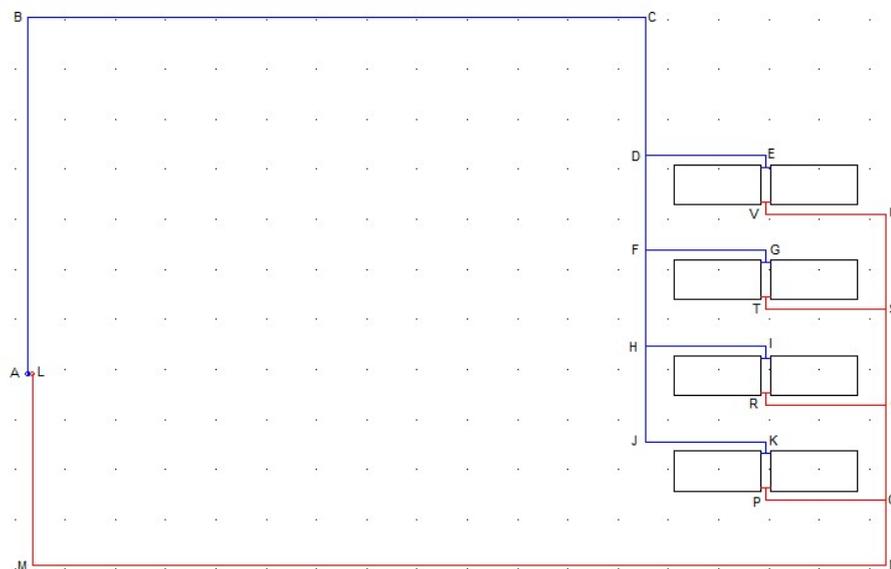
Un sistema de producción de ACS está compuesto por los siguientes elementos:

- *Sistema de captación*: encargado de captar y convertir la radiación solar en energía térmica aumentando la temperatura del fluido de trabajo.
- *Intercambiador de calor*: Permite transferir al calor del fluido de trabajo que circula por el circuito primario al agua que hay en el circuito secundario. En el caso propuesto, no se usa un intercambiador de calor externo, se usa un interacumulador que es un acumulador con el intercambiador de calor integrado.
- *Sistema de acumulación*: almacena la energía térmica producida en forma de agua para poder utilizarla en períodos en los que la demanda exceda la capacidad de producción. El sistema de acumulación propuesto está provisto de un único interacumulador, de ahí su principal desventaja de no poder satisfacer demandas excepcionales imprevistas.
- *Sistema de control*: encargado del correcto funcionamiento de la instalación dando las órdenes necesarias a las bombas y válvulas para que funcionen según los valores aportados por las diferentes sondas.

- *Sistema hidráulico*: permite la circulación de los fluidos por los diferentes circuitos de la instalación. En éste proyecto sólo se dimensiona el circuito primario del sistema de captación.
- *Sistema de energía convencional*: en general, el sistema de captación solar permite sustituir una parte de la energía convencional consumida por la instalación, pero no toda ella, por eso normalmente siempre existe este sistema.

### Sistema de captación.

Tras efectuar los cálculos necesarios se ha optado por un sistema de captación de ocho captadores en un montaje de dos filas de cuatro parejas (en serie) de captadores en paralelo.



*Ilustración 8. Distribución de los captadores sobre la cubierta del edificio.*

También se puede observar en la ilustración anterior que para alcanzar el equilibrio hidráulico de la instalación se propone la técnica de retorno invertido.

La técnica de retorno invertido consiste en hacer que la suma de los tramos de ida y retorno de todos los captadores sea igual, es decir, la ida más corta corresponde al retorno más largo y la ida más larga corresponde al retorno más corto, de modo que no haya tramos de menor longitud de tubería.

Ésta instalación es capaz de satisfacer la contribución mínima de ACS exigida por el CTE tal y como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 15. Consumos de ACS previstos según las indicaciones del CTE para el caso de estudio.

Mes	Días	Consumo	C <sub>diario</sub>	C <sub>mensual</sub>
		%	litros/día	litros/mes
Enero	31	100	1095	33945
Febrero	28	100	1095	30660
Marzo	31	100	1095	33945
Abril	30	100	1095	32850
Mayo	31	100	1095	33945
Junio	30	100	1095	32850
Julio	31	85	930,75	28853,25
Agosto	31	85	930,75	28853,25
Septiembre	30	100	1095	32850
Octubre	31	100	1095	33945
Noviembre	30	100	1095	32850
Diciembre	31	100	1095	33945
C <sub>anual</sub> (litros/año)				389491,50

Tabla 16. Demanda energética de la instalación.

Mes	T <sub>acs</sub> -T <sub>red</sub> (°C)	C <sub>mensual</sub> (litros/mes)	Q <sub>acs</sub> (MJ/mes)
Enero	45	33945	6396
Febrero	45	30660	5777
Marzo	44	33945	6254
Abril	44	32850	6052
Mayo	43	33945	6111
Junio	42	32850	5777
Julio	40	28853,25	4832
Agosto	40	28853,25	4832
Septiembre	40	32850	5502
Octubre	42	33945	5969
Noviembre	43	32850	5914
Diciembre	44	33945	6254
Q <sub>acs</sub> total (MJ/año)			69670

Tabla 17. Radiación disponible en el plano inclinado de los captadores.

Mes	Días	H (MJ/m <sup>2</sup> ·día)	K	Factor de histéresis	FI	FS	RI (MJ/m <sup>2</sup> ·mes)
-----	------	----------------------------	---	----------------------	----	----	-----------------------------

Enero	31	12,5	1,23	0,94	0,994	0,965	429,756
Febrero	28	15,2	1,16	0,94	0,994	0,965	445,148
Marzo	31	18,1	1,06	0,94	0,994	0,965	536,280
Abril	30	22,0	0,96	0,94	0,994	0,965	571,295
Mayo	31	23,7	0,88	0,94	0,994	0,965	582,959
Junio	30	26,0	0,85	0,94	0,994	0,965	597,803
Julio	31	27,4	0,88	0,94	0,994	0,965	673,969
Agosto	31	25,3	0,96	0,94	0,994	0,965	678,889
Septiembre	30	21,2	1,08	0,94	0,994	0,965	619,335
Octubre	31	17,2	1,21	0,94	0,994	0,965	581,728
Noviembre	30	13,3	1,29	0,94	0,994	0,965	464,096
Diciembre	31	11,4	1,29	0,94	0,994	0,965	411,056
Total anual (MJ/m <sup>2</sup> )							6592,315

Tabla 18. Fracción solar calculada para la distribución de captadores propuesta (ocho captadores en total).

Mes	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	f	f (%)
Enero	0,977	2,599	0,6348	63,48
Febrero	1,120	2,593	0,7192	71,92
Marzo	1,247	2,712	0,7808	78,08
Abril	1,373	2,675	0,8454	84,54
Mayo	1,387	2,760	0,8476	84,76
Junio	1,505	2,804	0,8988	89,88
Julio	2,028	3,579	1,0489	104,89
Agosto	2,043	3,522	1,0563	105,63
Septiembre	1,637	3,021	0,9422	94,22
Octubre	1,417	2,765	0,8614	86,14
Noviembre	1,141	2,735	0,7228	72,28
Diciembre	0,956	2,693	0,6164	61,64

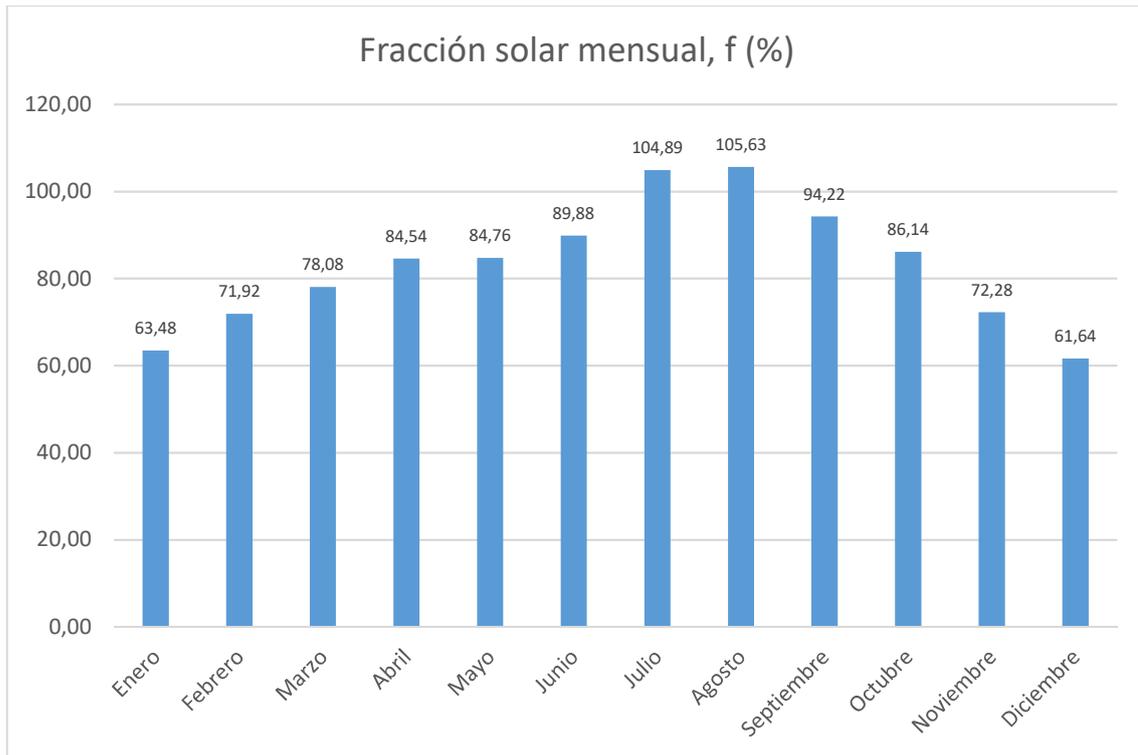


Ilustración 9. Representación gráfica de la fracción solar mensual.

Tabla 19. Cálculo de la cobertura solar anual de la instalación.

Mes	f	Q <sub>acs</sub> [MJ]	Q <sub>útil</sub> [MJ]
Enero	0,6348	6396	4060,18
Febrero	0,7192	5777	4154,82
Marzo	0,7808	6254	4883,12
Abril	0,8454	6052	5116,36
Mayo	0,8476	6111	5179,68
Junio	0,8988	5777	5192,37
Julio	1,0489	4832	5068,28
Agosto	1,0563	4832	5104,04
Septiembre	0,9422	5502	5183,98
Octubre	0,8614	5969	5141,70
Noviembre	0,7228	5914	4274,64
Diciembre	0,6164	6254	3854,97
Total		69670	57214,15
Cobertura solar anual (%)			82,12%

La contribución solar proporcionada por la instalación propuesta es del 82,12% cumpliendo así el mínimo exigido por el CTE para la localidad donde se encuentra el edificio (60%).

Tabla 20. Rendimiento medio anual de la instalación.

Mes	Sc [m <sup>2</sup> ]	RI [MJ/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>útil</sub> [MJ]
Enero	19,12	429,756	4060,18
Febrero	19,12	445,148	4154,82
Marzo	19,12	536,280	4883,12
Abril	19,12	571,295	5116,36
Mayo	19,12	582,959	5179,68
Junio	19,12	597,803	5192,37
Julio	19,12	673,969	5068,28
Agosto	19,12	678,889	5104,04
Septiembre	19,12	619,335	5183,98
Octubre	19,12	581,728	5141,70
Noviembre	19,12	464,096	4274,64
Diciembre	19,12	411,056	3854,97
Total		6592,315	57214,15
Rendimiento medio anual (%)			45,39%

El rendimiento medio anual de la instalación es del 45,39% cumpliéndose así la exigencia del CTE, que indica que debe ser superior al 20%.

El colector que consigue éste resultado óptimo se ha elegido tras compararlo con otros modelos de otros fabricantes y se ha elegido por su rendimiento elevado y por ser más económico en general.

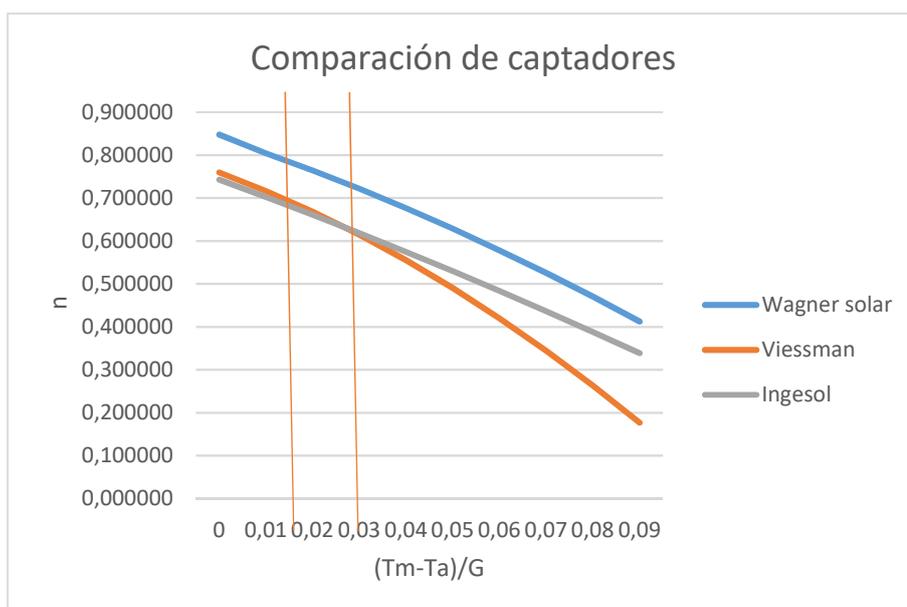
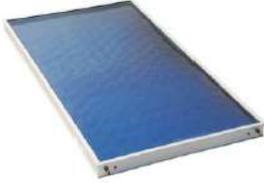


Tabla 21. Comparación de captadores.

El captador elegido es el EURO L20 AR fabricado por WAGNER SOLAR.

Tabla 22. Datos del captador solar elegido para la instalación.

WAGNER SOLAR EURO L20 AR	
	
Superficie de captación [m <sup>2</sup> ]	2,39
Rendimiento del captador (según EN 12975)	84,4%
Dimensiones (Largo x Ancho x Alto) [mm]	2151 x 1215 x 110
Peso [kg]	48
Caudal de trabajo [l/h·m <sup>2</sup> ]	35
Presión máxima de trabajo [bar]	10

Los captadores estará montados sobre el soporte indicado por el fabricante en formato horizontal.

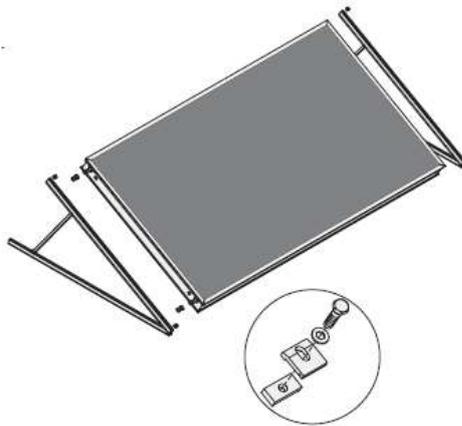


Ilustración 10. Diagrama de montaje del captador en formato horizontal con el soporte WAGNER SOLAR TRIC F.

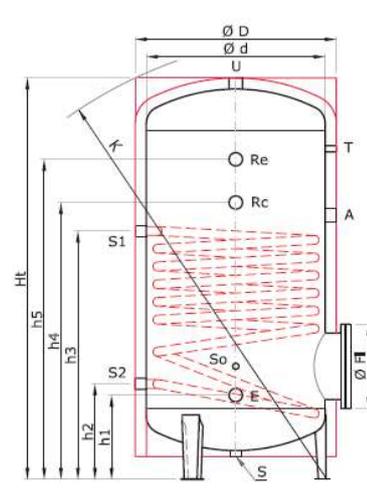
En ésta instalación no se utilizará anticongelante porque la temperatura mínima histórica del municipio de Santa Cruz de Tenerife es superior a la temperatura de congelación del agua.

#### Sistema de acumulación.

Para el almacenamiento de la energía obtenida en el sistema de captación se ha optado por un interacumulador. Se ha elegido el siguiente modelo del fabricante LLORGIL que satisface los

criterios establecidos por el CTE en lo referente a la superficie de intercambio de calor, y además tiene la capacidad de satisfacer la demanda diaria de la instalación dado su volumen de acumulación.

Tabla 23. Propiedades del interacumulador seleccionado.

LLORGIL VSF 1500	
	
Capacidad efectiva del depósito [lts]	1435
Superficie de intercambio del serpentín fijo [m <sup>2</sup> ]	4,7
Capacidad del serpentín fijo [m <sup>2</sup> ]	37,35

Sistema de control.

Al tratarse de un sistema de circulación forzada, la reglamentación indica que el sistema de control será diferencial y el intercambio de calor se iniciará sólo cuando exista una diferencia de temperatura mayor a 7 °C entre la temperatura de los captadores solares y la del fluido a calentar, y se detendrá cuando dicha diferencia de temperatura sea menor de 2 °C.

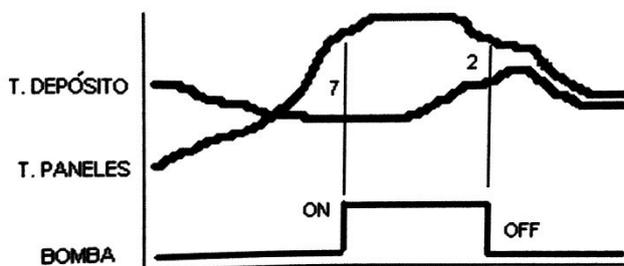


Ilustración 11. Funcionamiento de la instalación en función de las temperaturas.

Para cumplir éste requisito se ha elegido el sistema de control RESOL DELTASOL CS/4

RESOL DELTASOL CS/4	
	
Entradas	4 sondas de temperatura Pt1000, 1 sensor Grundfos Direct Sensors™
Salidas	2 relés semiconductores, 1 salida PWM
Funciones	Control de funcionamiento, contador de horas, función de captador de tubos, función termostato, control de velocidad, opción drainback, opción booster (bomba de refuerzo) y contador de energía
Dimensiones [mm]	172 x 110 x 46

Las sondas de temperatura para el control diferencial se colocarán en la parte superior de los captadores. El sensor de temperatura de acumulación se colocará preferentemente en la parte inferior, evitando la influencia del intercambiador. Las sondas serán preferentemente de inmersión

#### Sistema hidráulico.

El sistema hidráulico se compone por las conducciones que conectan los distintos elementos del sistema de captación y distribuyen el agua caliente en el edificio. La red de distribución de agua no es objeto de éste proyecto, pero sí las conducciones del sistema de captación.

Como se comentó anteriormente, la red del sistema de captación utiliza la técnica de retorno invertido. Para establecer el diámetro de las tuberías hay que tener en cuenta que el CTE establece que la velocidad del fluido en las conducciones no puede ser mayor que 2 m/s cuando discorra por locales habitados y que 3 m/s cuando discorra por el exterior del edificio o por locales no habitados. Además, la pérdida de carga unitaria en las conducciones nunca debe ser superior a 40 mm de columna de agua por metro lineal.

Teniendo en cuenta los requisitos anteriores se ha elegido una tubería de 18 mm de diámetro nominal y 1 mm de espesor de pared para todas las conducciones de la instalación.

Tabla 24. Velocidad y pérdida de carga unitaria para los diferentes caudales que circulan por la instalación.

	Q (l/h)	DN (mm)	D (mm)	PC <sub>unitaria</sub> (mmca/m)	v (m/s)
Q <sub>max</sub>	334,6	18	16	18,87	0,46
$\frac{3}{4} \cdot Q_{\max}$	250,95	18	16	11,41	0,35
$\frac{1}{2} \cdot Q_{\max}$	167,3	18	16	5,61	0,23
$\frac{1}{4} \cdot Q_{\max}$	83,65	18	16	1,67	0,12

Como se puede observar, se cumplen los requisitos del CTE.

El sistema hidráulico también incluye la bomba circuladora, que es necesaria para vencer las pérdidas de carga que genera el fluido al circular por la instalación.

Las pérdidas de carga totales de la instalación generadas en los diferentes elementos de la instalación son las siguientes:

Tabla 25. Pérdidas de carga del sistema hidráulico.

Pérdidas de carga	[mca]
Tuberías y accesorios	1,778
Intercambiador	0,4
Captadores	0,01
Totales	2,188

Conociendo las pérdidas de carga y el caudal máximo que debe impulsar la bomba circuladora, se ha seleccionado la WILO STRATOS 25/1-4.

Tabla 26. Propiedades de la bomba seleccionada.

WILO STRATOS 25/1-4	
	
Presión de trabajo máxima admisible [bar]	10
Alimentación eléctrica	230 V 50/60 Hz
Consumo de potencia [W]	9 - 38
Potencia nominal del motor [W]	30

También es necesario que el sistema hidráulico incluya un vaso de expansión para absorber las variaciones de volumen del fluido caloportador al variar su temperatura, y así mantener la presión entre límites prestablecidos, evitando pérdidas y reposiciones de la masa del fluido. El volumen total que debe tener como mínimo el vaso de expansión para cumplir con su función en ésta instalación es de 20,95 litros. Además, se elegirá uno que soporte la presión máxima de trabajo de la bomba y los captadores (10 bar).

El vaso de expansión elegido es el IBAIONDO 35 CMR.

IBAIONDO 35 CMR	
	
Capacidad [lts]	35
Presión máx. [bar]	10
Peso [kg]	10

El sistema hidráulico incluye también los accesorios de las tuberías; que se han tenido en cuenta para el cálculo de pérdidas de carga. El sistema hidráulico debe tener los siguientes accesorios para cumplir las tareas indicadas:

- Para aislamiento y llenado: válvulas de esfera.
- Para vaciado y purga de aire: válvulas de esfera o macho.
- Para seguridad: válvulas de resorte.

Además, se seguirán las siguientes indicaciones del CTE:

- Se instalará una válvula de cierre en la entrada y la salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas.
- Se instalará una válvula de seguridad por fila.

Por último, para cumplir con el RITE, todas las tuberías y accesorios, así como equipos aparatos y depósitos de las instalaciones térmicas dispondrán de un aislamiento térmico cuando contengan fluidos con una temperatura menor a la del ambiente del local por el que discurran, o mayor que 40 °C cuando estén instalados en locales no calefactados.

Dado que el resto de equipos tiene aislamiento de fábrica, solo se ha dimensionado el aislamiento de las tuberías y accesorios, que según el RITE será de:

Tabla 27. Espesor mínimo del aislamiento de tuberías y accesorios para redes de tuberías de funcionamiento continuo.

Tramo	D [mm]	DN [mm]	T [°C]	Espesor mínimo del aislamiento [mm]
Tubería interna	16	18	>60...100	25 + 5 = 30
Tubería externa	16	18	>60...100	35 + 5 = 40

Éste cálculo es válido para un material aislante con conductividad térmica de 0,040 W/m·K a 10°C de referencia. Como aislante se ha seleccionado el K-FLEX SOLAR HT

Tabla 28. Propiedades del aislante térmico.

K-FLEX SOLAR HT	
	
Rango de temperaturas	Desde - 40 °C hasta +150°C
Conductividad térmica a 10°C [W/m·K]	0,041

Sistema de energía convencional.

Como sistema de apoyo convencional se elige la caldera de condensación VAILLANT VM ES 806/5-5.

*Tabla 29. Propiedades de la caldera del sistema de energía convencional.*

VAILLANT VM ES 806/5-5	
	
Potencia calorífica [kW]	74
Clase energética	A
Combustible	Gas
Peso [kg]	68

## 9. Presupuesto.

A continuación, se muestra el presupuesto total de la instalación. Para una visión más amplia de los costes, el presupuesto completo se encuentra en la sección de presupuesto de éste documento.

Tabla 30. Resumen del presupuesto total del proyecto.

	Capítulo	Importe [€]
A	Iluminación	37892,80
B	Instalación de Baja Tensión	6420,10
C	Instalación de ACS	20382,70
<b>D =A+B+C</b>	<b>Total ejecución material</b>	<b>64695,60</b>
$E=D \cdot 0,13$	Gastos generales (13%)	8410,43
$F=D \cdot 0,07$	Beneficio industrial (7%)	4528,69
<b>G=D+E+F</b>	<b>Total base</b>	<b>77634,72</b>
$H=G \cdot 0,07$	IGIC (7%)	5434,43
<b>I=G+H</b>	<b>Total presupuesto general</b>	<b>83069,15</b>

El presupuesto total asciende a la cantidad de OCHENTA Y TRES MIL SESENTA Y NUEVE euros con QUINCE céntimos.

## 10. Conclusion.

After this study I have gained a deeper understanding of the different methods used for the production of domestic hot water, the possible configurations that are used for the electric supply of a building, and the importance of lighting for the comfort of the users, not to mention that I have become more aware of the applicable legislation.

Design-wise the project could be optimized, which would mean economic savings in the total Budget, but I think, for the objective of the building and its demands, the configuration for the different installations is the most adequate to meet the client's needs and the purpose of the building.

## **11. Orden de prioridad de los documentos básicos.**

Frente a posibles contradicciones y discrepancias dentro del presente documento, el orden de prioridad de las distintas secciones del proyecto es el siguiente:

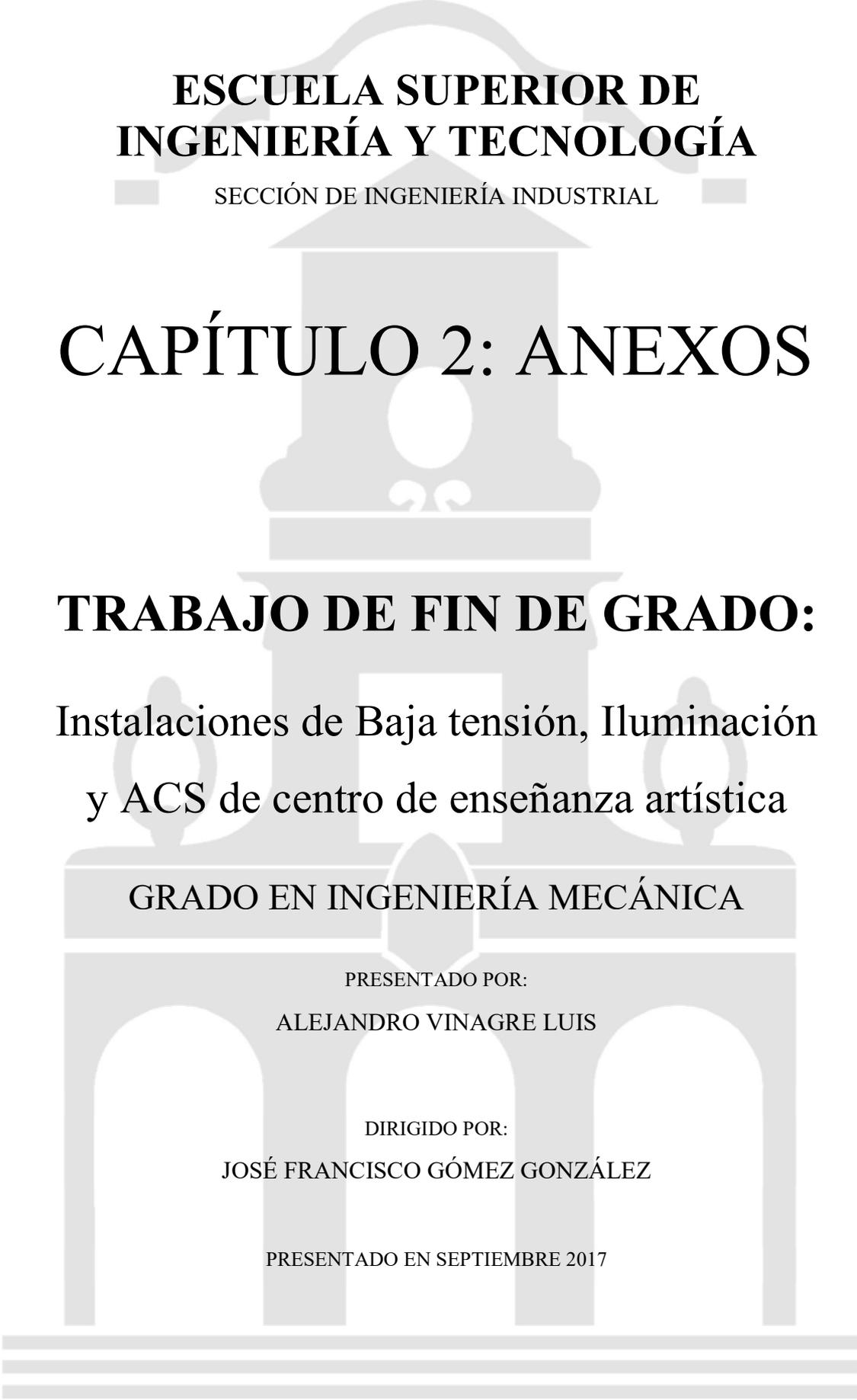
1. Planos.
2. Pliego de condiciones.
3. Presupuesto.
4. Memoria.

En Santa Cruz de Tenerife a \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2017

Fdo.: Alejandro Vinagre Luis

DNI: 79075300-N





**ESCUELA SUPERIOR DE  
INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA**

SECCIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

# CAPÍTULO 2: ANEXOS

## **TRABAJO DE FIN DE GRADO:**

Instalaciones de Baja tensión, Iluminación  
y ACS de centro de enseñanza artística

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

PRESENTADO POR:

ALEJANDRO VINAGRE LUIS

DIRIGIDO POR:

JOSÉ FRANCISCO GÓMEZ GONZÁLEZ

PRESENTADO EN SEPTIEMBRE 2017



Índice de contenido.

Anexo 1: Cálculos de la instalación de baja tensión. 64

Anexo 2: Cálculos

Anexo 3: Cálculos



# Anexo 1: Cálculos de la instalación de baja tensión.

## Índice

1.	Previsión de cargas.....	66
2.	Conceptos y definiciones de propiedades aplicadas en los cálculos. ....	70
2.1.	Criterios de cálculo de las secciones de los conductores.....	70
2.2.	Intensidad.....	70
2.3.	Caída de tensión.....	70
2.4.	Corriente de cortocircuito.....	72
3.	Canalizaciones. ....	73
4.	Cálculo de la acometida. ....	74
4.1.	Cálculo de la sección de la acometida por el criterio de intensidad máxima admisible.....	75
4.2.	Cálculo de la sección de la acometida por el criterio de caída de tensión máxima admisible. 76	
4.3.	Cálculo de la sección de la acometida para el criterio de intensidad de cortocircuito.....	76
5.	Elección del CGP.....	76
6.	Cálculo de la sección de la Línea General de Alimentación (LGA). ....	78
6.1.	Comprobación de la sección de la LGA por el criterio de intensidad máxima admisible. ....	78
6.2.	Comprobación de la sección de la LGA por el criterio de caída de tensión.....	78
6.3.	Sección del neutro y diámetro del tubo.....	79
7.	Derivación individual.....	79
7.1.	Cálculo de la sección de la derivación individual por el criterio de intensidad máxima admisible. ....	80
7.2.	Cálculo de la sección de la derivación individual por el criterio de caída de tensión máxima admisible. ....	80
7.3.	Cálculo de las protecciones frente a sobrecargas y cortocircuitos.....	81
7.3.1.	Protección frente a sobrecargas. ....	81
7.3.2.	Protección frente a cortocircuitos.....	82
7.4.	Cálculo de los tubos. ....	84
8.	Instalaciones interiores. ....	84
8.1.	Cálculo de las líneas que alimentan a los subcuadros en la instalación interior. ....	84
8.2.	Cálculos de los circuitos interiores de la instalación.....	87
9.	Protecciones generales. ....	93

10.	Características de los materiales y canalizaciones eléctricas frente al fuego. ....	95
11.	Puesta a tierra.....	95

## 1. Previsión de cargas.

La previsión de cargas de la instalación se ha llevado a cabo sumando todas las potencias de cálculo de la instalación, definiéndose la potencia de cálculo como:

$$P_{\text{cálculo}} = P_{\text{prevista}} \cdot n \cdot F_s \cdot F_u \cdot F_m$$

Siendo:

- $P_{\text{cálculo}}$ , potencia de cálculo [W].
- $P_{\text{prevista}}$ , potencia prevista del receptor [W].
- $n$ , número de receptores.
- $F_s$ , factor de simultaneidad, relación entre la potencia total instalada o prevista, para un conjunto de receptores durante un periodo de tiempo determinador, y la suma de las potencias máximas absorbidas individualmente por dichos receptores.
- $F_u$ , factor de utilización, porcentaje medio de la utilización de la potencia máxima disponible.
- $F_m$ , factor de mayoración, se utiliza para asegurar el buen funcionamiento de determinados receptores como motores ( $F_m=1,25$ ) y luminarias fluorescentes ( $F_m=1.8$ ).

A continuación, se recogen los resultados de la potencia total de cálculo de los diferentes elementos de la instalación:

Tabla 31. Potencia de cálculo cuadro general.

Cuadro General							
Circuito	Receptores	P <sub>prevista</sub> [W]	n	F <sub>s</sub>	F <sub>u</sub>	F <sub>m</sub>	P <sub>calculo</sub> [W]
C1a	Luminaria tipo 1	17,6	2	0,75	0,5	1	98,33
	Luminaria tipo 2	17	1				
	Luminaria tipo 3	30	7				
C1b	Luminaria tipo 1	17,6	2	0,75	0,5	1	109,58
	Luminaria tipo 2	17	1				
	Luminaria tipo 3	30	8				
C1c	Luminaria tipo 1	17,6	3	0,75	0,5	1	67,8
	Luminaria tipo 6	8	1				
	Luminaria tipo 3	30	4				
C2a	Tomas generales	3450	12	0,2	0,25	1	2070
C2b	Tomas generales	3450	10	0,2	0,25	1	1725
C9	Aire acondicionado	5750	1	1	0,5	1,25	3593,75
C12	Luminaria de emergencia	8	72	1	1	1	576
L1	Alimentación subcuadro Cocina	5364,45	1	1	1	1	5364,45
L2	Alimentación subcuadro Baños	2877,15	1	1	1	1	2877,15
L3	Alimentación subcuadro Aula 1	1106,4	1	1	1	1	1106,4
L4	Alimentación subcuadro Aula 2	1115,25	1	1	1	1	1115,25
L5	Alimentación subcuadro ACS	211,2	1	1	1	1	211,2
L6	Alimentación subcuadro Hall	463,8	1	1	1	1	463,8
Potencia total							19378,71

Tabla 32. Potencia de cálculo, subcuadro Cocina.

Subcuadro Cocina							
Circuito	Receptores	P <sub>prevista</sub> [W]	n	F <sub>s</sub>	F <sub>u</sub>	F <sub>m</sub>	P <sub>calculo</sub> [W]
C1a	Luminaria tipo 2	17	6	0,75	0,5	1	38,25
C1b	Luminaria tipo 1	17,6	3	0,75	0,5	1	42,30
	Luminaria tipo 3	30	2				
C1c	Luminaria tipo 1	17,6	4	0,75	0,5	1	26,4
C2a	Tomas generales	3450	7	0,2	0,25	1	1207,5
C3	Cocina y horno	5400	2	0,5	0,75	1	4050
Total							5364,45

Tabla 33. Potencia de cálculo subcuadro Baño.

Subcuadro Baño							
Circuito	Receptores	P <sub>prevista</sub> [W]	n	F <sub>s</sub>	F <sub>u</sub>	F <sub>m</sub>	P <sub>calculo</sub> [W]
C1	Luminaria tipo 1	17,6	4	0,75	0,5	1	117,15
	Luminaria tipo 2	17	6				
	Luminaria tipo 3	30	2				
	Luminaria tipo 6	8	10				
C2	Tomas Baño	3450	4	0,2	0,25	1	2760
Total							2877,15

Tabla 34. Potencia de cálculo subcuadro Aula 1.

Subcuadro Aula 1							
Circuito	Receptores	P <sub>prevista</sub> [W]	n	F <sub>s</sub>	F <sub>u</sub>	F <sub>m</sub>	P <sub>calculo</sub> [W]
C1a	Luminaria tipo 1	17,6	2	0,75	0,5	1	35,7
	Luminaria tipo 3	30	2				
C1b	Luminaria tipo 1	17,6	2	0,75	0,5	1	35,7
	Luminaria tipo 3	30	2				
C2	Tomas generales	3450	6	0,2	0,25	1	1035
Total							1106,4

Tabla 35. Potencia de cálculo subcuadro Aula 2.

Subcuadro Aula 2							
Circuito	Receptores	P <sub>prevista</sub> [W]	n	F <sub>s</sub>	F <sub>u</sub>	F <sub>m</sub>	P <sub>calculado</sub> [W]
C1a	Luminaria tipo 3	30	3	0,75	0,5	1	33,75
C1b	Luminaria tipo 3	30	3	0,75	0,5	1	33,75
C1c	Luminaria tipo 2	17	2	0,75	0,5	1	12,75
C2	Tomas generales	3450	6	0,2	0,25	1	1035
Total							1115,25

Tabla 36. Potencia de cálculo subcuadro ACS.

Subcuadro ACS							
Circuito	Receptores	P <sub>prevista</sub> [W]	n	F <sub>s</sub>	F <sub>u</sub>	F <sub>m</sub>	P <sub>calculado</sub> [W]
C1	Luminaria tipo 1	17,6	2	0,75	0,5	1	13,2
C2	Bomba	38	1	1	1	1,25	99
	Caldera	103	1	1	1	1	
Total							112,2

Tabla 37. Potencia de cálculo subcuadro Hall.

Subcuadro Hall							
Circuito	Receptores	P <sub>prevista</sub> [W]	n	F <sub>s</sub>	F <sub>u</sub>	F <sub>m</sub>	P <sub>calculado</sub> [W]
C1a	Luminaria tipo 1	17,6	6	0,75	0,5	1	39,6
C1b	Luminaria tipo 1	17,6	6	0,75	0,5	1	39,6
C1c	Luminaria tipo 1	17,6	6	0,75	0,5	1	39,6
C2a	Tomas generales	3450	2	0,2	0,25	1	345
Total							463,8

Como se observa en las tablas, la potencia total de cálculo es igual a **19378,71 W**.

## 2. Conceptos y definiciones de propiedades aplicadas en los cálculos.

### 2.1. Criterios de cálculo de las secciones de los conductores.

Los conductores de la instalación eléctrica del edificio deben satisfacer tres condiciones:

- Soportar la intensidad máxima prevista en el conductor.
- No exceder el límite de caída de tensión especificado por el REBT para el conductor determinado.
- Soportar la corriente de cortocircuito para las conducciones indicadas siguiendo las indicaciones de las normas particulares de la empresa suministradora.

### 2.2. Intensidad.

La intensidad que circula por los conductores se utilizando las siguientes ecuaciones, dependiendo de si la instalación es monofásica o trifásica.

$$\text{Monofásica} \rightarrow I = \frac{P}{V \cdot \cos\phi}$$

$$\text{Trifásica} \rightarrow I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi}$$

Siendo:

- P, potencia de cálculo de la línea [W].
- V, tensión de alimentación de la línea 230 [V] para monofásica y 400 [V] para trifásica.
- $\cos\phi$ , factor de potencia del circuito. Se considera 0,9.

Cada conductor tiene una intensidad máxima admisible asociada según sus características. La intensidad prevista en una línea debe ser menor que la intensidad máxima admisible que soporta dicha línea.

### 2.3. Caída de tensión.

La caída de tensión en un conductor se define usando las siguientes fórmulas, según el tipo de alimentación:

$$\text{Monofásica} \rightarrow e = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot S \cdot V}$$

$$\text{Trifásica} \rightarrow e = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot S \cdot V}$$

Siendo:

- e, caída de tensión [V].
- P, potencia de cálculo [W].
- L, longitud de la línea [m].
- V, tensión de alimentación [V].
- $\gamma$ , conductividad [ $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ ]
- S, sección de la línea [ $\text{mm}^2$ ]

La ecuación anterior se utilizará despejando la sección de la línea y utilizando los datos de caída de tensión admisible proporcionados por el REBT, para determinar la sección admisible del cable según el criterio de caída de tensión.

$$\text{Monofásica} \rightarrow S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot V}$$

$$\text{Trifásica} \rightarrow S = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot V}$$

Los límites de la caída de tensión están detallados en la ITC-BT-14, ITC-BT-15 e ITC-BT-19 del REBT y se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 38. Caídas de tensión máxima (REBT).

Parte de la instalación	Para alimentar a:	Caída de tensión máxima en % de la tensión de suministro	Monof. (230 V)	Trif. (400 V)
Línea General de Alimentación (LGA)	Suministro de un único usuario	No hay		
	Contadores totalmente concentrados	0,5		2 V
	Centralización parcial de contadores	1		4 V
Derivación Individual (DI)	Suministro de un único usuario	1	2,3 V	4 V
	Contadores totalmente concentrados	0,5	1,15 V	2 V
	Centralización parcial de contadores	1,5	3,45 V	6 V
Circuitos interiores	Circuitos interiores en viviendas	3	6,9 V	12 V
	Circuitos de alumbrado que no sean vivienda	3	6,9 V	12 V
	Circuitos de fuerza que no sean viviendas	5	11,5 V	20 V
Redes de distribución		±7		

La conductividad del cobre y el aluminio, materiales de uso en las conducciones eléctricas, se muestra en la siguiente tabla para las temperaturas indicadas:

Tabla 39. Conductividad de los materiales utilizados en la fabricación de cableado.

	Conductividad [m/Ω·mm <sup>2</sup> ]			Coefficiente de temperatura [°C <sup>-1</sup> ]
	γ <sub>20°</sub>	γ <sub>70°</sub>	γ <sub>90°</sub>	a
Cobre	56	48	44	0,00393
Aluminio	35	30	28	0,00403

Para obtener la conductividad a cualquier temperatura se puede emplear la siguiente fórmula:

$$\frac{1}{\gamma_{\theta}} = \frac{1}{\gamma_{20^{\circ}}} \cdot [1 + (\theta - 20)]$$

Siendo:

- γ<sub>θ</sub>, conductividad a la temperatura deseada [m/Ω·mm<sup>2</sup>].
- γ<sub>20°</sub>, conductividad a 20°C [m/Ω·mm<sup>2</sup>].
- θ, temperatura deseada [°C].

#### 2.4. Corriente de cortocircuito.

Generalmente se desconoce la impedancia del circuito de alimentación a la red (impedancia del transformador, red de distribución y acometida), por tanto, se admite que en caso de circuito la tensión en el inicio de las instalaciones de los usuarios se puede considerar como 0,8 veces la tensión de suministro. Además, se considera despreciable la inductancia de los cables y se toma el defecto fase neutro como el más desfavorable. Considerar despreciable la inductancia de los cables solo es válido si el centro de transformación (origen de la alimentación), está situado fuera del edificio o lugar de suministro afectado.

Por lo tanto, para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se puede emplear la siguiente ecuación simplificada:

$$I_{cc} = \frac{0,8 \cdot V}{R}$$

Siendo:

- I<sub>cc</sub>, intensidad de cortocircuito máxima en el punto considerado.

- $V$ , tensión de alimentación fase-neutro (230[V]).
- $R$ , resistencia del conductor de fase entre el punto considerado y la alimentación.

Normalmente el valor de  $R$  deberá tener en cuenta la suma de las resistencias de los conductores entre la Caja General de Protección (CGP) y el punto considerado en el que se desea calcular el cortocircuito. Para el cálculo de  $R$  se considerará que los conductores se encuentran a una temperatura de 20°C, para obtener el valor máximo posible de  $I_{cc}$ .

$$R_i = \frac{L_i}{\gamma_{20} \cdot S_i}$$

$$R = \sum R_i$$

Siendo:

- $R_i$ , resistencia de una línea determinada [ $\Omega$ ].
- $L_i$ , longitud del cable de una línea determinada [m].
- $\gamma_{20}$ , conductividad a 20°C [ $m/\Omega \cdot mm^2$ ].
- $R$ , suma de todas las resistencias de los conductores entre la CGP y el punto considerado en el que se desea calcular el cortocircuito [ $\Omega$ ].

### 3. Canalizaciones.

Para la elección de las canalizaciones se sigue lo dispuesto en la norma UNE 20460 y la ITC-BT-20. Las siguientes tablas indican los criterios de elección de las canalizaciones en función de los cables y conductores a instalar, y la compatibilidad de los sistemas de instalación en función de la situación.

Los cables en la instalación en todos los locales serán cables no desnudos alojados en tubos empotrados o en montaje superficial (método de instalación B1, según ITC-BT-19).

Las tablas de la ITC-BT-20, validan las canalizaciones elegidas.

Tabla 40. Elección de las canalizaciones (ITC-BT-20).

Conductores y cables		Sistemas de instalación							
		Sin fijación	Fijación directa	Tubos	Canales y molduras	Conductos de sección no circular	Bandejas de escalera Bandejas soportes	Sobre aisladores	Con fiador
Conductores desnudos		-	-	-	-	-	-	+	-
Conductores aislados		-	-	+	*	+	-	+	-
Cables con cubierta	Multi-polares	+	+	+	+	+	+	0	+
	Uni-polares	0	+	+	+	+	+	0	+
+ : Admitido - : No admitido 0 : No aplicable o no utilizado en la práctica * : Se admiten conductores aislados si la tapa sólo puede abrirse con un útil o con una acción manual importante y la canal es IP 4X o IP XXD									

Tabla 41. Situación de las canalizaciones (ITC-BT-20).

Situaciones		Sistemas de instalación							
		Sin fijación	Fijación directa	Tubos	Canales y molduras	Conductos de sección no circular	Bandejas de escalera Bandejas soportes	Sobre aisladores	Con fiador
Huecos de la construcción	accesibles	+	+	+	+	+	+	-	0
	no accesibles	+	0	+	0	+	0	-	-
Canal de obra		+	+	+	+	+	+	-	-
Enterrados		+	0	+	-	+	0	-	-
Empotrados en estructuras		+	+	+	+	+	0	-	-
En montaje superficial		-	+	+	+	+	+	+	-
Aéreo		-	-	(*)	+	-	+	+	+
+ : Admitido - : No admitido 0 : No aplicable o no utilizado en la práctica (*): No se utilizan en la práctica salvo en instalaciones cortas y destinadas a la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida									

#### 4. Cálculo de la acometida.

La acometida es la línea eléctrica que hace de enlace entre la red de distribución de baja tensión y la caja general de protección de la instalación del edificio. Para efectuar los cálculos de forma adecuada se debe tener en cuenta lo dispuesto en la ITC-BT-11 del REBT, en concreto, el apartado 1.4 que especifica las características de los cables y conductores.

Por lo que se refiere al número de conductores y las secciones de los mismos, se tendrá en cuenta los siguientes aspectos en los cálculos (REBT,2014):

- La carga máxima prevista.
- La tensión de suministro.
- Las intensidades máximas admisibles para el tipo de conductor y las condiciones de su instalación.
- La caída de tensión máxima admisible. Esta caída de tensión será la que la empresa distribuidora tenga establecida, en su reparto de caídas de tensión en los elementos que constituyen la red, para que en la caja o cajas generales de protección esté dentro de los límites establecidos por el Reglamento de verificaciones eléctricas y regularidad en el suministro de energía.

La acometida se realizará de forma subterránea, mediante cables multiconductores en el interior de tubos enterrados, aislados con polietileno reticulado (XLPE), que tendrán una longitud de 25 metros. Otros datos importantes referentes a la acometida son las siguientes condiciones, que deberán ser proporcionadas por la compañía suministradora (UNELCO ENDESA):

- Caída de tensión máxima permitida.
- Intensidad de cortocircuito
- Tiempo de actuación de las protecciones.

Para el cálculo de éste proyecto, a falta de datos proporcionados por la compañía, se toman los siguientes valores:

- Caída de tensión máxima permitida = 0,5 %
- Intensidad de cortocircuito, 12 kA.
- Tiempo de actuación de las protecciones, 1 s.

#### **4.1. Cálculo de la sección de la acometida por el criterio de intensidad máxima admisible.**

Siendo la trifásica la alimentación de la acometida, y conociendo la potencia total de cálculo, la intensidad prevista en la instalación será:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi} = \frac{19648,71}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} [A] = 31,51 [A]$$

Para la intensidad prevista, el tipo de cableado y aislamiento de la acometida, la tabla 5 de la ITC-BT.07 indica que la sección mínima de los cables debe ser de 6 mm<sup>2</sup>.

#### **4.2. Cálculo de la sección de la acometida por el criterio de caída de tensión máxima admisible.**

Para que la caja general de protección esté dentro de los límites establecidos  $-7\% < e(\%) < +7\%$  para la red de distribución, y teniendo en cuenta las caídas de tensión máximas en el resto de las instalaciones, la caída de tensión máxima de la acometida debe ser del 0,5 % para el caso más desfavorable. A continuación, se calcula la sección del cable correspondiente a esa caída de tensión, para alimentación trifásica:

$$S = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot V} = \frac{19648,71 \cdot 25}{44 \cdot 0,005 \cdot 400 \cdot 400} [mm^2] = 13,96 [mm^2]$$

El valor de la conductividad del cable se ha tomado para el caso más desfavorable, que corresponde a la temperatura máxima de trabajo del aislamiento en régimen permanente, que para el XLPE es 90°C según se indica en la tabla 2 de la ITC-BT-07.

Como se observa en el resultado del cálculo, la sección de 6 mm<sup>2</sup> propuesta en el apartado anterior no sería suficiente para cumplir el requisito de caída de tensión. De la tabla 5 de la ITC-BT-07 se toma la sección de cable de 16 mm<sup>2</sup> que cumplirá ambas condiciones, la de intensidad máxima admisible (le corresponden 160A según la tabla) y caída de tensión máxima admisible (al ser mayor que la calculada, la caída de tensión será menor).

#### **4.3. Cálculo de la sección de la acometida para el criterio de intensidad de cortocircuito.**

Los cables de la acometida deben ser capaces de soportar una intensidad de cortocircuito de 12 kA durante un segundo. Para la sección de 16 mm<sup>2</sup> propuesta en el apartado anterior, la intensidad máxima de cortocircuito en el conductor para cables con aislamiento de XLPE según la tabla B-2 y B-4 de la UNE 211435, es de 2,41 kA por lo tanto no cumpliría.

De la misma tabla se elige una sección que si cumpla las condiciones de cortocircuito. La sección adecuada es una sección de 95 mm<sup>2</sup> que soporta 13,9 kA durante 1 segundo.

### **5. Elección del CGP.**

La caja general de protección (CGP) aloja los elementos de protección de la línea general de alimentación (LGA). Siguiendo las instrucciones de las normas particulares de la empresa, a

pesar de tratarse de un único usuario, no se instalará una caja de protección y medida (CPM) porque la potencia a contratar es superior a 15 kW.

Para una potencia prevista de 19648,71 W, y un suministro trifásico de un único usuario con acometida subterránea, se elige la CGP-9 100 A utilizando la tabla V de las normas particulares de la empresa suministradora.

Tabla 42. Cajas Generales de Protección indicadas por la empresa suministradora.

Denominación	Tipo acometida	Esquemas	CGP	Prevision carga
			(Amperios)	maxima (kW)
CGP-7 100 A	Aerea	7	100	55
CGP-7 160 A	Aerea	7	160	88
CGP-7 250 A	Aerea	7	250	138
CGP-9 100 A	Subterranea	9	100	55
CGP-9 160 A	Subterranea	9	160	88
CGP-9 250 A	Subterranea	9	250	138
CGP-9 400 A	Subterranea	9	400	220
CGP-9 630 A	Subterranea	9	630	347

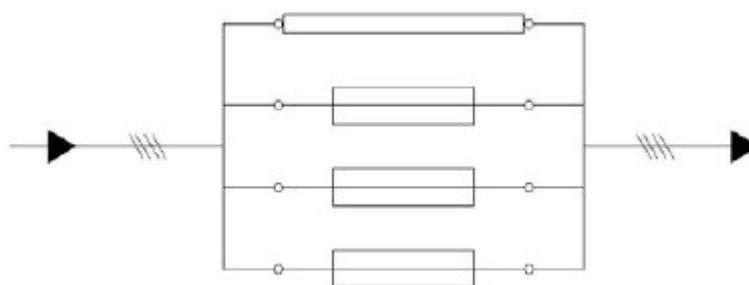


Figura 1. Esquema 9 CGP

## 6. Cálculo de la sección de la Línea General de Alimentación (LGA).

La línea general de alimentación enlaza la caja general de protección con la centralización de contadores. Los cálculos de los conductores de la LGA deberán tener en cuenta lo dispuesto en el apartado 3 de la ITC-BT-14 del REBT y también lo dispuesto en el epígrafe 7 de las normas particulares de UNELCO ENDESA.

La LGA tiene una longitud de 10 metros, y se realiza mediante cables multiconductores en el interior de tubos empotrados en obra y aislante XLPE. Como la LGA está destinada a una instalación individual se toma el valor correspondiente a contadores totalmente centralizados para la caída de tensión máxima establecida por el REBT, es decir, de 0,5%.

### 6.1. Comprobación de la sección de la LGA por el criterio de intensidad máxima admisible.

La intensidad prevista que debe soportar la LGA es igual a:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi} = \frac{19648,71}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} [A] = 31,51 [A]$$

Como se había calculado anteriormente. Para el caso de estudio, recurriendo a la ITC-BT-19 según el método de instalación, el número de conductores cargados y el tipo de aislamiento, la sección debe ser de 6 mm<sup>2</sup> (Método B2, columna 7). Sin embargo, la ITC-BT-14 establece que la sección mínima para una LGA de cobre es de 10 mm<sup>2</sup> (a la que corresponde una I<sub>max</sub> de 52 A); al ser mayor que la calculada se toma por válida.

### 6.2. Comprobación de la sección de la LGA por el criterio de caída de tensión.

La LGA no puede tener una caída de tensión superior al 0,5%. Se calculará la sección mínima del cable para cumplir ese requisito, y si es menor a la sección de 10 mm<sup>2</sup> que cumple el apartado anterior, se considerará la sección de 10 mm<sup>2</sup> como una sección válida:

$$S = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot V} = \frac{19648,71 \cdot 10}{44 \cdot 0,005 \cdot 400 \cdot 400} [mm^2] = 5,58 [mm^2]$$

Nuevamente, se han utilizado las condiciones del caso más desfavorable (T=90°C). Como la sección es menor que 10 mm<sup>2</sup> se considera correcta la sección de 10 mm<sup>2</sup>.

### 6.3. Sección del neutro y diámetro del tubo.

Según la ITC-BT-14, cuando los cables de la LGA se instalen en el interior de tubos, la sección del neutro y el diámetro se elegirá según la tabla 1 de la misma instrucción, que recoge dichas dimensiones en función de la sección del cable que se va a instalar:

Tabla 43. Sección del neutro y diámetro del tubo en función de la sección del cable a instalar para cables de LGA en el interior de tubos.

Secciones (mm <sup>2</sup> )		Diámetro exterior de los tubos (mm)
FA SE	NEUTRO	
10 (Cu)	10 (Cu)	75
16 (Cu)	10 (Cu)	75
16 (Al)	16 (Al)	75
25	16	110
35	16	110
50	25	125
70	35	140
95	50	140
120	70	160
150	70	160
185	95	180
240	120	200

De la tabla se concluye que la sección del neutro debe ser de 10 mm<sup>2</sup> y el diámetro exterior del tubo de 75 mm.

## 7. Derivación individual.

La derivación individual es la parte de la instalación que, partiendo de la línea general de alimentación, suministra energía eléctrica a una instalación de usuario.

La derivación individual se inicia en el embarrado general y comprende: los fusibles de seguridad, el conjunto de medida, y los dispositivos generales de mando y protección.

La derivación individual tiene una longitud de 2,5 metros y se realiza con cable multiconductor de cobre aislado con polietileno reticulado (XLPE) en el interior de tubos empotrados.

### 7.1. Cálculo de la sección de la derivación individual por el criterio de intensidad máxima admisible.

La ITC-BT-15 indica que, a efectos de intensidades admisibles por cada sección, se tendrá en cuenta lo que se indica en la ITC-BT-19. Siendo la intensidad prevista en la derivación individual:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi} = \frac{19648,71}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} [A] = 31,51 [A]$$

La sección mínima según la ITC-BT-19 es de 6 mm<sup>2</sup> que cumple, a la vez, el requisito de sección mínima establecido en la ITC-BT-15.

### 7.2. Cálculo de la sección de la derivación individual por el criterio de caída de tensión máxima admisible.

La caída de tensión permitida es del 1%, lo que supone al tratarse de alimentación trifásica de la derivación individual, que la caída máxima de tensión admisible son 4 V.

Calculando la sección mínima para soportar esa caída de tensión se obtiene:

$$S = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot V} = \frac{19648,71 \cdot 2,5}{44 \cdot 0,01 \cdot 400 \cdot 400} [mm^2] = 6,98 [mm^2]$$

La conductividad del cable se considera a la temperatura máxima del aislamiento, 90°C, al ser el caso más desfavorable.

Se observa que para cumplir el requisito de caída de tensión se necesita una sección superior a 6 mm<sup>2</sup>, se toma la inmediatamente superior que corresponde a 10 mm<sup>2</sup> con una intensidad admisible de 52 A.

La sección del conductor de protección se establece según la tabla 2 de la ITC-BT-19:

Tabla 44. Sección de los conductores de protección según ITC-BT-19 (REBT).

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm <sup>2</sup> )	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm <sup>2</sup> )
S ≤ 16	S (*)
16 < S ≤ 35	16
S > 35	S/2

(\*) Con un mínimo de:  
 2,5 mm<sup>2</sup> si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica  
 4 mm<sup>2</sup> si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica

La sección de los conductores de protección será de 10 mm<sup>2</sup> que además cumple el requisito de sección mínima establecido en el ITC-BT-15. También habrá un hilo de mando de color rojo de 1,5 mm<sup>2</sup> de sección.

### 7.3. Cálculo de las protecciones frente a sobrecargas y cortocircuitos.

#### 7.3.1. Protección frente a sobrecargas.

Para proteger la derivación individual se elige un fusible de tipo gG, porque es un cartucho fusible limitador de corriente capaz de interrumpir todas las corrientes desde su intensidad asignada, hasta su poder de corte asignado, y además sirven para sobrecargas y cortocircuitos.

Las características de funcionamiento de un dispositivo que protege contra sobrecargas deben satisfacer las dos condiciones siguientes:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$$

Siendo:

- $I_b$ , intensidad prevista [A].
- $I_n$ , intensidad nominal del dispositivo de protección [A].
- $I_2$ , corriente que asegura la actuación del dispositivo de protección para un tiempo largo [A].
- $I_z$ , corriente admisible del cable [A].

En el caso de fusibles, se cumple que la intensidad de funcionamiento del fusible  $I_f$ , es igual a  $I_2$ , y para los fusibles del tipo gG toma los siguientes valores:

$$I_f = 1,60 \cdot I_n \quad \text{si} \quad I_n \geq 16A$$

$$I_f = 1,90 \cdot I_n \quad \text{si} \quad 4A < I_n < 16A$$

$$I_f = 2,10 \cdot I_n \quad \text{si} \quad I_n \leq 4A$$

Como  $I_n$  debe ser mayor que la intensidad prevista y la intensidad prevista es mayor que 16 A,  $I_f$  es igual a 1,6 veces la intensidad nominal, lo que permite expresar las condiciones que se deben cumplir de la siguiente manera:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$1,60 \cdot I_n \leq 1,45 \cdot I_z$$

Lo que se simplifica en la siguiente expresión:

$$I_b \leq I_n \leq 0,9 \cdot I_z$$

Dado que la intensidad prevista es de 31,51 [A] y la máxima que soporta el cable es de 52 [A], se busca un fusible que tenga una intensidad nominal comprendida entre los siguientes valores:

$$31,51 [A] \leq I_n \leq 46,8 [A]$$

De acuerdo a lo anterior, se elige un fusible con un calibre de 40 [A] para proteger la derivación individual.

### 7.3.2. Protección frente a cortocircuitos.

Se debe calcular la corriente máxima y mínima de cortocircuito de la instalación. La corriente máxima es la proporcionada por la compañía suministradora y es de 12 kA, por lo tanto, el poder de corte del fusible debe ser como mínimo 12 kA.

Por otro lado, el conductor de la derivación individual debe soportar la intensidad de fusión del fusible en 5 segundos. La sección del conductor que aguanta ésta corriente durante 5 segundo se calcula con la siguiente ecuación:

$$S = \frac{\sqrt{t} \cdot I}{K}$$

Siendo:

- I, corriente de cortocircuito efectiva [A].
- S, sección del conductor en [mm<sup>2</sup>].
- t, duración del cortocircuito [s].
- K, constante cuyos valores se definen en la norma UNE 20460-4-43 y se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 45. Valor de la constante K (UNE 20460-4-43).

	Aislamiento de los conductores							Mineral	Mineral
	PVC 70°C ≤ 300 mm²	PVC 70°C > 300 mm²	PVC 90°C ≤ 300 mm²	PVC 90°C > 300 mm²	PR/EPR	Goma 60 °C	Con PVC	Desnudo	
Temperatura inicial °C	70	70	90	90	90	60	70	105	
Temperatura final °C	160	140	160	140	250	200	160	250	
Material del conductor									
Cobre	115	103	100	86	143	141	115 <sup>*)</sup>	135	
Aluminio	76	68	66	57	94	93	-	-	
Conexiones soldadas con estaño para conductores de cobre	115	-	-	-	-	-	-	-	
<sup>*)</sup> Este valor se debe utilizar para cables desnudos expuestos al contacto. NOTA 1 Para duraciones muy cortas (< 0,1 s) donde la asimetría de la intensidad es importante y para dispositivos limitadores de la intensidad, $k^2 S^2$ debe ser superior a la energía ( $I^2 t$ ) que deja pasar el dispositivo de protección, indicada por el fabricante. NOTA 2 Otros valores de k están en estudio para: - los conductores de pequeña sección (especialmente para secciones inferiores a 10mm <sup>2</sup> ); - las duraciones de cortocircuitos superiores a 5s; - otros tipos de conexiones en los conductores; - los conductores desnudos. NOTA 3 La corriente nominal del dispositivo de protección contra los cortocircuitos puede ser superior a la corriente admisible de los conductores del circuito. NOTA 4 Los valores de esta tabla están basados en la norma UNE 211003-1.									

Entonces:

$$S = \frac{\sqrt{t} \cdot I}{K} = \frac{\sqrt{5} \cdot 40}{143} = 0,63 \text{ mm}^2$$

De éste cálculo se concluye que el cable de 10 mm<sup>2</sup> de la derivación individual protegido por el fusible de 40 A soporta ésta corriente durante 5 segundos.

Finalmente, se debe comprobar que la intensidad mínima de cortocircuito es mayor que la intensidad de fusión del fusible en 5 segundos, para que actúe la protección y se proteja el cable. Al encontrarse el centro de transformación fuera del edificio, la intensidad de cortocircuito se calcula con la siguiente fórmula:

$$I_{cc} = \frac{0,8 \cdot V}{R}$$

Siendo:

- V, tensión fase-neutro = 230 [V].
- R, resistencia del conductor de fase entre la alimentación y el punto considerado (la derivación individual).

$$R = R_{LGA} + R_{DI} = \frac{L_{LGA}}{\gamma_{20} \cdot S_{LGA}} + \frac{L_{DI}}{\gamma_{20} \cdot S_{DI}} = \frac{10}{56 \cdot 10} + \frac{2,5}{56 \cdot 10} [\Omega] = 0,022 [\Omega]$$

Entonces:

$$I_{cc\ min} = \frac{0,8 \cdot V}{R} = \frac{0,8 \cdot 230}{0,022} [A] = 8364 [A]$$

El cálculo demuestra que la intensidad de cortocircuito mínima es mayor que la intensidad de fusión del fusible en 5 segundos, se asegura la actuación de la protección.

$$I_{cc\ min} = 8363 [A] > 1,6 \cdot 40 [A] = 64 [A] = I_m$$

#### 7.4. Cálculo de los tubos.

Aplicando lo indicado en la ITC-BT-21 sobre tubos en canalizaciones empotradas (apartado 1.2.2), los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. Para más de 5 conductores, como es el caso (tres fases, neutro, protección e hilo de mando), la ITC-BT-21 indica que la sección interior del tubo será como mínimo igual a 3 veces la sección ocupada por los conductores, es decir:

$$S_{tubo} = 5 \cdot 10 + 1,5 = 51,5 [mm^2]$$

A la que corresponde un diámetro de:

$$D_{tubo} = 2 \cdot \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{51,5}{\pi}} = 8,10 [mm]$$

Sin embargo, la ITC-BT-15 establece que el diámetro mínimo del tubo sea 32 mm, que corresponde al diámetro exterior de los tubos correspondiente a conductores de 10 mm<sup>2</sup> según la tabla 5 de la ITC-BT-21. Por tanto, el diámetro de los tubos será de 32 mm.

## 8. Instalaciones interiores.

### 8.1. Cálculo de las líneas que alimentan a los subcuadros en la instalación interior.

Las líneas que alimentan los subcuadros ubicados en las distintas estancias del edificio se denominan de la siguiente manera:

- L1: Subcuadro Cocina.
- L2: Subcuadro Baños.
- L3: Subcuadro Aula 1
- L4: Subcuadro Aula 2

- L5: Subcuadro ACS
- L6: Subcuadro Hall.

Estas líneas de alimentación serán monofásicas y se dimensionan comprobando el criterio de intensidad máxima admisible y caída de tensión para la potencia prevista en los cuadros.

A continuación, se muestra una tabla con los resultados del cálculo de secciones usando los dos criterios:

Tabla 46. Resultados de cálculos de las líneas de alimentación de los subcuadros.

Línea de alimentación	Potencia prevista [W]	Intensidad Prevista [A]	Longitud de la línea [m]	Caída de tensión máxima (%)	Sección en función de la caída de tensión [mm <sup>2</sup> ]	Sección de diseño [mm <sup>2</sup> ]	Intensidad máxima de la sección de diseño [A]
L1	5364,45	25,92	27	1,5	7,52	10	54
L2	2877,15	13,90	15	1,5	2,17	2,5	23
L3	1106,40	5,34	14	1,5	0,83	1,5	16
L4	1115,25	5,39	4	1,5	0,26	1,5	16
L5	211,20	2,69	18	1,5	0,53	1,5	16
L6	463,80	2,24	6	1,5	0,14	1,5	16

La sección se ha calculado con la fórmula correspondiente al criterio de caída de tensión en líneas monofásicas y la caída de tensión máxima es de 1,5 porque el resto de la caída de tensión máxima establecida por el REBT (3% circuitos de iluminación y 5% el resto), corresponde a los circuitos interiores de los respectivos subcuadros.

Además, cada línea estará protegida por un interruptor automático que debe cumplir las siguientes condiciones:

- 1)  $I_b \leq I_n \leq I_z$
- 2)  $I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$  siendo  $I_2 = 1,45 \cdot I_n$  para interruptores (UNE EN 61009)
- 3)  $I_c \geq I_{cc}$
- 4)  $I_{ccmin} = 4500 A > I_m$  siendo  $I_m = 10 \cdot I_n$

Donde:

- $I_b$ , corriente prevista [A].
- $I_z$ , corriente máxima que soporta el conductor [A].

- $I_2$ , corriente que asegura la actuación del dispositivo de protección para un tiempo largo [A].
- $I_n$ , corriente asignada del dispositivo de protección [A].
- $I_{cc}$ , corriente de cortocircuito máxima prevista en el punto de instalación de la protección [A].
- $I_c$ , poder de corte del dispositivo de protección [A].
- $I_m$ , corriente mínima que asegura el disparo magnético [A].

Bajo estas condiciones, se muestran a continuación, los cálculos de los dispositivos de protección de las líneas de alimentación de los subcuadros, que serán interruptores automáticos:

*Tabla 47. Resultados de cálculo de las protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos de las líneas de alimentación de subcuadros.*

Línea	$I_b$ [A]	$I_z$ [A]	$I_n$ [A]	R [ $\Omega$ ]	$I_{cc}$ [A]	$I_m$ [A]
L1	25,92	54	32	0,070	2620,55	400
L2	13,90	23	16	0,126	1464,72	200
L3	5,34	16	16	0,193	952,43	200
L4	5,39	16	16	0,075	2454,11	200
L5	2,69	16	16	0,240	766,36	200
L6	2,24	16	16	0,091	2023,57	200

De los datos recogidos en la tabla anterior se concluye que las condiciones necesarias que deben cumplir las condiciones se cumplen para dispositivos con las anteriores características.

Por último, utilizando lo dispuesto en la tabla 5 de la ITC-BT-21, los tubos que albergan los cables de las líneas de alimentación serán de:

*Tabla 48. Diámetro de los tubos que albergan los conductores de alimentación de los subcuadros.*

Línea	Sección nominal de los conductores [mm <sup>2</sup> ]	Nº de conductores	Diámetro exterior de los tubos [mm]
L1	10	3	25
L2	2,5	3	20
L3	1,5	3	16
L4	1,5	3	16

L5	1,5	3	16
L6	1,5	3	16

## 8.2. Cálculos de los circuitos interiores de la instalación.

Siguiendo el mismo procedimiento que en el apartado anterior, se calculan las secciones de los cables de los circuitos interiores de la instalación interior (cuadro general y subcuadros), teniendo en cuenta que para los circuitos interiores en los subcuadros la caída de tensión máxima admisible es igual al límite indicado por la normativa menos la caída de tensión en las líneas de alimentación de los subcuadros. También se hacen los cálculos necesarios para dimensionar las medidas de protección de los circuitos y los tubos que albergarán los conductores. La alimentación de todos estos circuitos será monofásica.

La siguiente tabla contiene los resultados del cálculo de secciones de los conductores de los circuitos.

Tabla 49. Cálculo de las secciones de los conductores de los circuitos interiores y dimensionado de los interruptores automáticos.

Circuito	Potencia prevista [W]	Intensidad Prevista, Ib [A]	Longitud de la línea [m]	Caída de tensión máxima (%)	Sección en función de la caída de tensión [mm <sup>2</sup> ]	Sección de diseño [mm <sup>2</sup> ]	Intensidad máxima de la sección de diseño, Iz [A]	Interruptor automático In [A]
<b>Cuadro General</b>								
C1a	98,33	0,48	42	3	0,28	1,5	16,5	10
C1b	109,58	0,53	47	3	0,35	1,5	16,5	10
C1c	67,8	0,33	48	3	0,23	1,5	16,5	10
C2a	2070	10	39	5	2,11	2,5	23	16
C2b	1725	8,33	50	5	2,71	4	31	16
C9	3593,75	17,36	40	5	3,58	4	31	25
C12	576	2,78	60	3	0,01	1,5	16,5	10
<b>Subcuadro Cocina</b>								
C1a	38,25	0,18	14	1,5	0,07	1,5	16,5	10
C1b	42,3	0,20	5	1,5	0,03	1,5	16,5	10
C1c	26,4	0,13	13	1,5	0,05	1,5	16,5	10
C2	1207,5	5,83	24	3,5	1,87	2,5	23	16
C3	4050	19,57	10	3,5	1,22	4	31	25

Subcuadro Baños								
C1	117,15	0,57	15	1,5	0,24	1,5	16,5	10
C2	2760	13,33	19	3,5	1,44	2,5	23	16
Subcuadro Aula 1								
C1a	35,7	0,17	11	1,5	0,05	1,5	16,5	10
C1b	35,7	0,17	10	1,5	0,05	1,5	16,5	10
C2	1035	5	21	3,5	1,61	2,5	23	16
Subcuadro Aula 2								
C1a	33,75	0,16	11	1,5	0,05	1,5	16,5	10
C1b	33,75	0,16	10	1,5	0,05	1,5	16,5	10
C1c	12,75	0,06	3	1,5	0,01	1,5	16,5	10
C2	1035	5	21	3,5	1,61	2,5	23	16
Subcuadro ACS								
C1	13,2	0,06	4	1,5	0,01	1,5	16,5	10
C2	99	0,48	10	3,5	0,03	2,5	23	16
Subcuadro Hall								
C1a	39,6	0,19	16	1,5	0,09	1,5	16,5	10
C1b	39,6	0,19	13	1,5	0,07	1,5	16,5	10
C1c	39,6	0,19	18	1,5	0,10	1,5	16,5	10
C2	345	1,67	18	3,5	1,39	2,5	23	16

En la tabla anterior se han calculado las secciones de los conductores para que cumplan el requisito de intensidad y caída de tensión máxima admisible. Los interruptores automáticos se han dimensionado para que cumplir las condiciones establecidas en la ITC-BT-22.

A continuación, se muestran los cálculos de las intensidades de cortocircuito para establecer las características mínimas de los dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos y el diámetro del tubo que alberga los conductores según la ITC-BT-21.

Tabla 50. Cálculo de las intensidades de cortocircuito y diámetros de tubo de los conductores de los circuitos interiores.

Circuito	Intensidad Prevista, I <sub>b</sub> [A]	Intensidad máxima de la sección de diseño, I <sub>z</sub> [A]	Interruptor automático I <sub>n</sub> [A]	Longitud de la línea [m]	S [mm <sup>2</sup> ]	R [Ω]	I <sub>cc</sub> [A]	I <sub>m</sub> [A]	D [mm]
<b>Cuadro General</b>									
C1a	0,48	16,5	10	42	1,5	0,522	352,49	100	16
C1b	0,53	16,5	10	47	1,5	0,582	316,41	100	16
C1c	0,33	16,5	10	48	1,5	0,593	310,06	100	16
C2a	10	23	16	39	2,5	0,301	612,17	160	20
C2b	8,33	31	16	50	4	0,245	750,36	160	20
C9	17,36	31	25	25	4	0,134	1377,17	250	20
C12	2,78	16,5	10	40	1,5	0,498	369,34	100	16
<b>Subcuadro Cocina</b>									
C1a	0,18	16,5	10	14	1,5	0,237	777,46	100	16
C1b	0,20	16,5	10	5	1,5	0,130	1420,59	100	16
C1c	0,13	16,5	10	13	1,5	0,225	818,64	100	16
C2	5,83	23	16	24	2,5	0,241	762,13	160	20
C3	19,57	31	25	10	4	0,115	1604,98	250	20
<b>Subcuadro Baños</b>									
C1	0,57	16,5	10	15	1,5	0,305	604,13	100	16
C2	13,33	23	16	19	2,5	0,262	703,06	160	20
<b>Subcuadro Aula 1</b>									
C1a	0,17	16,5	10	11	1,5	0,324	567,98	100	16
C1b	0,17	16,5	10	10	1,5	0,312	589,65	100	16
C2	5	23	16	21	2,5	0,343	536,44	160	20
<b>Subcuadro Aula 2</b>									
C1a	0,16	16,5	10	11	1,5	0,206	893,41	100	16
C1b	0,16	16,5	10	10	1,5	0,194	948,22	100	16
C1c	0,06	16,5	10	3	1,5	0,111	1661,94	100	16
C2	5	23	16	21	2,5	0,225	817,78	160	20

Subcuadro ACS									
C1	0,06	16,5	10	4	1,5	0,288	639,74	100	16
C2	0,48	23	16	10	2,5	0,311	590,83	160	20
Subcuadro Hall									
C1a	0,19	16,5	10	16	1,5	0,281	653,70	100	16
C1b	0,19	16,5	10	13	1,5	0,246	748,69	100	16
C1c	0,19	16,5	10	18	1,5	0,305	602,71	100	16
C2	1,67	23	16	18	2,5	0,220	838,00	160	20

Las longitudes en las tablas anteriores corresponden al receptor más alejado en el circuito, y los parámetros de las tablas se han calculado usando el mismo procedimiento utilizado en los apartados anteriores.

Se comprueba por último las caídas de tensión para la intensidad nominal de los automáticos seleccionados, y las secciones elegidas (el caso más desfavorable).

Tabla 51. Comprobación caída de tensión caso más desfavorable.

	Circuito/Línea	I <sub>n</sub> [A]	L [m]	S [mm <sup>2</sup> ]	e <sub>calculo</sub> (%)	e <sub>límite</sub> (%)	Tipo	¿Cumple?
Cuadro general	C1a	10	42	1,5	3,91	3	Monof	N
	C1b	10	47	1,5	4,38	3	Monof	N
	C1c	10	48	1,5	4,47	3	Monof	N
	C2a	16	39	1,5	5,81	5	Monof	N
	C2b	16	50	4	2,80	5	Monof	S
	C9	25	25	4	2,18	5	Monof	S
	C12	10	40	1,5	3,73	5	Monof	S
	L1	32	27	10	1,21	1,5	Monof	S
	L2	16	15	2,5	0,67	1,5	Monof	S
	L3	16	14	1,5	1,04	1,5	Monof	S
	L4	16	4	1,5	0,30	1,5	Monof	S
	L5	16	18	1,5	1,34	1,5	Monof	S
L6	16	6	1,5	0,45	1,5	Monof	S	

Subcuadro Cocina	C1a	10	14	1,5	1,30	1,5	Monof	S
	C1b	10	5	1,5	0,47	1,5	Monof	S
	C1c	10	13	1,5	1,21	1,5	Monof	S
	C2	16	24	2,5	2,15	3,5	Monof	S
	C3	25	10	4	0,87	3,5	Monof	S
Subcuadro Baños	C1	10	15	1,5	1,40	1,5	Monof	S
	C2	16	19	2,5	1,70	3,5	Monof	S
Subcuadro Aula 1	C1a	10	11	1,5	1,02	1,5	Monof	S
	C1b	10	10	1,5	0,93	1,5	Monof	S
	C2	16	21	2,5	1,88	3,5	Monof	S
Subcuadro Aula 2	C1a	10	11	1,5	1,02	1,5	Monof	S
	C1b	10	10	1,5	0,93	1,5	Monof	S
	C1c	10	3	1,5	0,28	1,5	Monof	S
	C2	16	21	2,5	1,88	3,5	Monof	S
Subcuadro ACS	C1	10	4	1,5	0,37	1,5	Monof	S
	C2	16	10	2,5	0,89	3,5	Monof	S
Subcuadro Hall	C1a	10	16	1,5	1,49	1,5	Monof	S
	C1b	10	13	1,5	1,21	1,5	Monof	S
	C1c	10	18	1,5	1,68	1,5	Monof	N
	C2	16	18	2,5	1,61	3,5	Monof	S

Se observa que no todos los conductores satisfacen la condición de caída de tensión máxima para el caso más desfavorable, por ello se aumenta la sección de los cables para reducir la caída de tensión. Entonces, la sección final de los cables será:

Tabla 52. Secciones finales para caída de tensión más desfavorable.

	Circuito/Línea	I <sub>n</sub> [A]	L [m]	S [mm <sup>2</sup> ]	e <sub>calculado</sub> (%)	e <sub>límite</sub> (%)	Tipo	¿Cumple?
Cuadro general	C1a	10	42	2,5	2,35	3	Monof	S
	C1b	10	47	2,5	2,63	3	Monof	S
	C1c	10	48	2,5	2,68	3	Monof	S
	C2a	16	39	2,5	3,49	5	Monof	S

	C2b	16	50	4	2,80	5	Monof	S
	C9	25	25	4	2,18	5	Monof	S
	C12	10	40	1,5	3,73	5	Monof	S
	L1	32	27	10	1,21	1,5	Monof	S
	L2	16	15	2,5	0,67	1,5	Monof	S
	L3	16	14	1,5	1,04	1,5	Monof	S
	L4	16	4	1,5	0,30	1,5	Monof	S
	L5	16	18	1,5	1,34	1,5	Monof	S
	L6	16	6	1,5	0,45	1,5	Monof	S
Subcuadro Cocina	C1a	10	14	1,5	1,30	1,5	Monof	S
	C1b	10	5	1,5	0,47	1,5	Monof	S
	C1c	10	13	1,5	1,21	1,5	Monof	S
	C2	16	24	2,5	2,15	3,5	Monof	S
	C3	25	10	4	0,87	3,5	Monof	S
Subcuadro Baños	C1	10	15	1,5	1,40	1,5	Monof	S
	C2	16	19	2,5	1,70	3,5	Monof	S
Subcuadro Aula 1	C1a	10	11	1,5	1,02	1,5	Monof	S
	C1b	10	10	1,5	0,93	1,5	Monof	S
	C2	16	21	2,5	1,88	3,5	Monof	S
Subcuadro Aula 2	C1a	10	11	1,5	1,02	1,5	Monof	S
	C1b	10	10	1,5	0,93	1,5	Monof	S
	C1c	10	3	1,5	0,28	1,5	Monof	S
	C2	16	21	2,5	1,88	3,5	Monof	S
Subcuadro ACS	C1	10	4	1,5	0,37	1,5	Monof	S
	C2	16	10	2,5	0,89	3,5	Monof	S
Subcuadro Hall	C1a	10	16	1,5	1,49	1,5	Monof	S
	C1b	10	13	1,5	1,21	1,5	Monof	S
	C1c	10	18	2,5	1,01	1,5	Monof	S
	C2	16	18	2,5	1,61	3,5	Monof	S

Los cálculos de la caída de tensión se han hecho para la temperatura máxima del polietileno reticulado (XLPE), que es 90°C, utilizándose así la conductividad del cobre a esa temperatura

que es  $44 \text{ [m}/\Omega \cdot \text{mm}^2]$ . Éstos cálculos se consideran también válidos para un aislamiento de PVC, con una temperatura máxima de trabajo de  $70^\circ\text{C}$ , al que corresponde una conductividad de  $48 \text{ [m}/\Omega \cdot \text{mm}^2]$ , porque la sección obtenida con el cálculo para XLPE resulta en una sección mayor garantizando que el límite de caída de tensión no se supera. El cálculo con aislamiento de PVC resulta en una sección de cálculo un 8% menor que la calculada para aislamiento de XLPE.

## 9. Protecciones generales.

Las protecciones generales de una instalación de baja tensión se definen en la ITC-BT-17 del REBT que establece que, como mínimo, los dispositivos generales e individuales de mando y protección serán:

- Un interruptor general automático (IGA) de corte omnipolar, que permita su accionamiento manual y esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos. Éste interruptor es independiente del interruptor de control de potencia.
- Un interruptor diferencial general, destinado a la protección de contactos indirectos de todos los circuitos.
- Dispositivos de corte omnipolar (PIAs), destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores de la vivienda o local.
- Dispositivo de protección contra sobretensiones, si fuese necesario.

Antes de atender a las medidas de protección, toda instalación de suministro de baja tensión hasta 63 A de intensidad, tienen la potencia demandada por el usuario controlada por la empresa suministradora mediante un interruptor de control de potencia (ICP). Para la potencia demanda por la instalación se decide contratar una potencia de 22170 W que se suministran por alimentación trifásica a través de la derivación individual.

Tabla 53. Suministros comerciales e industriales; factor de potencia = 0,8 (Normas Particulares UNELCO ENDESA).

INTENSIDAD NOMINAL	POTENCIA A CONTRATAR (WATIOS)		
	2 X 230	3 X 230	3 X 400
1,5	276	478	831
3,0	552	956	1.663
3,5	644	1.115	1.940
5,0	920	1.593	2.771
7,5	1.380	2.390	4.157
10,0	1.840	3.187	5.542
15,0	2.760	4.780	8.314
20,0	3.680	6.374	11.085
25,0	4.600	7.967	13.856
30,0	5.520	9.561	16.627
35,0	6.440	11.154	19.398
40,0	7.360	12.748	22.170
45,0	8.280	14.341	24.941
50,0	9.200	15.934	27.712
63,0	11.592	20.077	34.917

La potencia contratada equivale a un ICP de 40 A. El interruptor general automático de corte omnipolar, de acuerdo con el ICP, será de 40 A, y su poder de corte de 8,5 kA de acuerdo a la intensidad de cortocircuito calculada en la derivación individual.

Los circuitos estarán protegidos ante los contactos indirectos mediante interruptores diferenciales. Se describen sus características en la siguiente tabla:

Tabla 54. Diferenciales de la instalación.

Diferencial	Cuadro	In [A]	Tipo	Sensibilidad	Circuitos protegidos
A	General	40	Trifásico	300 mA	Toda la instalación
B	Cocina	25	Monofásico	30 mA	Circuitos subcuadro cocina
C	Baños	25	Monofásico	30 mA	Circuitos subcuadro Baños
D	Aula 1	25	Monofásico	30 mA	Circuitos subcuadro Aula 1
E	Aula 2	25	Monofásico	30 mA	Circuitos subcuadro Aula 2
F	ACS	25	Monofásico	30 mA	Circuitos subcuadro ACS
G	Hall	25	Monofásico	30 mA	Circuitos subcuadro Hall

En cuanto a la protección contra sobretensiones, al ser canarias un territorio donde los días de tormenta al año son menores a 20, y estudiando los casos en los que es obligatorio instalar

protección contra sobretensiones según REBT ITC-BT-23, en éste caso no es obligatorio ni recomendable. Sin embargo, se instalará una protección de sobretensiones de categoría III para proteger los circuitos en caso de sobretensiones transitorias o permanentes.

## **10. Características de los materiales y canalizaciones eléctricas frente al fuego.**

Los tubos cumplirán con lo establecido en la ITC-BT-21. El material de los tubos será no propagador de llama.

## **11. Puesta a tierra.**

La puesta a tierra se establece con el objetivo principal de limitar la tensión que, con respecto a tierra, pueden presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora perteneciente al mismo mediante una toma de tierra con un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo.

El parámetro que se calculará será el de la resistencia en ohmios de la puesta a tierra del edificio. Éste valor tiene que ser tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

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

La puesta a tierra de la instalación se realizará con picas metálicas verticales, y su resistencia viene dada por la siguiente expresión:

$$R = \frac{\rho}{L}$$

Siendo:

- $\rho$ , la resistividad media del terreno [ $\Omega \cdot m$ ].
- $L$ , la longitud de la pica [m].

Se utilizarán picas de 2 metros y tomando de la ITC-BT-18 un valor medio de 500 [ $\Omega \cdot m$ ] para la resistividad en terraplenes. La resistencia sería:

$$R = \frac{\rho}{L} = \frac{500}{2} = 250 \Omega$$

Si se quisiese reducir el valor de la tierra se podrían colocar varias picas en paralelo. Antes de hacer eso, se comprueba si una pica de 250 ohmios cumple el requisito de no sobrepasar en ningún caso la tensión de contacto límite convencional.

$$V_{\text{contacto}} \geq R_a \cdot I_a$$

Siendo:

- $V_{\text{contacto}}$ , tensión de contacto convencional (24 V o 50 V según la instalación).
- $R_a$ , resistencia a tierra de la instalación receptora [ $\Omega$ ].
- $I_a$ , corriente que asegura el funcionamiento automático de protección (corriente diferencial-residual asignada). En éste caso serán 300 mA, la mayor sensibilidad de los diferenciales.

$$50 \geq 250 \cdot 0,3 = 75$$

Como se observa, no cumple para el caso de instalaciones en general.

Para corregir esto se reducirá la resistencia total de la instalación a 25 ohmios colocando 10 picas en paralelo separadas cuatro metros entre sí según indica la ITC-BT-18.

$$\frac{1}{R_a} = \frac{n}{R} = \frac{10}{250} \rightarrow R_a = 25 \Omega$$

Siendo:

- $n$ , número de picas
- $R$ , resistencia de la pica [ $\Omega$ ].
- $R_a$ , resistencia total de la puesta a tierra [ $\Omega$ ].

Con ésta reducción se cumple la condición de no sobrepasar la tensión de contacto.

## 12. Características de la instalación.

Tabla 55. Resumen características de la instalación interior.

	Circuito/Línea	Cable	Aislamiento	I <sub>n</sub> [A]	L [m]	S [mm <sup>2</sup> ]	P [W]	D <sub>tubo</sub> [mm]	Tipo	Método de instalación
	LGA	RZ1-K (As)	XLPE	40	10	10	19279,71	90	Trif	Enterrado bajo tubo
	DI	RZ1-K (As)	XLPE	40	2,5	10	19279,71	32	Trif	B1
Cuadro general	C1a	H07V-K	PVC	10	42	2,5	98,33	20	Monof	B1
	C1b	H07V-K	PVC	10	47	2,5	109,58	20	Monof	B1
	C1c	H07V-K	PVC	10	48	2,5	67,8	20	Monof	B1
	C2a	H07V-K	PVC	16	39	2,5	2070	20	Monof	B1
	C2b	H07V-K	PVC	16	50	4	1725	20	Monof	B1
	C9	H07V-K	PVC	25	25	4	3593,75	20	Monof	B1
	C12	H07V-K	PVC	10	40	1,5	576	16	Monof	B1
	L1	H07V-K	PVC	32	27	10	5364,45	25	Monof	B1
	L2	H07V-K	PVC	16	15	2,5	2877,15	25	Monof	B1
	L3	H07V-K	PVC	16	14	1,5	1106,40	25	Monof	B1
	L4	H07V-K	PVC	16	4	1,5	1115,25	25	Monof	B1
	L5	H07V-K	PVC	16	18	1,5	211,20	25	Monof	B1
L6	H07V-K	PVC	16	6	1,5	463,80	25	Monof	B1	
Subcuadro Cocina	C1a	H07V-K	PVC	10	14	1,5	38,25	16	Monof	B1
	C1b	H07V-K	PVC	10	5	1,5	42,3	16	Monof	B1
	C1c	H07V-K	PVC	10	13	1,5	26,4	16	Monof	B1
	C2	H07V-K	PVC	16	24	2,5	1207,5	20	Monof	B1
	C3	H07V-K	PVC	25	10	4	4050	20	Monof	B1
Subcuadro Baños	C1	H07V-K	PVC	10	15	1,5	117,15	16	Monof	B1
	C2	H07V-K	PVC	16	19	2,5	2760	20	Monof	B1
Subcuadro Aula 1	C1a	H07V-K	PVC	10	11	1,5	35,7	16	Monof	B1
	C1b	H07V-K	PVC	10	10	1,5	35,7	16	Monof	B1
	C2	H07V-K	PVC	16	21	2,5	1035	20	Monof	B1
Subcuadro Aula 2	C1a	H07V-K	PVC	10	11	1,5	33,75	16	Monof	B1
	C1b	H07V-K	PVC	10	10	1,5	33,75	16	Monof	B1
	C1c	H07V-K	PVC	10	3	1,5	12,75	16	Monof	B1
	C2	H07V-K	PVC	16	21	2,5	1035	20	Monof	B1
Subcuadro ACS	C1	H07V-K	PVC	10	4	1,5	13,2	16	Monof	B1
	C2	H07V-K	PVC	16	10	2,5	99	20	Monof	B1
Subcuadro Hall	C1a	H07V-K	PVC	10	16	1,5	39,6	16	Monof	B1
	C1b	H07V-K	PVC	10	13	1,5	39,6	16	Monof	B1
	C1c	H07V-K	PVC	10	18	2,5	39,6	20	Monof	B1
	C2	H07V-K	PVC	16	18	2,5	345	20	Monof	B1

Tras efectuar los cálculos a mano, se ha comprobado con el software CYPELEC 2013. La tabla anterior resume los resultados más importantes de la instalación, que también pueden observarse en el esquema unifilar de la instalación contenido en la sección de planos del presente proyecto.



# Anexo 2: Cálculos de la instalación de iluminación.

## Índice.

1. Método de cálculo.....	100
2. Criterios de diseño.....	100
2.1. Criterios establecidos en el CTE DB HE3.....	100
2.2. Criterios establecidos en la UNE EN 12464-1.....	101
2.3. Criterios establecidos en el CTE-DB-SUA 4.....	104
2.4. Criterios establecidos en el REBT. ....	104
3. Comprobación de la instalación de alumbrado interior.....	106
4. Comprobación de las condiciones del alumbrado de emergencia. ....	107
5. Luminarias. ....	108
6. Características de la instalación. ....	110

## 1. Método de cálculo.

Para el cálculo de la instalación de iluminación del edificio de estudio se ha utilizado el software DIALUX EVO. Éste programa permite hacer un modelo tridimensional del edificio y establecer el mobiliario y los materiales de las superficies que se iluminan.

El software DIALUX EVO se ha usado tanto para el cálculo de la iluminación interior como la iluminación de emergencia.

## 2. Criterios de diseño.

Para el diseño de la iluminación interior se debe cumplir con lo que establece el CTE DB HE3 y la norma UNE 12464-1. Para la iluminación de emergencia se debe cumplir lo dispuesto en la ITC-BT-28 del REBT.

### 2.1. Criterios establecidos en el CTE DB HE3.

El CTE establece unos valores máximos para el valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI), y la potencia instalada en iluminación.

Tabla 56. Valores límite VEEI (CTE DB HE3).

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

Tabla 57. Potencia máxima de iluminación (CTE DB HE 3).

Uso del edificio	Potencia máxima instalada [W/m <sup>2</sup> ]
Administrativo	12
Aparcamiento	5
Comercial	15
Docente	15
Hospitalario	15
Restauración	18
Auditorios, teatros, cines	15
Residencial Público	12
Otros	10
Edificios con nivel de iluminación superior a 600lux	25

Definiéndose el valor de eficiencia energética de la instalación como:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$$

Siendo:

- P, potencia de la lámpara más el equipo auxiliar [W].
- S, superficie iluminada [m<sup>2</sup>].
- E<sub>m</sub>, la iluminancia media horizontal mantenida [lux].

## 2.2. Criterios establecidos en la UNE EN 12464-1.

La norma UNE EN 12464-1 “Iluminación de los lugares de trabajo en interior”, especifica los requisitos de iluminación para lugares de trabajo en interiores, que satisfacen las necesidades de confort y prestaciones visuales. Ésta norma se adoptó como de obligado cumplimiento en los estados miembros de la Unión Europea para cumplir la directiva 2002/91/CE relativa a la eficiencia energética de los edificios.

Los requisitos de iluminación son determinados por la satisfacción de tres necesidades humanas básicas:

- Confort visual, que proporciona una sensación de bienestar a los trabajadores.
- Prestaciones visuales, que permiten a los trabajadores realizar tareas visuales, incluso en circunstancias difíciles y durante periodos largos de tiempo.
- Seguridad.

Los parámetros cuyas mediciones permiten la comprobación de las condiciones que se deben satisfacer según la UNE 12464-1 son:

- Iluminancia media en el plano horizontal ( $E$ ), iluminancia (cantidad de flujo luminoso) promedio sobre el área especificada. Se expresa en lux.
- Iluminancia media horizontal mantenida ( $E_m$ ), valor por debajo del cual no debe descender la iluminancia media en el área especificada. Viene establecido en la UNE EN 12464-1 según el tipo de interior, tarea y actividad.
- Índice de deslumbramiento unificado (UGR), es el índice de deslumbramiento molesto procedente directamente de las luminarias de una instalación de iluminación interior.
- Índice de rendimiento de color ( $R_a$ ), efecto de un iluminante sobre el aspecto cromático de los objetos que ilumina por comparación con su aspecto bajo un iluminante de referencia. La forma en que la luz de una lámpara reproduce los colores de los objetos iluminados se denomina índice de rendimiento de color ( $R_a$ ).

Los límites establecidos por la UNE EN 12464-1 para el caso de estudio, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 58. Requisitos de iluminación para centros educativos.

Tipo de interior, tarea y actividad	$\bar{E}_m$ lux	UGR <sub>L</sub>	$R_a$	Observaciones
Aulas, aulas de tutoría	300	19	80	La iluminación debería ser controlable
Aulas para clases nocturnas y educación de adultos	500	19	80	La iluminación debería ser controlable
Sala de lectura	500	19	80	La iluminación debería ser controlable
Pizarra	500	19	80	Evitar reflexiones especulares
Mesa de demostraciones	500	19	80	En salas de lectura 750 lux
Aulas de arte	500	19	80	
Aulas de arte en escuelas de arte	750	19	90	$T_{cp} \geq 5\ 000\ K$
Aulas de dibujo técnico	750	16	80	
Aulas de prácticas y laboratorios	500	19	80	
Aulas de manualidades	500	19	80	
Talleres de enseñanza	500	19	80	
Aulas de prácticas de música	300	19	80	
Aulas de prácticas de informática	300	19	80	Trabajo con EPV: véase el apartado 4.11
Laboratorio de lenguas	300	19	80	
Aulas de preparación y talleres	500	22	80	
Halls de entrada	200	22	80	
Áreas de circulación, pasillos	100	25	80	
Escaleras	150	25	80	
Aulas comunes de estudio y aulas de reunión	200	22	80	
Salas de profesores	300	19	80	
Biblioteca: estanterías	200	19	80	
Biblioteca: salas de lectura	500	19	80	
Almacenes de material de profesores	100	25	80	
Salas de deportes, gimnasios, piscinas (uso general)	300	22	80	Para actividades más específicas, se deben usar los requisitos de la Norma EN 12193
Cantinas escolares	200	22	80	
Cocina	500	22	80	

Tabla 59. Requisitos de iluminación e zonas de tráfico.

Tipo de interior, tarea y actividad	$\bar{E}_m$ lux	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Observaciones
Áreas de circulación y pasillos	100	28	40	1 Iluminancia al nivel del suelo 2 R <sub>a</sub> y UGR similares a áreas adyacentes 3 150 lux si hay vehículos en el recorrido 4 El alumbrado de salidas y entradas debe proporcionar una zona de transición para evitar cambios repentinos en iluminancia entre interior y exterior de día o de noche 5 Debería tenerse cuidado para evitar el deslumbramiento de conductor y peatones
Escaleras, escaleras automáticas, cintas transportadoras	150	25	40	
Rampas/tramos de carga	150	25	40	

Tabla 60. Requisitos de iluminación en salas de control.

Tipo de interior, tarea y actividad	$\bar{E}_m$ lux	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Observaciones
Salas de material, salas de mecanismos	200	25	60	
Sala de fax, correos, cuadro de contadores	500	19	80	

Tabla 61. Requisitos de iluminación en oficinas.

Tipo de interior, tarea y actividad	$\bar{E}_m$ lux	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Observaciones
Archivo, copias, etc.	300	19	80	
Escritura, escritura a máquina, lectura, tratamiento de datos	500	19	80	Trabajo en EPV: véase el apartado 4.11
Dibujo técnico	750	16	80	
Puestos de trabajo de CAD	500	19	80	Trabajo en EPV: véase el apartado 4.11
Salas de conferencias y reuniones	500	19	80	La iluminación debería ser controlable
Mostrador de recepción	300	22	80	
Archivos	200	25	80	

Tabla 62. Requisitos de iluminación en salas de descanso, sanitarias y de atención médica.

Tipo de interior, tarea y actividad	$\bar{E}_m$ lux	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Observaciones
Cantinas, despensas	200	22	80	
Salas de descanso	100	22	80	
Salas para ejercicio físico	300	22	80	
Vestuarios, salas de lavado, cuartos de baño, servicios	200	25	80	
Enfermería	500	19	80	
Salas para atención médica	500	16	90	T <sub>CP</sub> ≥ 4 000 K

Además, para las zonas de tarea visual se establecen éstas condiciones en la norma:

Tabla 63. Uniformidades y relación entre iluminancias de áreas circundantes inmediatas al área de tarea.

Iluminancia de tarea lux	Iluminancia de áreas circundantes inmediatas lux
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	$E_{\text{tarea}}$
Uniformidad: ≥ 0,7	Uniformidad: ≥ 0,5

### 2.3. Criterios establecidos en el CTE-DB-SUA 4.

En éste documento se establece como criterio para el alumbrado normal en zonas de circulación una iluminancia mínima de 100 lux para zonas interiores y un factor de uniformidad media del 40 % como mínimo.

Se define factor de uniformidad media (F), como el cociente entre la iluminancia mínima y la iluminancia media de la zona de cálculo.

### 2.4. Criterios establecidos en el REBT.

Al tratarse de un centro de enseñanza, el REBT lo considera local de pública concurrencia si la ocupación prevista es superior a 50 personas ajenas al local. En el caso de estudio se considerará local de pública concurrencia.

Todos los locales de pública concurrencia deberán disponer de alumbrado de emergencia. En éste caso no serán necesarios un suministro de socorro o un suministro de reserva.

El alumbrado de emergencia se puede dividir en dos tipos:

- Alumbrado de seguridad, que garantiza la seguridad de las personas que evacuen una zona o que tienen que terminar un trabajo potencialmente peligroso antes de abandonar la zona.
- Alumbrado de reemplazamiento, que permite la continuidad de las actividades normales

En este caso sólo se utilizará alumbrado de seguridad, que a su vez se puede clasificar en:

- Alumbrado de evacuación, es la parte del alumbrado de seguridad previsto para garantizar el reconocimiento y la utilización de los medios o rutas de evacuación cuando los locales estén o puedan estar ocupados.
- Alumbrado ambiente o anti-pánico, es la parte del alumbrado de seguridad prevista para evitar todo riesgo de pánico y proporcionar una iluminación ambiente adecuada que permita a los ocupantes identificar o acceder a las rutas de evacuación e identificar obstáculos.
- Alumbrado de zonas de alto riesgo, es la parte prevista para garantizar la seguridad de las personas ocupadas en actividades potencialmente peligrosas o que trabajan en un entorno peligroso.

En la instalación no hay zonas de alto riesgo, así que el alumbrado de emergencia se verificará para las condiciones de evacuación y anti-pánico, que son:

Tabla 64. Requisitos del alumbrado de seguridad (ITC-BT-28).

Requisitos del alumbrado de emergencia	
Evacuación	Anti-pánico
<ul style="list-style-type: none"> <li>• En rutas de evacuación, el alumbrado debe proporcionar, a nivel del suelo, y en el eje de los pasos principales, una iluminancia mínima de 1 lux. La relación entre la iluminancia máxima y mínima en el eje de los pasos principales será menor de 40</li> <li>• En los puntos en los que estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios que exijan una utilización manual, y en los cuadros de distribución del alumbrado, la iluminancia mínima será de 5 lux.</li> <li>• Deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de alimentación normal, como mínimo durante 1 hora, proporcionando la iluminancia prevista</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debe proporcionar una iluminancia horizontal mínima de 0,5 lux en todo el espacio considerado, desde el suelo hasta una altura de 1 m.</li> <li>• La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en todo el espacio considerado será menor de 40.</li> <li>• El alumbrado deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo durante 1 hora proporcionando la iluminancia prevista.</li> </ul>

### 3. Comprobación de la instalación de alumbrado interior.

La instalación de iluminación diseñada con DIALUX EVO se ha realizado siguiendo los criterios establecidos en el apartado 2 de éste anexo. A continuación, se muestran una comparativa de los resultados obtenidos y los valores límite según los criterios de diseño establecidos en las normas.

Tabla 65. Resumen de cálculos de DIALUX para iluminación interior. Comprobación de los requisitos de la norma UNE 12464-1.

Zona	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Potencia total [W]	E <sub>m</sub> [lux]	E <sub>m</sub> mín [lux]	UGR	UGR <sub>L</sub>	F	F <sub>mín</sub>	¿Cumple?	
Entrada	10,98	35,20	306	100	11,7	28	0,77	0,4	Sí	
Hall	143,98	316,8	310	200	13,1	22	0,72	0,4	Sí	
Biblioteca	47,87	146,8	316	200	17	19	0,53	0,4	Sí	
Cocina	17,08	77	581	500	13,5	22	0,66	0,4	Sí	
Cantina	72,91	191,2	265	200	16	22	0,67	0,4	Sí	
Sala de profesores	42,73	120	342	300	18	19	0,56	0,4	Sí	
Recepción Dirección	18,39	90	463	300	17,8	22	0,58	0,4	Sí	
Despacho Dirección	16,43	90	482	300	17,9	22	0,53	0,4	Sí	
Oficina	41,31	180	507	500	17	19	0,56	0,4	Sí	
Aula 1	64,45	190,4	405	300	15	19	0,54	0,4	Sí	
Aula 2	66,48	240	511	500	15	19	0,59	0,4	Sí	
Cuarto ACS	13,61	35,2	204	200	17,8	25	0,54	0,4	Sí	
Baños	Hombres	13,10	59,2	304	200	12,9	25	0,54	0,4	Sí
	Mujeres	12,79	59,2	308	200	12,8	25	0,54	0,4	Sí
	Profesores	2,38	17,6	253	200	<10	25	0,84	0,4	Sí
	Minusválidos	5,73	35,2	287	200	14	25	0,72	0,4	Sí
Vestuario	Hombres	7,56	33,6	366	200	15,1	25	0,59	0,4	Sí
	Mujeres	7,22	33,6	341	200	15,7	25	0,54	0,4	Sí
Cuarto de limpieza	2,03	8	114	100	<10	25	0,84	0,4	Sí	
Pasillo 1	12,60	35,2	321	100	12,1	28	0,83	0,4	Sí	
Pasillo 2	16,98	52,8	149	100	16,4	28	0,75	0,4	Sí	

Tabla 66. Resumen de cálculos de comprobación de los requisitos del CTE-DB-HE3.

Zona	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Potencia total [W]	E <sub>m</sub> [lux]	VEEI	VEEI <sub>L</sub>	¿Cumple?
Entrada	10,98	35,20	306	1,05	6	Sí
Hall	143,98	316,8	310	0,71	6	Sí
Biblioteca	47,87	146,8	316	0,97	5	Sí
Cocina	17,08	77	581	0,78	4	Sí

Cantina		72,91	191,2	265	1,09	4	Sí
Sala de profesores		42,73	120	342	0,82	4	Sí
Recepción Dirección		18,39	90	463	1,06	3	Sí
Despacho Dirección		16,43	90	482	1,14	3	Sí
Oficina		41,31	180	507	0,86	3	Sí
Aula 1		64,45	190,4	405	0,73	3,5	Sí
Aula 2		66,48	240	511	0,71	3,5	Sí
Cuarto ACS		13,61	35,2	204	1,27	4	Sí
Baños	Hombres	13,10	59,2	304	1,49	6	Sí
	Mujeres	12,79	59,2	308	1,50	6	Sí
	Profesores	2,38	17,6	253	2,92	6	Sí
	Minusválidos	5,73	35,2	287	2,14	6	Sí
Vestuario	Hombres	7,56	33,6	366	1,21	6	Sí
	Mujeres	7,22	33,6	341	1,36	6	Sí
Cuarto de limpieza		2,03	8	114	3,46	4	Sí
Pasillo 1		12,60	35,2	321	0,87	6	Sí
Pasillo 2		16,98	52,8	149	2,09	6	Sí
Superficie total [m <sup>2</sup> ]		Potencia total [W]	Potencia por unidad de superficie [W/m <sup>2</sup> ]	Uso del edificio	Potencia máxima instalada [W/m <sup>2</sup> ]	¿Cumple?	
651,65		2047	3,14	Docente	15	Sí	

#### 4. Comprobación de las condiciones del alumbrado de emergencia.

A continuación, se muestra una tabla resumen de los resultados obtenidos en DIALUX EVO para el alumbrado de emergencia.

Tabla 67. Resumen de resultados de dialux para el alumbrado de emergencia. Comprobación de los requisitos del ITC-BT-28.

Zona	$E_m$ [lux]	$E_{m\ min}$ [lux]	$E_{max}/E_{min}$	$(E_{max}/E_{min})_L$	¿Cumple?
Entrada	4,67	0,5	0,45	40	Sí
Hall	3,25	0,5	0,05	40	Sí
Biblioteca	1,93	0,5	0,01	40	Sí
Cocina	2,88	0,5	0,00	40	Sí
Cantina	1,75	0,5	0,00	40	Sí
Sala de profesores	2,47	0,5	0,00	40	Sí

Recepción Dirección		1,84	0,5	0,01	40	Sí
Despacho Dirección		1,69	0,5	0,01	40	Sí
Oficina		1,72	0,5	0,00	40	Sí
Aula 1		3,05	0,5	0,09	40	Sí
Aula 2		3,40	0,5	0,01	40	Sí
Cuarto ACS		4,05	0,5	0,13	40	Sí
Baños	Hombres	2,60	0,5	0,00	40	Sí
	Mujeres	2,69	0,5	0,00	40	Sí
	Profesores	2,09	0,5	0,00	40	Sí
	Minusválidos	2,07	0,5	0,00	40	Sí
Vestuario	Hombres	1,94	0,5	0,01	40	Sí
	Mujeres	2,03	0,5	0,05	40	Sí
Cuarto de limpieza		5,53	0,5	0,67	40	Sí
Pasillo 1		4,93	0,5	0,51	40	Sí
Pasillo 2		4,56	0,5	0,23	40	Sí
Extintores/Cuadros de distribución de alumbrado						
Extintor	$E_m$ [lux]	$E_m$ min [lux]	Cuadros	$E_m$ [lux]	$E_m$ min [lux]	¿Cumple?
Entrada	5,99	5	General	5,99	5	Sí
Cocina	5,38	5	Hall	6,07	5	Sí
Hall – 1	6,09	5	Cocina	6,28	5	Sí
Hall – 2	7,02	5	Aula 1	5,06	5	Sí
Pasillo 1	5,65	5	Aula 2	5,24	5	Sí
Pasillo 2	6,38	5	Baños	6,38	5	Sí
		5	ACS	6,46	5	Sí

## 5. Luminarias.

Para la instalación de iluminación del edificio se han elegido luminarias LED, tanto para el alumbrado interior como el de emergencia, porque pese a tener una inversión inicial superior, se considera que supondrán un ahorro a largo plazo. Las luminarias utilizadas en el diseño de la instalación son:

Tabla 68. Propiedades de las luminarias utilizadas en la instalación de iluminación.

Alumbrado interior				
Fabricante	Referencia	Potencia [W]	Flujo luminoso [lm]	Rendimiento lumínico [lm/W]
PHILLIPS	DN560B 1xLED8S/840 F	8	820	102,5
PHILLIPS	FBS120 1xPL- R/4P14W/840	17	1050	57
PHILLIPS	RC415B G2 PSD W15L125 1xLED20S/830	17,6	2000	113,5
PHILLIPS	RC461B G2 PSD W30L 120 1xLED40S/840	30	4000	133,2
Alumbrado de emergencia				
Fabricante	Referencia	Potencia [W]	Flujo luminoso [lm]	Rendimiento lumínico [lm/W]
LEGRAND	661620 URA ONE NM 70 LM 1H IP42 STD	8	70	8,7
LEGRAND	661621 URA ONE NM 100 LM 1H IP42 STD	8	100	12,5
LEGRAND	661622 URA ONE NM 160 LM 1H IP42 STD	8	160	20

Las luminarias de emergencia elegidas son aparatos autónomos no permanentes, y cumplen los requisitos de autonomía establecidos en la ITC-BT-28

## **6. Características de la instalación.**

La distribución de las luminarias, tanto las del alumbrado interior y las del alumbrado de emergencia, se muestra en los planos correspondientes en la sección de planos de éste documento.

Tanto para las luminarias de alumbrado interior como para las luminarias de emergencia se ha elegido un montaje sobre falso techo a 2,70 metros sobre el suelo.

# Anexo 3: Cálculos de la instalación de agua caliente sanitaria.

## Índice.

1.	Descripción del establecimiento. ....	113
1.1.	Emplazamiento. ....	113
1.2.	Características del edificio. ....	113
2.	Dimensionado del sistema de captación solar. ....	114
2.1.	Cálculo de la demanda de agua caliente sanitaria. ....	114
2.2.	Cálculo de la demanda energética. ....	116
2.3.	Cálculo de la radiación disponible en el plano inclinado de los captadores. ....	117
2.3.1.	Radiación disponible en el plano horizontal (H). ....	118
2.3.2.	Factor de corrección K para superficies inclinadas. ....	118
2.3.3.	Pérdidas por orientación e inclinación (FI). ....	120
2.3.4.	Pérdidas por sombras (FS). ....	120
2.3.5.	Distancia mínima a objetos y separación entre filas de captadores. ....	125
2.3.6.	Radiación disponible. ....	126
2.4.	Predimensionado de la superficie de la superficie de captación. ....	126
2.5.	Elección de los captadores solares. ....	128
2.6.	Cantidad de captadores necesarios. ....	130
3.	Comprobación mediante el método F-Chart. ....	130
3.1.	Cálculo del parámetro $D_1$ . ....	132
3.2.	Cálculo del parámetro $D_2$ . ....	134
3.3.	Cálculo de los valores del parámetro f. ....	136
4.	Cálculo del interacumulador. ....	139
5.	Cálculo de tuberías y pérdidas de carga. ....	140
5.1.	Pérdidas de carga en los captadores y el intercambiador. ....	151
6.	Bombas circuladora. ....	152
7.	Cálculo del aislamiento de las tuberías. ....	154
8.	Cálculo del vaso de expansión. ....	155
9.	Cálculo del sistema de apoyo. ....	158



## 1. Descripción del establecimiento.

### 1.1. Emplazamiento.

El edificio objeto de estudio en éste proyecto se encuentra situado en la Avenida Islas Canarias nº2A, perteneciente a la provincia de Santa Cruz de Tenerife, España. A continuación, se indican las coordenadas del emplazamiento, así como una imagen de la ubicación del edificio.

Coordenadas geográficas:

- Latitud:  $28,47^{\circ} = 28^{\circ} 28' 12''$
- Longitud:  $-16,26^{\circ} = -16^{\circ} 15' 36''$



Figura 2. Ubicación del edificio (fuente: visor.grafcan.es)

### 1.2. Características del edificio.

El edificio de estudio está situado en el núcleo urbano de la ciudad de Santa Cruz de Tenerife y tiene dos edificios colindantes. El edificio tiene 4 metros de altura y  $651,65 \text{ m}^2$  de superficie útil. El edificio estará destinado a la enseñanza de disciplinas artísticas y su distribución se muestra en la siguiente figura.

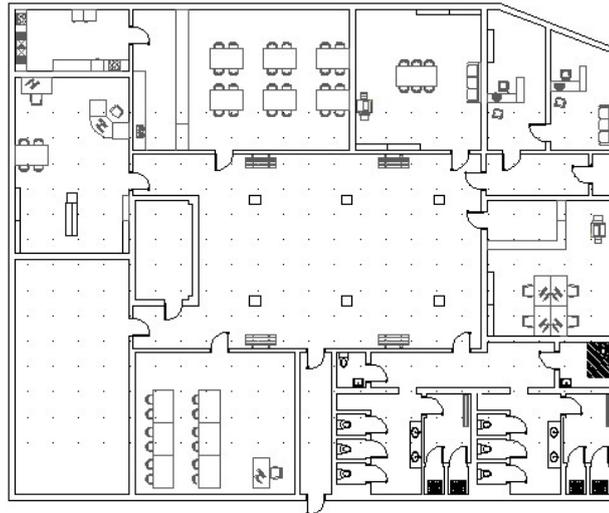


Figura 3. Distribución del edificio.

El plano de distribución también se incluye en el anexo “Planos”.

## 2. Dimensionado del sistema de captación solar.

### 2.1. Cálculo de la demanda de agua caliente sanitaria.

Para la estimación de la demanda de agua caliente sanitaria se utilizan los valores que aparecen en la siguiente tabla, que corresponden a los valores unitarios de demanda a una temperatura de referencia de 60°C.

Criterio de demanda	Litros/día·unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

Tabla 69. Demanda de ACS a 60°C de referencia. (fuente: CTE-DB-HE3, 2013, pg. 62)

El edificio de estudio debe seguir el criterio de demanda de *Escuela con ducha (C1)*, y también el de *Cafeterías (C2)*. Se prevé un total de personal de 15 personas trabajando en el centro, un total de 36 alumnos simultáneos ocupando las dos aulas, y un máximo de 24 personas ocupando la cafetería. Según los criterios de la tabla el caudal total de agua caliente sanitaria diario será:

$$Cacs = C1 \cdot (\text{personal} + \text{alumnos}) + C2 \cdot \text{Aforo de la cafetería}$$

$$Cacs = 21 \left[ \frac{\text{litros}}{\text{día} \cdot \text{persona}} \right] \cdot (15 + 36) [\text{personas}] + 1 \left[ \frac{\text{litros}}{\text{día} \cdot \text{persona}} \right] \cdot 24 [\text{personas}]$$

$$Cacs = 1095 \left[ \frac{\text{litros}}{\text{día}} \right]$$

Se considera un consumo del 100% durante todo el año menos en los meses de julio y agosto que se considera un consumo del 85% ya que durante éstos meses la gente suele irse de vacaciones. Con los datos anteriores se calcula a continuación, la demanda mensual de agua caliente a lo largo del año.

Tabla 70. Cálculo de la demanda mensual de ACS a una Tª de referencia de 60°C.

Mes	Días	Consumo	C <sub>diario</sub>	C <sub>mensual</sub>
		%	litros/día	litros/mes
Enero	31	100	1095	33945
Febrero	28	100	1095	30660
Marzo	31	100	1095	33945
Abril	30	100	1095	32850
Mayo	31	100	1095	33945
Junio	30	100	1095	32850
Julio	31	85	930,75	28853,25
Agosto	31	85	930,75	28853,25
Septiembre	30	100	1095	32850
Octubre	31	100	1095	33945
Noviembre	30	100	1095	32850
Diciembre	31	100	1095	33945
C <sub>anual</sub> (litros/año)				389491,50

## 2.2. Cálculo de la demanda energética.

La demanda energética queda definida por la siguiente expresión.

$$Q_{acs} = C_e \cdot C_{acs} \cdot (T_{acs} - T_{red}) \cdot n$$

Donde:

- $C_e$ , calor específico del agua = 4,187 (kJ/kg·K)
- $C_{acs}$ , demanda diaria de agua caliente sanitaria (l/día)
- $T_{acs}$ , temperatura del agua caliente = 60°C
- $T_{red}$ , temperatura media mensual del agua de red, obtenida del CTE-DB-HE3 Apéndice B, pg. 69.

Tabla 71. Temperatura media mensual del agua de red en °C, en Santa Cruz de Tenerife.

Mes	$T_{red}$ (°C)
Enero	15
Febrero	15
Marzo	16
Abril	16
Mayo	17
Junio	18
Julio	20
Agosto	20
Septiembre	20
Octubre	18
Noviembre	17
Diciembre	16

Con éstos datos y haciendo uso de la ecuación de la demanda energética, la demanda energética mensual se sería:

Tabla 72. Resultados de cálculo de la demanda energética mensual.

Mes	T <sub>acs</sub> -T <sub>red</sub> (°C)	C <sub>mensual</sub> (litros/mes)	Q <sub>acs</sub> (MJ/mes)
Enero	45	33945	6396
Febrero	45	30660	5777
Marzo	44	33945	6254
Abril	44	32850	6052
Mayo	43	33945	6111
Junio	42	32850	5777
Julio	40	28853,25	4832
Agosto	40	28853,25	4832
Septiembre	40	32850	5502
Octubre	42	33945	5969
Noviembre	43	32850	5914
Diciembre	44	33945	6254
Q <sub>acs</sub> total (MJ/año)			69670

### 2.3. Cálculo de la radiación disponible en el plano inclinado de los captadores.

Para conocer la energía incidente en el plano de captación, se emplea la siguiente expresión:

$$RI = H \cdot K \cdot 0,94 \cdot FI \cdot FS$$

- RI, radiación disponible en el plano orientado e inclinado.
- H, energía que incide un día medio de cada mes sobre cada m<sup>2</sup> de superficie horizontal de captación.
- K, factor de corrección asociado a la inclinación de los captadores.
- El múltiplo 0,94 corresponde con el factor de histéresis, asociado a la regulación del sistema; pequeñas pérdidas asociadas a que no toda la energía captada en todo momento es aprovechada.
- FI, factor de corrección que cuantifica las pérdidas asociadas a la orientación e inclinación del captador.
- FS, factor de corrección que cuantifica las pérdidas asociadas a las sombras que existan sobre la instalación.

### 2.3.1. Radiación disponible en el plano horizontal (H).

La radiación disponible en el plano horizontal puede conocerse a través de tablas proporcionadas por distintos organismos como pueden ser la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) o el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE). En éste caso se ha usado la base de datos del IDAE contenida en el software CHEQ4, que proporciona el IDAE en <http://cheq4.idae.es/>.

Tabla 73. Radiación disponible en el plano horizontal por  $m^2$  y día, en el municipio de Santa Cruz de Tenerife, perteneciente a la provincia de Santa Cruz de Tenerife.

Mes	H (MJ/m <sup>2</sup> ·día)
Enero	12,5
Febrero	15,2
Marzo	18,1
Abril	22,0
Mayo	23,7
Junio	26,0
Julio	27,4
Agosto	25,3
Septiembre	21,2
Octubre	17,2
Noviembre	13,3
Diciembre	11,4
Promedio	19,4

### 2.3.2. Factor de corrección K para superficies inclinadas.

Representa el cociente entre la energía total incidente en un día sobre una superficie orientada hacia el ecuador e inclinada un determinado ángulo, y otra horizontal.

Los valores de éste factor se han obtenido de la base de datos de CENSOLAR, contenida en el Anexo II del libro *Energía Solar Térmica* (Javier Méndez Muñoz, Rafael Cuervo García, 2010).

Para una latitud de 28° y una inclinación de 35° que tendrán los captadores de acuerdo a los datos de la estructura de montaje proporcionados por el fabricante, la base de datos indica:

Tabla 74. Factor de corrección K para una latitud de 28° e inclinación de 35°

Latitud = 28°	Inclinación = 35 °
MES	Factor K
Enero	1,23
Febrero	1,16
Marzo	1,06
Abril	0,96
Mayo	0,88
Junio	0,85
Julio	0,88
Agosto	0,96
Septiembre	1,08
Octubre	1,21
Noviembre	1,29
Diciembre	1,29

Como la latitud del edificio es 28,47° hay que buscar en la base de datos los valores de la latitud superior más cercana a 28° e interpolar para obtener los valores del factor K para 28,47°. El valor en la base de datos más cercano corresponde a la latitud 29°.

Tabla 75. Factor de corrección K para una latitud de 29° e inclinación de 35°

Latitud = 29°	Inclinación = 35 °
MES	Factor K
Enero	1,24
Febrero	1,17
Marzo	1,07
Abril	0,97
Mayo	0,89
Junio	0,86
Julio	0,89
Agosto	0,97
Septiembre	1,09
Octubre	1,22

Noviembre	1,3
Diciembre	1,3

Como se puede observar, la diferencia entre los valores de ambas tablas es de una centésima, por lo tanto, se considera la interpolación innecesaria. Se tomarán los correspondientes a la latitud de 28° porque al ser menores se consideran más restrictivos.

### 2.3.3. Pérdidas por orientación e inclinación (FI).

Dependiendo de la inclinación y orientación real de los captadores se tendrá un porcentaje de pérdidas. Para una inclinación del captador entre 15° y 90°, las pérdidas se pueden estimar mediante la siguiente expresión:

$$Pérdidas(\%) = 100 \cdot [1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha]$$

- $\beta$ , inclinación real de los captadores = 35°
- $\beta_{opt}$ , inclinación óptima en función del lugar y período de utilización de los captadores. Como la demanda es constante anual, corresponde con la latitud = 28,47°
- $\alpha$ , orientación o acimut de los captadores = 5°.

Con los datos conocidos sobre la inclinación y orientación de los captadores, el porcentaje de pérdidas asociado es:

$$Pérdidas(\%) = 100 \cdot [1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (35 - 28,47)^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot 5]$$

$$Pérdidas(\%) = 0,6 < 10\% \text{ (pérdida límite establecida por el CTE para el caso de estudio)}$$

Por tanto, el factor de corrección FI es igual a 0,994

$$FI = \frac{100 - 0,6}{100} = 0,994$$

### 2.3.4. Pérdidas por sombras (FS).

El edificio está rodeado por edificios que inevitablemente proyectan sombras sobre los captadores. Para evaluar las pérdidas por sombras se sigue el método descrito en el CTE-DB-HE. A continuación, se muestra una representación de la cubierta del edificio y las distancias de los generadores de sombras a el centro de la superficie de captación.

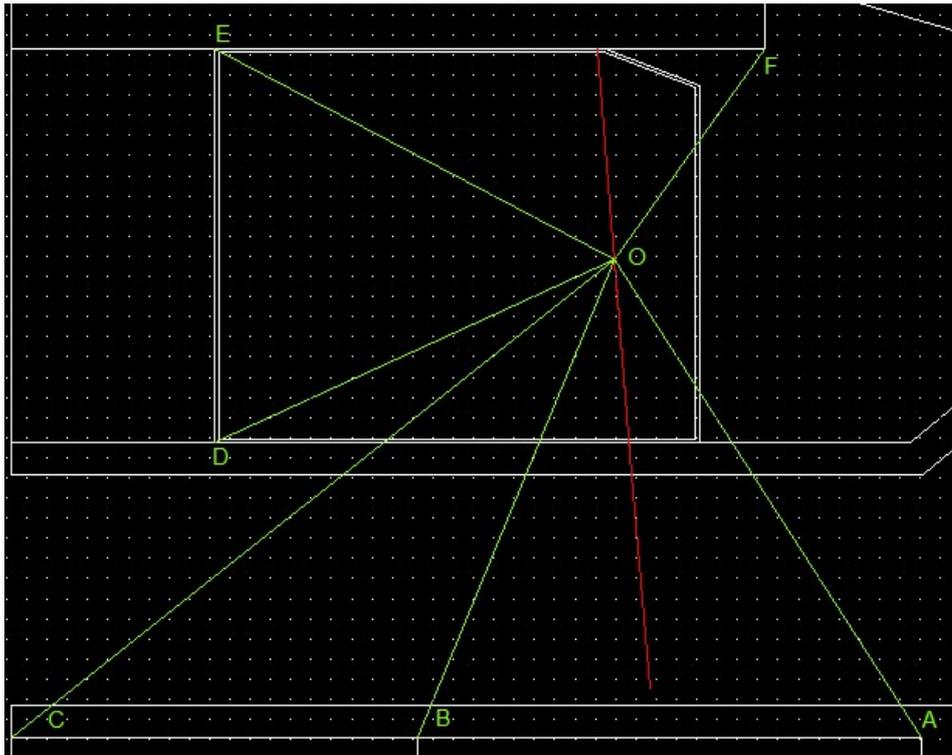


Figura 4. Distancias desde los generadores de sombras al centro de la superficie de captación.

Los valores de las distancias de la figura se recogen en la siguiente tabla.

Tabla 76. Distancias del perfil de obstáculos.

Longitud	Metros
OA	35,11
OB	32,07
OC	47,52
OD	27,09
OE	27,87
OF	16,05

Por otro lado, también son necesarios los ángulos que forman dichas distancias con el sur geográfico (representado por la línea roja). En la siguiente figura se muestran los valores de los ángulos.

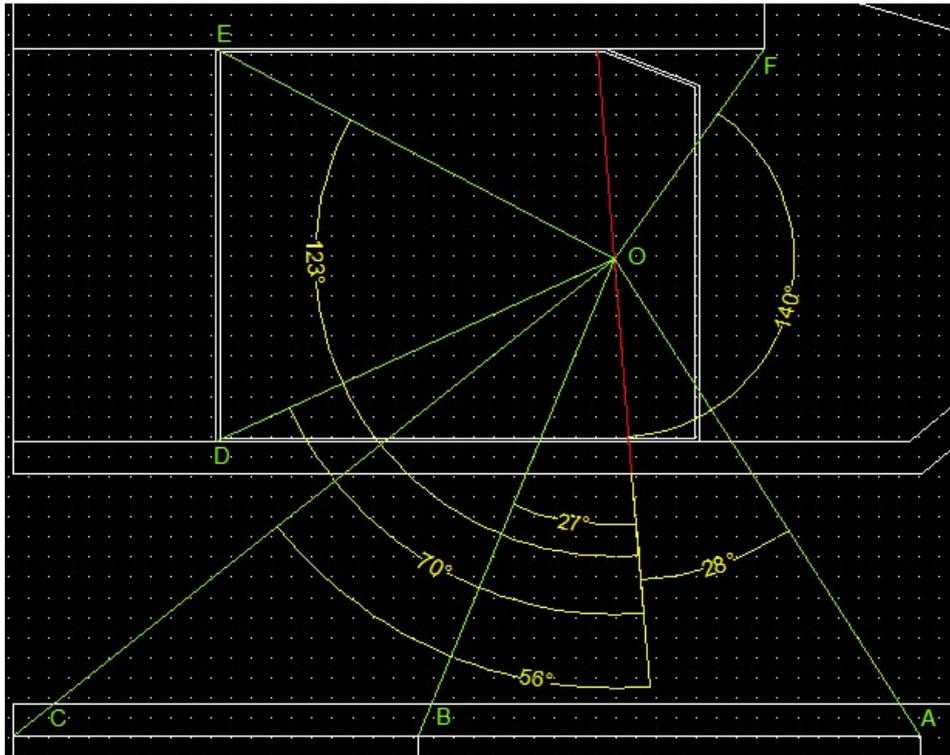


Figura 5. Acimut de los puntos que definen el perfil de obstáculos.

Los obstáculos representados en la imagen corresponden a cuatro edificios con las siguientes características.

Edificio	Altura con respecto al plano de captación. (m)
AB	15,5
BC	18,5
DE	15,5
EF	3,5

Definiendo la elevación como:

$$\delta = \arctg\left(\frac{\text{altura}}{\text{distancia}}\right)$$

El perfil de obstáculos quedaría definido por los siguientes datos:

Tabla 77. Datos del perfil de obstáculos.

Edificio AB	Elevación (°)	Acimut (°)
A	23,82	-28
B	25,8	27
Edificio BC	Elevación (°)	Acimut (°)
B	29,98	27
C	21,27	56
Edificio DE	Elevación (°)	Acimut (°)
D	29,78	70
E	29,08	123
Edificio EF	Elevación (°)	Acimut (°)
E	7,16	123
F	12,30	-140

Utilizando estos datos se representa el perfil de sombras sobre el diagrama de trayectoria solar correspondiente a Canarias.

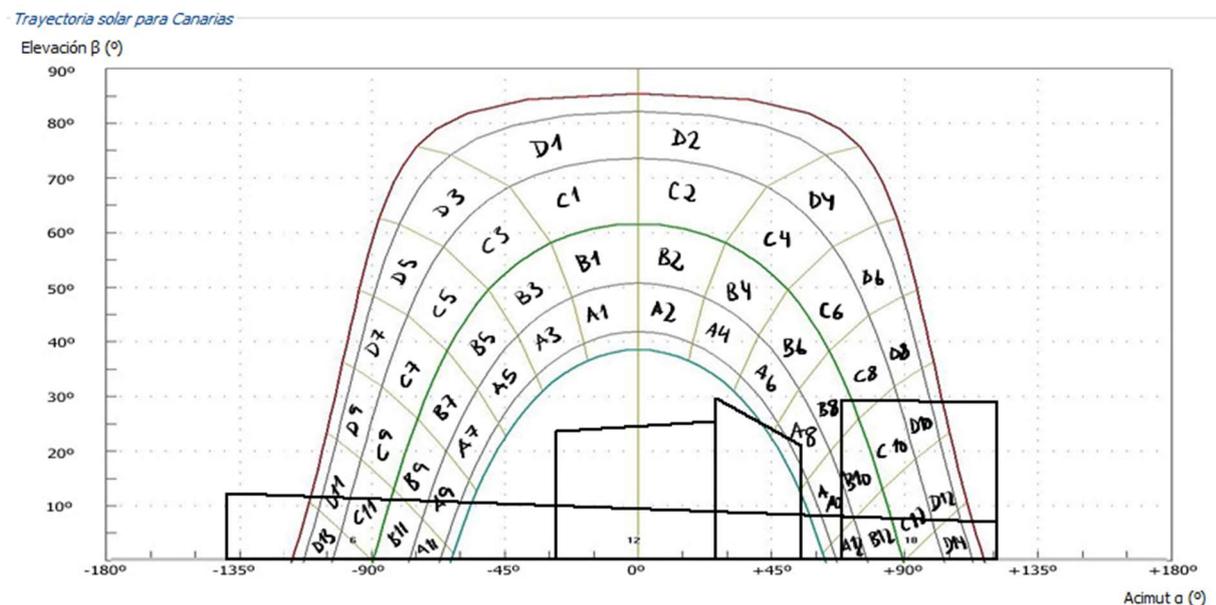


Figura 6. Representación del perfil de obstáculos.

De la representación se observan las casillas del diagrama que están ocupadas y se les asigna un porcentaje de ocupación, que se multiplicará a los valores de las casillas correspondientes a la tabla que resulte más parecida al caso de estudio; en éste caso se escoge la tabla para inclinación de 35° y acimut de 0°.

Tabla 78. Factor de llenado y valores de las casillas sombreadas en el perfil de obstáculos.

Casilla	Factor de llenado	Valor para inclinación de 35° y acimut de 0°
D13	1	0,03
D11	0,25	0,44
C11	0,75	0,12
B11	0,75	0,01
A11	1	0
A9	0,5	0,13
A8	0,25	0,98
B8	0,25	0,99
C8	0,25	1,08
A10	0,25	0,11
B10	0,75	0,42
C10	1	0,52
D10	0,75	1,33
A12	1	0
B12	1	0,02
C12	1	0,1
D12	1	0,4
D14	1	0,02

Las pérdidas por sombreado se definen como:

$$\text{Pérdidas por sombreado (\%)} = \sum \text{valor de la casilla} \cdot \text{factor de llenado}$$

Entonces,

Pérdidas por sombreado (%) =

$$1 \cdot D13 + 0,25 \cdot D11 + 0,75 \cdot C11 + 0,75 \cdot B11 + 1 \cdot A11 + 0,5 \cdot A9 + 0,25 \cdot A8 + 0,25 \cdot B8 + 0,25 \cdot C8 + \\ + 0,25 \cdot A10 + 0,75 \cdot B10 + 1 \cdot C10 + 0,75 \cdot D10 + 1 \cdot A12 + 1 \cdot B12 + 1 \cdot C12 + 1 \cdot D12 + 1 \cdot D14$$

Pérdidas por sombreado (%) =

$$1 \cdot 0,03 + 0,25 \cdot 0,44 + 0,75 \cdot 0,12 + 0,75 \cdot 0,01 + 1 \cdot 0 + 0,5 \cdot 0,13 + 0,25 \cdot 0,98 + 0,25 \cdot 0,99 + 0,25 \cdot 1,08 + \\ + 0,25 \cdot 0,11 + 0,75 \cdot 0,42 + 1 \cdot 0,52 + 0,75 \cdot 1,33 + 1 \cdot 0 + 1 \cdot 0,02 + 1 \cdot 0,1 + 1 \cdot 0,4 + 1 \cdot 0,02$$

Pérdidas por sombreado (%) = 3,465 < 10% (pérdida límite establecida por el CTE para el caso de estudio)

$$FS = \frac{100 - \text{Pérdidas por sombreado}(\%)}{100} = \frac{100 - 3,465}{100} = 0,96535 \cong 0,965$$

### 2.3.5. Distancia mínima a objetos y separación entre filas de captadores.

El apartado anterior se centraba en la pérdida por sombras no evitables, en éste se calculan las distancias mínimas a objetos y separación entre filas de captadores para evitar pérdidas por sombreado.

La cubierta donde están situados los captadores tiene un muro perimetral de un metro de altura, La distancia mínima a la que deben situarse los captadores de dicho muro se calcula con la siguiente fórmula:

$$d = \frac{h}{\text{tg}(61^\circ - \text{latitud})}$$

Siendo h la altura del obstáculo (1 metro) y la latitud del edificio 28,47°, la distancia d es igual a 1,57 metros.

La distancia entre las filas de captadores se viene proporcionada por el fabricante, si no se calcula con la siguiente expresión.

$$d_{\text{captadores}} = d1 + d2 = \frac{L \cdot \text{sen}\beta}{\text{tg}(H_{\text{min}})} + L \cdot \text{cos}\beta$$

Donde,

- $H_{\text{min}}$  es la altura solar mínima al mediodía solar, que para instalaciones de **utilización durante todo el año o invierno** es  $H_{\text{min}}=90^\circ - \text{latitud del lugar} - 23^\circ 27'$ , y para instalaciones de **uso estival** es  $H_{\text{min}}=90^\circ - \text{latitud del lugar}$ .
- L es la longitud del captador.
- $\beta$ , es la inclinación del captador.

Ésta distancia representa la distancia entre el inicio de filas de captadores (la distancia entra la parte anterior de un captador y la anterior de la siguiente fila).

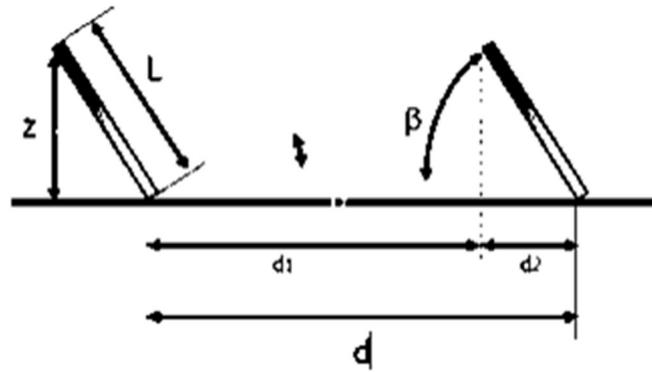


Figura 7. Distancia mínima entre captadores.

**2.3.6. Radiación disponible.**

Con los datos anteriores se calcula la energía incidente sobre la superficie de captación tal y como se definió al principio de ésta sección. La siguiente figura muestra los resultados del cálculo.

Mes	Días	H (MJ/m <sup>2</sup> ·día)	K	Factor de histéresis	FI	FS	RI (MJ/m <sup>2</sup> ·mes)
Enero	31	12,5	1,23	0,94	0,994	0,965	429,756
Febrero	28	15,2	1,16	0,94	0,994	0,965	445,148
Marzo	31	18,1	1,06	0,94	0,994	0,965	536,280
Abril	30	22,0	0,96	0,94	0,994	0,965	571,295
Mayo	31	23,7	0,88	0,94	0,994	0,965	582,959
Junio	30	26,0	0,85	0,94	0,994	0,965	597,803
Julio	31	27,4	0,88	0,94	0,994	0,965	673,969
Agosto	31	25,3	0,96	0,94	0,994	0,965	678,889
Septiembre	30	21,2	1,08	0,94	0,994	0,965	619,335
Octubre	31	17,2	1,21	0,94	0,994	0,965	581,728
Noviembre	30	13,3	1,29	0,94	0,994	0,965	464,096
Diciembre	31	11,4	1,29	0,94	0,994	0,965	411,056
Total anual (MJ/m <sup>2</sup> )							6592,315

**2.4. Predimensionado de la superficie de la superficie de captación.**

La superficie de captación necesaria para cumplir las necesidades energéticas anuales con la radiación disponible en el campo solar se expresa con la siguiente ecuación:

$$S_c = \frac{\text{Contribución solar mínima}(\%) \cdot \text{Necesidades energéticas anuales}}{\text{Rendimiento medio anual}(\%) \cdot \text{Radiación solar disponible en el campo solar}}$$

- La contribución solar mínima es un dato que se obtiene del CTE-DB-HE. Para Canarias que es zona V por tener una radiación promedio anual mayor que 18 MJ/m<sup>2</sup>día y una demanda entre 50-5000 l/día como es el caso de estudio, la contribución mínima es del 60%.

Tabla 79. Contribución solar mínima anual para ACS según CTE-DB-HE (pg. 58).

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50 – 5.000	30	30	40	50	60
5.000 – 10.000	30	40	50	60	70
> 10.000	30	50	60	70	70

Tabla 80. Clasificación de las zonas climáticas según CTE-DB-HE (pg. 63).

Zona climática	MJ/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
I	H < 13,7	H < 3,8
II	13,7 ≤ H < 15,1	3,8 ≤ H < 4,2
III	15,1 ≤ H < 16,6	4,2 ≤ H < 4,6
IV	16,6 ≤ H < 18,0	4,6 ≤ H < 5,0
V	H ≥ 18,0	H ≥ 5,0

- El rendimiento medio anual de la instalación debe ser mayor que el 20% por obligación del CTE HE 4, especificado en el punto 3.3.1 de dicho documento. En éste cálculo se utiliza un rendimiento del 25%
- La necesidad o demanda energética anual se ha calculado en el apartado 2.2 del presente anexo y corresponde a 69670 MJ.
- La radiación solar disponible en el campo solar se ha calculado en el apartado 2.3 del presente anexo y corresponde a 6592,315 MJ/m<sup>2</sup>.

Con los datos anteriores la superficie de captación necesaria sería:

$$S_c = \frac{0,60 \cdot 69670}{0,25 \cdot 6592,315} [MJ] \cdot \left[ \frac{MJ}{m^2} \right] = 25,36m^2$$

## 2.5. Elección de los captadores solares.

Se proponen tres modelos de posibles captadores para la instalación:

Tabla 81. Modelos de captadores propuestos para la instalación.

Empresa	VISSMAN	INGESOL CANARIAS	WAGNER SOLAR
Modelo	VITOSOL 200-FM SH2F	INGESOL-AR	EURO L20 AR
Área de apertura (mm <sup>2</sup> )	2,51	1,94	2,39
$\eta_0$	0,76	0,743	0,848
$k_1$ (W/m <sup>2</sup> K)	4,031	3,98	3,46
$k_2$ (W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )	0,034	0,0071	0,0165
Precio	848,00 €	510,00 €	800,23 €

El rendimiento de un captador solar queda definido por la siguiente fórmula:

$$\eta = \eta_0 - k_1 \cdot \frac{T_m - T_a}{G_\beta} - k_2 \cdot G \left( \frac{T_m - T_a}{G_\beta} \right)^2$$

- $\eta_0$ , rendimiento óptico del captador.
- $T_m$ , temperatura media entre la entrada y la salida del captador. [°C]
- $T_a$ , temperatura ambiente. [°C]
- $k_1$ , coeficiente proporcionado por el fabricante del captador. [W/m<sup>2</sup>K]
- $k_2$ , coeficiente proporcionado por el fabricante del captador. [W/m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>]
- $G_\beta$ , irradiación solar media, se toma como 800 [W/m<sup>2</sup>].

Siendo el término  $(T_m - T_a)/G_\beta$  la única variable de la ecuación, dado que los demás datos son constantes para un captador dado, la evolución de éste término a lo largo del año se recoge en la siguiente tabla.

Tabla 82. Variación de temperatura en el rango de trabajo del captador solar.

Mes	T <sub>a</sub> (°C)	T <sub>entrada</sub> (°C)	T <sub>salida</sub> (°C)	T <sub>m</sub> (°C)	(T <sub>m</sub> -T <sub>a</sub> )/G <sub>β</sub>
Enero	17,9	15	60	38,95	0,0263
Febrero	18	15	60	39	0,0263
Marzo	18,6	16	60	39,3	0,0259
Abril	19,1	16	60	39,55	0,0256
Mayo	20,5	17	60	40,25	0,0247
Junio	22,2	18	60	41,1	0,0236
Julio	24,6	20	60	42,3	0,0221
Agosto	25,1	20	60	42,55	0,0218
Septiembre	24,4	20	60	42,2	0,0223
Octubre	22,4	18	60	41,2	0,0235
Noviembre	20,7	17	60	40,35	0,0246
Diciembre	18,8	16	60	39,4	0,0258

Con estos datos se obtienen las siguientes curvas de rendimiento para los captadores propuestos.

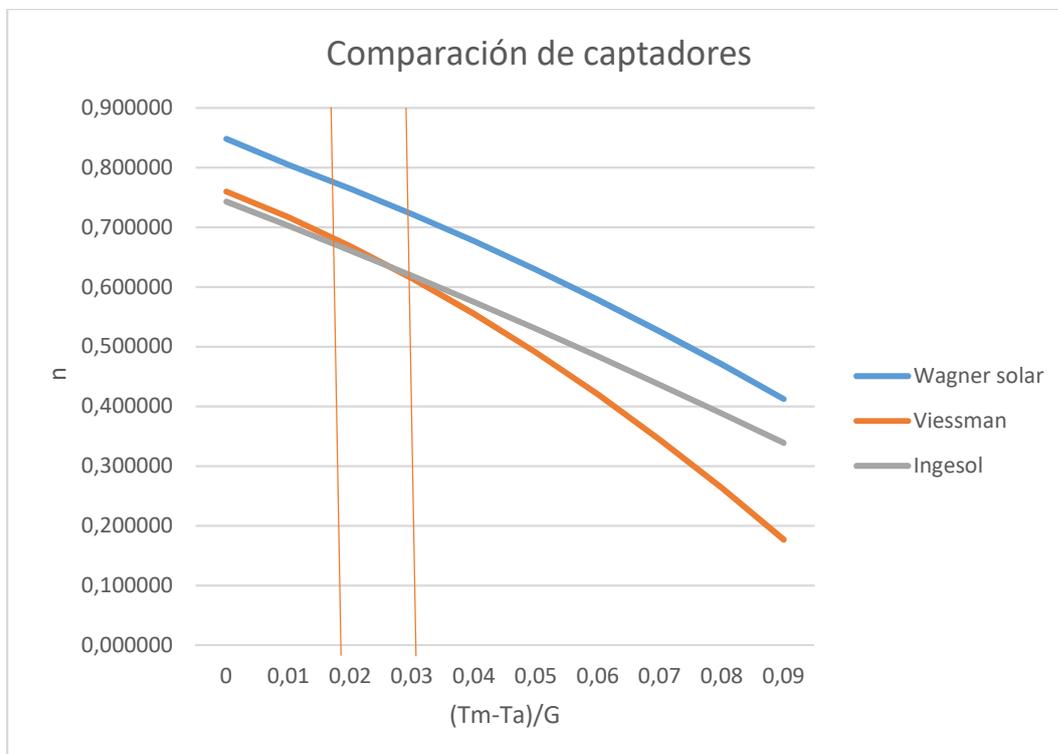


Figura 8. Curva de rendimiento de los captadores solares.

El rango de la variable  $(T_m - T_a)/G_\beta$ , independiente del tipo del captador, varía entre 0,02 y 0,03 ( $K \cdot m^2/W$ ) tal y como muestra la tabla anterior. De la gráfica se observa que el captador de WAGNER SOLAR es el más eficiente. Se descarta el modelo de la empresa VIESSMAN porque es menos eficiente que el de WAGNER SOLAR y es más caro. Por otro lado el captador de INGESOL es un 36 % más barato que el de WAGNER SOLAR pero tiene un rendimiento 10 % menor para el rango de trabajo y su superficie captación es un 18,82% menor que el modelo de WAGNER SOLAR, por lo que serán necesarios más captadores. Por estos motivos se elige el modelo de WAGNER SOLAR el captador EURO L20 AR, como captador de la instalación, con un rendimiento de entre el 76,45% y el 72,19% para el rango de trabajo y un coste de 800,23 €.

## 2.6. Cantidad de captadores necesarios.

Tomando la superficie de captación calculada en el apartado 2.4 del presente anexo, y los datos del captador elegido en el apartado 2.5, el número de captadores necesarios en la instalación se calcula con la siguiente división:

$$N^{\circ} \text{ de captadores} = \frac{\text{Superficie de captación}}{\text{Superficie del captador}} = \frac{25,36}{2,39} [m^2] \cdot \left[ \frac{ud}{m^2} \right] = 10,61 \cong 11 [\text{captadores}]$$

Para evitar sobredimensionamiento y tener un número total de captadores múltiplo de dos, se eligen 8 captadores como los necesarios para satisfacer los requisitos de la instalación. Por tanto, la nueva superficie de captación será:

$$\text{Superficie de captación} = 8 \cdot 2,39 [m^2] = 19,12 [m^2]$$

## 3. Comprobación mediante el método F-Chart.

El método de cálculo F-Chart es una herramienta reconocida por todo el sector de la energía solar térmica, que permite estudiar el comportamiento energético de un predimensionamiento de una instalación. Para ejecutar el método se utilizan datos mensuales medios meteorológicos, y es un método válido para determinar el rendimiento o factor de cobertura solar en instalaciones de calentamiento mediante captadores solares planos, en cualquier edificio.

La ecuación que utiliza éste método es la siguiente:

$$f = 1,029 \cdot D_1 - 0,065 \cdot D_2 - 0,245 \cdot D_1^2 + 0,0018 \cdot D_2^2 + 0,0215 D_1^3$$

Con valores límite:  $0 < D_1 < 3$  ;  $0 < D_2 < 18$

El valor de  $f$  representa la relación entre la energía aportada por el sistema de captación solar y la demanda energética relativa al consumo de ACS calculado de forma mensual.

$$f = \frac{Q_{\text{útil}}}{Q_{\text{ACS}}}$$

Pudiendo también expresarse en valores porcentuales:

$$f(\%) = \frac{Q_{\text{útil}}}{Q_{\text{ACS}}} \cdot 100$$

El valor de  $f(\%)$  debe ser tal que en ningún mes del año la energía producida por el sistema de captación solar supere el 110% de la demanda energética relativa al consumo de ACS. Por otro lado, tampoco puede superar el 100% durante más de tres meses.

Con lo expuesto anteriormente, los conceptos de fracción solar anual, la cobertura solar anual y el rendimiento medio anual de la siguiente forma:

$$\text{Fracción solar año } X = \frac{\text{Energía solar aportada en el año } X}{\text{Demanda energética durante el año } X} \cdot 100$$

$$\text{Cobertura solar anual} = \sum_1^{12} Q_{\text{útil necesaria}} / \sum_1^{12} Q_{\text{ACS necesaria}}$$

$$\text{Rendimiento medio año } X = \frac{\text{Energía solar aportada en el año } X}{\text{Irradiación incidente en el año } X} \cdot 100$$

Se recuerda que el CTE establece unos valores mínimos de cobertura solar y rendimiento medio anual, siendo 60% y 25% respectivamente en el caso de estudio.

Para ejecutar el método se sigue la siguiente secuencia.

- 1º. Valorar las cargas caloríficas para el calentamiento de agua destinada a la producción de ACS.
- 2º. Valoración de la radiación solar incidente en el plano de captación.
- 3º. Cálculo del parámetro  $D_1$ .
- 4º. Cálculo del parámetro  $D_2$ .
- 5º. Determinar el valor de  $f$  con la ecuación, mensualmente.
- 6º. Determinar la cobertura solar mensual.
- 7º. Determinar la cobertura solar anual
- 8º. Determinar el rendimiento medio anual.

De los pasos descritos en la siguiente secuencia, los puntos 1º y 2º ya se han determinado en los apartados 2.2 y 2.3, respectivamente, del presente anexo. Por tanto, se debe calcular a continuación el valor de los parámetros  $D_1$  y  $D_2$ .

### 3.1. Cálculo del parámetro $D_1$ .

El parámetro  $D_1$  expresa la relación entre la energía absorbida por el captador plano y la carga calorífica total de calentamiento durante un mes.

$$D_1 = \frac{\text{Energía absorbida por el captador}}{\text{Carga calorífica mensual}}$$

La energía absorbida por el captador durante un mes, viene dada por la siguiente expresión:

$$Q_a = S_c \cdot Fr' \cdot (\tau \cdot \alpha) \cdot R_I \cdot n$$

Siendo:

- $S_c$ , superficie de captación ( $m^2$ ).
- $R_I$ , radiación diaria media mensual incidente sobre la superficie de captación por unidad de área ( $kJ/m^2 \cdot \text{día}$ )
- $n$ , número de días del mes.
- $Fr' \cdot (\tau \cdot \alpha)$ , factor adimensional, que viene dado por la siguiente expresión:

$$Fr' \cdot (\tau \cdot \alpha) = Fr' \cdot (\tau \cdot \alpha)_n \cdot \left[ \frac{\tau \cdot \alpha}{(\tau \cdot \alpha)_n} \right] \cdot \left( \frac{Fr'}{Fr} \right)$$

Siendo:

- $Fr' \cdot (\tau \cdot \alpha)_n$ , factor de eficiencia óptica del captador, es decir, ordenada en el origen de la curva característica del captador.
- $(\tau \cdot \alpha)/(\tau \cdot \alpha)_n$ , modificador del ángulo de incidencia. En general se pueden tomar los siguientes valores: 0,96 para captadores con superficie transparente sencilla, y 0,94 para captadores con superficie transparente doble.
- $Fr'/Fr$ , factor de corrección del conjunto captador-intercambiador. Se recomienda tomar 0,95 como valor (Méndez Muñiz, 2009). También se puede calcular con la siguiente expresión:

$$\frac{Fr'}{Fr} = \frac{1}{1 + A \cdot (B - 1)}$$

$$A = \frac{Sc \cdot Fr \cdot U_L}{C}$$

$$B = \frac{C}{E_I \cdot C_{min}}$$

Siendo:

- $Fr \cdot U_L$ , coeficiente de pérdidas del captador proporcionado por el fabricante.
- $E_I$ , eficiencia del intercambiador
- $C$ , es el producto del caudal másico y el calor específico del fluido caloportador.

Los datos para el cálculo de  $D_1$  para el caso de estudio se recogen en la siguiente tabla.

Tabla 83. Datos para el cálculo del parámetro  $D_1$ .

Superficie de captación	$Sc$	19,12	[m <sup>2</sup> ]
Factor de eficiencia óptica del captador	$Fr' \cdot (\tau \cdot \alpha)_n$	0,848	[adim]
Modificador del ángulo de incidencia	$(\tau \cdot \alpha) / (\tau \cdot \alpha)_n$	0,944	[adim] (*valor especificado por el fabricante)
Factor de corrección del conjunto captador-intercambiador	$Fr' / Fr$	0,95	[adim] (valor recomendado)

Con estos datos:

$$Fr' \cdot (\tau \cdot \alpha) = Fr' \cdot (\tau \cdot \alpha)_n \cdot \left[ \frac{\tau \cdot \alpha}{(\tau \cdot \alpha)_n} \right] \cdot \left( \frac{Fr'}{Fr} \right) = 0,848 \cdot 0,944 \cdot 0,95 = 0,760$$

A continuación, se muestra una tabla que recoge los valores obtenidos para  $D_1$ , mensualmente, que se usarán luego para calcular la  $f$  mensual.

Tabla 84. Resultados del cálculo mensual del parámetro  $D_1$ .

Mes	$Sc$ [m <sup>2</sup> ]	$Fr' \cdot (\tau \cdot \alpha)$	$R_i$ [MJ/m <sup>2</sup> ]	$Q_a$ [MJ]	$Q_{acs}$ [MJ]	$D_1$
Enero	19,12	0,760	429,756	6248,866	6396	0,977
Febrero	19,12	0,760	445,148	6472,678	5777	1,120
Marzo	19,12	0,760	536,280	7797,773	6254	1,247

Abril	19,12	0,760	571,295	8306,912	6052	1,373
Mayo	19,12	0,760	582,959	8476,511	6111	1,387
Junio	19,12	0,760	597,803	8692,365	5777	1,505
Julio	19,12	0,760	673,969	9799,848	4832	2,028
Agosto	19,12	0,760	678,889	9871,380	4832	2,043
Septiembre	19,12	0,760	619,335	9005,447	5502	1,637
Octubre	19,12	0,760	581,728	8458,628	5969	1,417
Noviembre	19,12	0,760	464,096	6748,186	5914	1,141
Diciembre	19,12	0,760	411,056	5976,965	6254	0,956

Los valores de  $D_1$  están dentro de los límites teóricos.

### 3.2. Cálculo del parámetro $D_2$ .

El parámetro  $D_2$  expresa la relación entre las pérdidas de energía en el captador, para una determinada temperatura, y la carga calorífica de calentamiento durante un mes.

$$D_2 = \frac{\text{Energía perdida por el captador}}{\text{Carga calorífica mensual}}$$

La energía perdida por el captador se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$Q_p = SC \cdot Fr' \cdot U_L \cdot (100 - T_a) \cdot \Delta t \cdot K_1 \cdot K_2$$

Siendo:

- $Sc$ , superficie de captación [ $m^2$ ].
- $Fr' \cdot U_L = Fr \cdot U_L \cdot (Fr'/Fr)$ , siendo  $Fr \cdot U_L$  la pendiente de la curva característica del captador (coeficiente global de pérdidas del captador [ $W/m^2 \cdot K$ ])
- $T_a$ , temperatura media mensual del ambiente.
- $\Delta t$ , período de tiempo considerado en segundos [s].
- $K_1$ , factor de corrección por almacenamiento que se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$K_1 = \left( \frac{\text{kg de acumulación}}{75 \cdot Sc} \right)^{-0,25}$$

$$37,5 < \frac{\text{kg de acumulación}}{\text{m}^2 \text{ de captador}} < 300$$

- $K_2$ , factor de corrección para ACS, que relaciona la temperatura mínima de ACS, la del agua de red y la media mensual ambiente, dado por la siguiente ecuación:

$$K_2 = \frac{11,6 + 1,18 \cdot T_{acs} + 3,86 \cdot T_{red} - 2,32 \cdot T_a}{100 - T_a}$$

Siendo:

- $T_{acs}$ , temperatura mínima de ACS [°C].
- $T_{red}$ , temperatura del agua de red media mensual [°C].
- $T_a$ , temperatura media mensual del ambiente [°C].

Para el cálculo del parámetro  $D_2$  se dispone de los siguientes datos constantes:

Tabla 85. Datos para el cálculo de  $D_2$ .

Superficie de captación	$S_c$	19,12	[m <sup>2</sup> ]
Coefficiente de pérdidas	$Fr \cdot U_L$	3,46	[W/m <sup>2</sup> ·K]
Factor de corrección del conjunto captador-intercambiador	$Fr'/Fr$	0,95	[adim] (valor recomendado)
Kg de acumulación	$M_{acumulador}$	1435	[kg]
Factor de corrección por almacenamiento	$K_1$	1	[adim]
Coefficiente de pérdidas corregido	$Fr' \cdot U_L$	3,287	[W/m <sup>2</sup> ·K]

A continuación, se muestran los resultados del cálculo del parámetro  $K_2$ :

Tabla 86. Resultados de cálculo del parámetro  $K_2$ .

Mes	$T_{acs}$ (°C)	$T_{red}$ (°C)	$T_a$ (°C)	$K_2$
Enero	60	15	17,9	1,203
Febrero	60	15	18	1,202
Marzo	60	16	18,6	1,240
Abril	60	16	19,1	1,232

Mayo	60	17	20,5	1,262
Junio	60	18	22,2	1,285
Julio	60	20	24,6	1,361
Agosto	60	20	25,1	1,352
Septiembre	60	20	24,4	1,357
Octubre	60	18	22,4	1,277
Noviembre	60	17	20,7	1,257
Diciembre	60	16	18,8	1,236

Para acabar éste apartado se recogen los resultados de cálculo del parámetro  $D_2$ .

Tabla 87. Resultados de cálculo del parámetro  $D_2$ .

Mes	Sc [m <sup>2</sup> ]	Fr'·U <sub>L</sub> [W/m <sup>2</sup> ·K]	T <sub>a</sub> [°C]	Δt [s]	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	Q <sub>p</sub> [MJ]	Q <sub>acs</sub> [MJ]	D <sub>2</sub>
Enero	19,12	3,287	17,9	2678400	1	1,203	16623,451	6396	2,599
Febrero	19,12	3,287	18	2419200	1	1,202	14979,463	5777	2,593
Marzo	19,12	3,287	18,6	2678400	1	1,240	16960,727	6254	2,712
Abril	19,12	3,287	19,1	2592000	1	1,232	16186,888	6052	2,675
Mayo	19,12	3,287	20,5	2678400	1	1,262	16868,498	6111	2,760
Junio	19,12	3,287	22,2	2592000	1	1,285	16197,312	5777	2,804
Julio	19,12	3,287	24,6	2678400	1	1,361	17294,636	4832	3,579
Agosto	19,12	3,287	25,1	2678400	1	1,352	17021,315	4832	3,522
Septiembre	19,12	3,287	24,4	2592000	1	1,357	16623,386	5502	3,021
Octubre	19,12	3,287	22,4	2678400	1	1,277	16502,947	5969	2,765
Noviembre	19,12	3,287	20,7	2592000	1	1,257	16173,207	5914	2,735
Diciembre	19,12	3,287	18,8	2678400	1	1,236	16843,589	6254	2,693

Los valores de  $D_2$  están dentro de los límites teóricos.

### 3.3. Cálculo de los valores del parámetro f.

Con los cálculos anteriores se puede calcular el parámetro f usando la ecuación:

$$f = 1,029 \cdot D_1 - 0,065 \cdot D_2 - 0,245 \cdot D_1^2 + 0,0018 \cdot D_2^2 + 0,0215 D_1^3$$

Los resultados se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 88. Resultados de la fracción solar mensual.

Mes	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	f	f (%)
Enero	0,977	2,599	0,6348	63,48
Febrero	1,120	2,593	0,7192	71,92
Marzo	1,247	2,712	0,7808	78,08
Abril	1,373	2,675	0,8454	84,54
Mayo	1,387	2,760	0,8476	84,76
Junio	1,505	2,804	0,8988	89,88
Julio	2,028	3,579	1,0489	104,89
Agosto	2,043	3,522	1,0563	105,63
Septiembre	1,637	3,021	0,9422	94,22
Octubre	1,417	2,765	0,8614	86,14
Noviembre	1,141	2,735	0,7228	72,28
Diciembre	0,956	2,693	0,6164	61,64

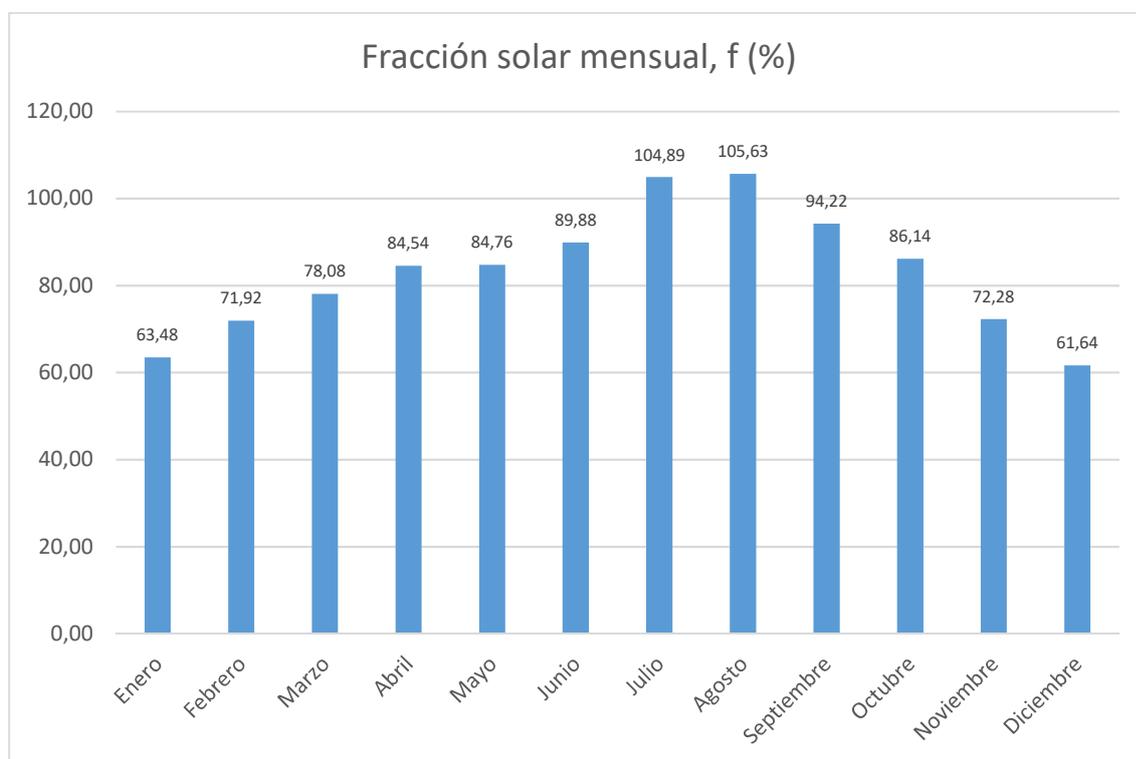


Figura 9. Representación gráfica de la fracción solar mensual (f-chart).

Se puede observar que la instalación propuesta cumple con los requisitos del CTE que exigen que el valor de f (%) no puede ser mayor que 110% en ningún caso, y además no hay tres meses consecutivos que excedan el 100%.

Aparte de ésta comprobación también es aconsejable comprobar que se cumplen los requisitos de cobertura solar y rendimiento medio anual. A continuación, se recogen los resultados de los cálculos necesarios para dichas comprobaciones:

Tabla 89. Comprobación cobertura sola mínima.

Mes	f	Q <sub>acs</sub> [MJ]	Q <sub>útil</sub> [MJ]
Enero	0,6348	6396	4060,18
Febrero	0,7192	5777	4154,82
Marzo	0,7808	6254	4883,12
Abril	0,8454	6052	5116,36
Mayo	0,8476	6111	5179,68
Junio	0,8988	5777	5192,37
Julio	1,0489	4832	5068,28
Agosto	1,0563	4832	5104,04
Septiembre	0,9422	5502	5183,98
Octubre	0,8614	5969	5141,70
Noviembre	0,7228	5914	4274,64
Diciembre	0,6164	6254	3854,97
Total		69670	57214,15
Cobertura solar anual (%)			82,12%

Cumple con la cobertura solar mínima establecida por el CTE que es del 60% para el caso de estudio.

Tabla 90. Comprobación rendimiento medio anual.

Mes	Sc [m <sup>2</sup> ]	RI [MJ/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>útil</sub> [MJ]
Enero	19,12	429,756	4060,18
Febrero	19,12	445,148	4154,82
Marzo	19,12	536,280	4883,12
Abril	19,12	571,295	5116,36
Mayo	19,12	582,959	5179,68
Junio	19,12	597,803	5192,37
Julio	19,12	673,969	5068,28
Agosto	19,12	678,889	5104,04

Septiembre	19,12	619,335	5183,98
Octubre	19,12	581,728	5141,70
Noviembre	19,12	464,096	4274,64
Diciembre	19,12	411,056	3854,97
Total		6592,315	57214,15
Rendimiento medio anual (%)			45,39%

También cumple el requisito de ser superior al 20%, mínimo establecido por el CTE.

### 4. Cálculo del interacumulador.

En el caso de la instalación de acs de éste proyecto, el intercambiador de calor está incorporado en el acumulador del sistema (interacumulador). Para éste caso se debe cumplir la siguiente condición.

$$\frac{S_{intercambiador}}{S_c} > 0,15$$

Siendo la superficie de captación igual a 19,12 m<sup>2</sup> la superficie del intercambiador en el interacumulador debe ser mayor que 2,868 m<sup>2</sup>.

Se elige el interacumulador LLORGIL VSF 1500, que además de cumplir el requisito anterior, también tiene un volumen de acumulación dentro de los límites que establece el CTE:

$$50 < \frac{V}{S_c} < 180 \rightarrow \text{En el caso del presente proyecto} \rightarrow 956 [l] < V_{acumulador} < 3441,6 [l]$$

Modelo	uds	150	200	300	400	500	750	1000	1500	2000
capacidad efectiva depósito	Lts	150	190	295	420	500	795	925	1435	1980
d diámetro sin aislamiento	mm	450	450	550	650	650	800	800	950	1100
D diámetro con aislamiento flexible "RS"	mm	---	---	---	---	---	1000	1000	1150	1300
D diámetro con aislamiento rígido "RG / RC"	mm	550	550	650	750	750	980	980	1130	1280
Ht altura total	mm	1135	1369	1420	1475	1725	1855	2105	2370	2420
K altura máxima al volcar	mm	1261	1475	1562	1655	1881	2093	2318	2621	2764
h1 altura conexión E	mm	235	209	235	265	265	305	305	405	420
h2 altura conexión S2	mm	245	229	255	285	285	335	335	415	430
h3 altura conexión S1	mm	595	699	815	795	995	835	1035	1270	1345
h4 altura conexión Rc	mm	765	899	895	855	1105	1145	1370	1585	1570
h5 altura conexión Re	mm	875	1129	1145	1175	1425	1465	1715	2005	2020
Fl diámetro boca (Ø int./Ø ext.)	mm	120/180	120/180	120/180	120/180	120/180	120/180	400/480	400/480	400/480
SS superficie de intercambio serpentín fijo	m <sup>2</sup>	0,75	1,00	1,60	1,90	2,35	2,65	3,45	4,70	6,05
capacidad del serpentín fijo	Lts.	3,50	4,85	7,60	8,95	11,15	21,20	27,55	37,35	48,20

Figura 10. Datos técnicos del interacumulador.

## 5. Cálculo de tuberías y pérdidas de carga.

A la hora de dimensionar las tuberías se deberán tener en cuenta las siguientes limitaciones establecidas por el CTE:

- La velocidad de circulación del fluido ha de ser inferior a 2 m/s cuando discurra por locales habitados y a 3 m/s cuando el trazado sea exterior o por locales no habitados.
- La pérdida de carga unitaria en tuberías nunca será superior a 40 mm de columna de agua por metro lineal.
- Las conducciones en el circuito captador tienen que soportar temperaturas entorno a los 120°C.

Teniendo en cuenta lo anterior, se fijan como parámetros de diseño que las tuberías sean de cobre, para resistir las altas temperaturas, la pérdida de carga unitaria de diseño se fija en 20 mmca y la velocidad del fluido debe ser menor que 1,5 m/s.

La instalación de los captadores y los tramos de tubería se muestran en la siguiente imagen:

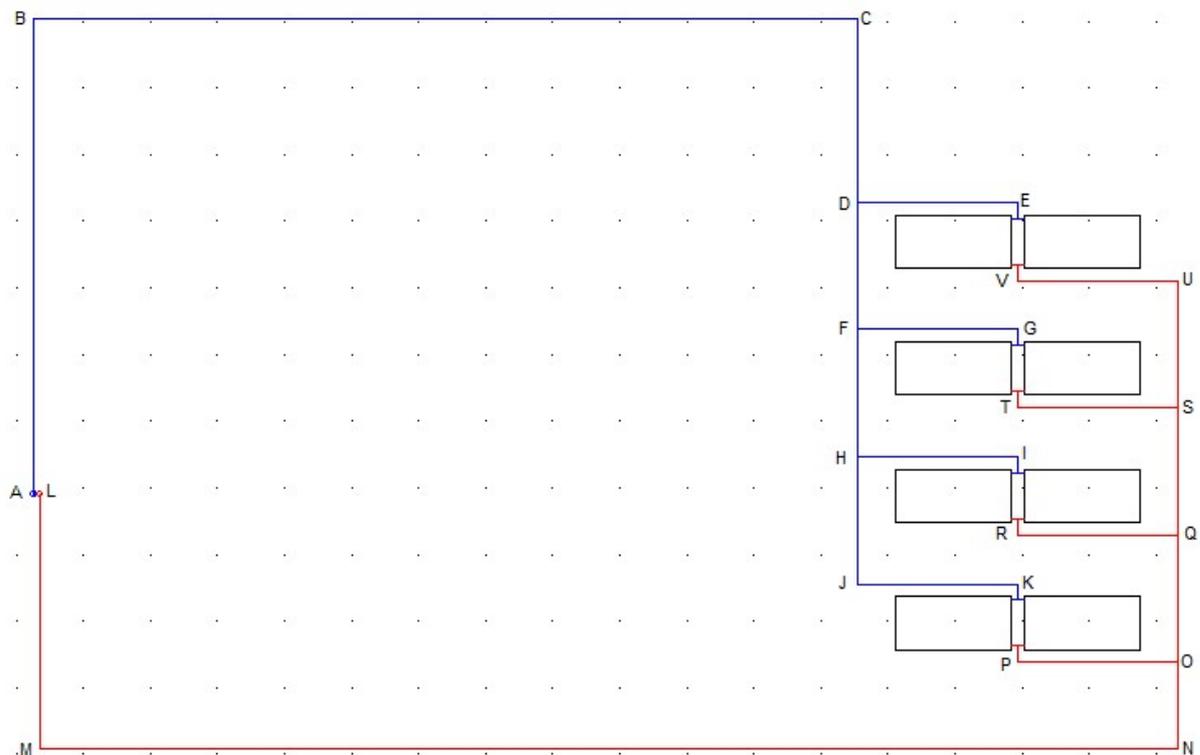


Figura 11. Tramos de tuberías y captadores (cubierta del edificio).

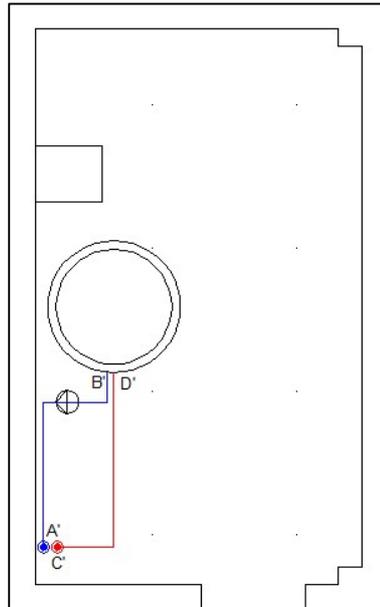


Figura 12. Tramos de tubería al interacumulador (planta).

Los tramos de tubería tienen las siguientes longitudes y caudales:

Tabla 91. Propiedades de los tramos de tubería del circuito hidráulico de captación solar.

Cubierta		
Tramo	Longitud (m)	Caudal (l/h)
A-B	8,90	334,6
B-C	15,36	334,6
C-D	3,44	334,6
D-E	3,00	83,65
D-F	2,39	250,95
F-G	3,00	83,65
F-H	2,39	167,3
H-I	3,00	83,65
H-J	2,39	83,65
J-K	3,00	83,65
L-M	4,79	334,6
M-N	21,24	334,6
N-O	1,63	334,6
O-P	3,00	83,65
O-Q	2,39	250,95
Q-R	3,00	83,65

Q-S	2,39	167,3
S-T	3,00	83,65
S-U	2,39	83,65
U-V	3,00	83,65
Planta		
Tramo	Longitud (m)	Caudal (l/h)
A-A'	3	334,6
L-C	3	334,6
A'-B'	2,07	334,6
C'-D'	2,01	334,6

Los caudales de las tuberías se han calculado sabiendo que el caudal unitario de trabajo indicado por el fabricante (WAGNER SOLAR) para los captadores (EURO L20 AR) es de 35 l/m<sup>2</sup>h y la superficie del captador solar es 2,39 m<sup>2</sup>. El esquema propuesto es de 8 captadores en serie-paralelo (4 filas paralelas de 2 captadores en serie).

Sabiendo que el caudal de los captadores conectados en serie y en paralelo se expresa mediante las siguientes ecuaciones:

$$Q_{serie} = Q_{captador} \cdot Sc$$

$$Q_{paralelo} = Q_{captador} \cdot Sc \cdot n$$

Siendo:

- $Q_{captador}$ , caudal unitario del captador [l/h·m<sup>2</sup>]
- $Sc$ , superficie del captador sola [m<sup>2</sup>]
- $n$ , número de filas de captadores en paralelo.

El caudal total del circuito primario de la instalación es el resultado del siguiente producto:

$$Q_{total} = 35 \left[ \frac{l}{h \cdot m^2} \right] \cdot 2,39 [m^2] \cdot 4 = 334,6 \left[ \frac{l}{h} \right]$$

Y por cada rama de captadores en serie circulan:

$$Q_{serie} = 35 \left[ \frac{l}{h \cdot m^2} \right] \cdot 2,39 [m^2] = 83,65 \left[ \frac{l}{h} \right]$$

En el caso de ésta instalación no hay circuito secundario porque el intercambiador de calor está integrado en el acumulador solar ubicado en la planta bajo la cubierta.

Con los datos anteriores se toma dimensionan las tuberías de cobre utilizando la siguiente fórmula, válida para tuberías de cobre de paredes lisas por las que circula agua caliente sin aditivos:

$$P_{C_{unitaria}} = 378 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

Siendo:

- Q, caudal por la tubería [l/h].
- D, diámetro interno de la tubería [mm].
- $P_{C_{unitaria}}$ , pérdida de carga unitaria de la tubería [mmca/m]

Ésta fórmula es válida para el caso de estudio dado que no se utiliza anticongelante porque la temperatura mínima histórica de Santa Cruz de Tenerife es de 8,1°C (22 de Febrero de 1926) según el Instituto Nacional de Meteorología, no llegando así al punto de congelación del agua.

Despejando el diámetro en la anterior fórmula se obtiene:

$$D = \left( 378 \cdot \frac{Q^{1,75}}{P_{C_{unitaria}}} \right)^{\frac{1}{4,75}}$$

Los diámetros internos para los distintos tramos de tubería calculados con la fórmula anterior, los datos de diseño fijados y los caudales calculados serían los siguiente:

Tabla 92. Resultados de cálculo dl diámetro interno para una pérdida de carga unitaria fija de 20 mmca.

Q <sub>tubería</sub> [l/h]	P <sub>C<sub>unitaria</sub></sub> [mmca/m]	D [mm]
334,6	20	15,81
250,95	20	14,22
167,3	20	12,24
83,65	20	9,48

Se elige un diámetro comercial uniforme para todos los tramos de tubería según la siguiente tabla que indica los diámetros de las tuberías de cobre según la norma UNE EN 1057:

Tabla 93. Diámetros de las tuberías de cobre según UNE EN 1057.

DN, mm	Espesores, mm											
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
Diámetro interior, mm												
10	9,0			8,4		8,0						
12		10,8		10,4		10						
14	x		x	x		x						
15			x	13,4		13		x	x			
16	x		13,6	x		x		x				
18		x		16,4		16		x	x			
22		x		x	19,8	20	x	19,6	19			
25						x		x	x			
28		x		x	25,8	26		25,6	25	x		
35				x		x	x	32,6	32			
40			x			x	x					
42				x		x		39,6	39	x		
54				x	x	x		51,6	51	50		
64									x	60	x	
66,7						x		64,3	x	x	x	
70										x	x	
76,1								x	73,1	72,1	x	
80						x				x		
88,9										86,9	x	x
108								x	105	x	103	x
133									130	x		127
159									x	155		153

Se escoge una tubería de 16 mm de diámetro interno y 1 mm de espesor de pared.

A continuación, se debe comprobar las pérdidas de carga de nuevo para el nuevo diámetro, así como que la velocidad es inferior a 1,5 m/s como se fijó en los datos de diseño.

La velocidad del fluido que circula por la tubería se puede calcular usando la siguiente ecuación:

$$v = 0,354 \cdot \frac{Q}{D^2} \left[ \frac{m}{s} \right]$$

Siendo:

- Q, caudal que circula por la tubería (l/h).
- D, diámetro interno de la tubería (mm).

Tabla 94. Resultados de la comprobación de pérdidas de carga unitaria y velocidad para los distintos caudales de la instalación y el diámetro comercial elegido.

Q (l/h)	D (mm)	P <sub>cunitaria</sub> (mmca/m)	v (m/s)
334,6	16	18,87	0,46
250,95	16	11,41	0,35
167,3	16	5,61	0,23
83,65	16	1,67	0,12

Como se puede observar las pérdidas de carga son inferiores a 40 mmca/m y las velocidades son inferiores a 1,5 m/s.

En el caso anterior no se han tenido en cuenta las pérdidas de carga en los accesorios, por lo tanto, se deben hacer los cálculos pertinentes. Éstos cálculos afectarán a la pérdida de carga unitaria de cada tramo de tubería.

Para calcular las pérdidas de carga se utiliza la fórmula de Darcy-Weissbach:

$$P_{C_{tubería}} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} [mca]$$

Siendo:

- f, coeficiente de fricción.
- L, longitud del tramo de tubería [m].
- D, diámetro interno de la tubería [m].
- v, velocidad del fluido [m/s].
- g, aceleración de la gravedad, 9,81 [m/s<sup>2</sup>]

El coeficiente de fricción se obtendrá a partir del diagrama de Moody. Para usar dicho diagrama es preciso calcular el número de Reynolds y la rugosidad relativa para los distintos tramos de tubería.

Número de Reynolds.

$$Re_D = \frac{D \cdot v}{\delta}$$

Siendo:

- D, diámetro interior de la tubería [m].

- $v$ , velocidad del fluido [m/s]
- $\delta$ , viscosidad cinemática del agua a  $60^{\circ}\text{C} = 4,74 \cdot 10^{-7}$  [m<sup>2</sup>/s].

Rugosidad relativa.

La rugosidad relativa se define como el cociente entre la rugosidad absoluta y el diámetro interno de la tubería. Para tuberías de cobre la rugosidad absoluta está tabulado con un valor de 0,015 mm.

Tabla 95. Valores de rugosidad absoluta para distintos materiales (AGUERA SORIANO, 2002).

<i>material</i>	<i>k</i> mm
vidrio	liso
cobre o latón estirado	0,0015
latón industrial	0,025
acero laminado nuevo	0,05
acero laminado oxidado	0,15 a 0,25
acero laminado con incrustaciones	1,5 a 3
acero asfaltado	0,015
acero soldado nuevo	0,03 a 0,1
acero soldado oxidado	0,4
hierro galvanizado	0,15 a 0,2
fundición corriente nueva	0,25
fundición corriente oxidada	1 a 1,5
fundición asfaltada	0,12
fibrocemento	0,025
P.V.C.	0,007
cemento alisado	0,3 a 0,8
cemento bruto	hasta 3
acero roblonado	0,9 a 9

Entonces, la rugosidad relativa es igual a 0,0015 mm (rugosidad absoluta) dividido por 16 mm (diámetro interno), lo que resulta en 0,0009.

Por otro lado, el número de Reynolds según el caudal que circula por la tubería es el que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 96. Número de Reynolds para los diferentes tramos de tubería.

Q (l/h)	D (m)	v (m/s)	$\delta$ [m <sup>2</sup> /s]	Re <sub>D</sub>
334,6	0,016	0,46	$4,74 \cdot 10^{-7}$	$15,53 \cdot 10^3$
250,95	0,016	0,35	$4,74 \cdot 10^{-7}$	$11,81 \cdot 10^3$
167,3	0,016	0,23	$4,74 \cdot 10^{-7}$	$7,76 \cdot 10^3$
83,65	0,016	0,12	$4,74 \cdot 10^{-7}$	$4,05 \cdot 10^3$

Con el número de Reynolds y la rugosidad relativa se usa el diagrama de Moody para obtener el coeficiente de fricción  $f$ .

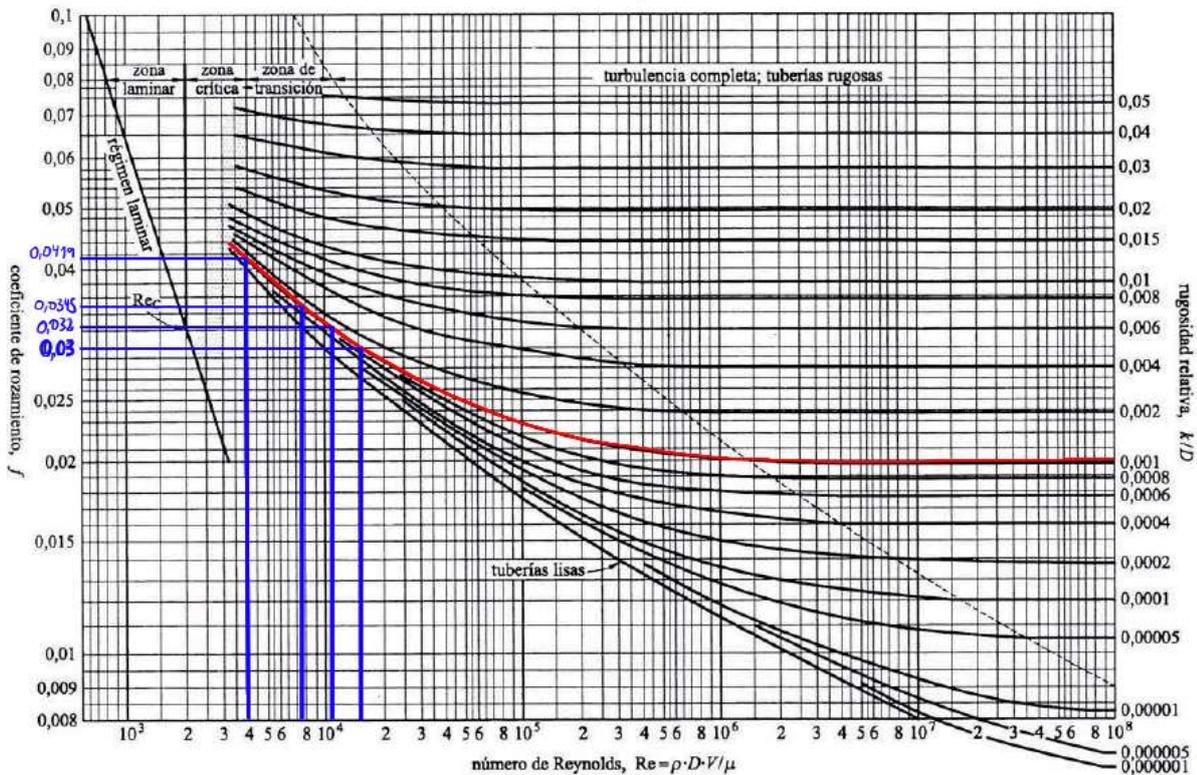


Figura 13. Diagrama de Moody.

Tabla 97. Factores de fricción.

Q (l/h)	D (m)	k/D	Re <sub>D</sub>	f
334,6	0,016	0,009	15,53 · 10 <sup>3</sup>	0,03
250,95	0,016	0,009	11,81 · 10 <sup>3</sup>	0,032
167,3	0,016	0,009	7,76 · 10 <sup>3</sup>	0,0345
83,65	0,016	0,009	4,05 · 10 <sup>3</sup>	0,0419

Ahora queda calcular la longitud equivalente de los accesorios en cada tramo, dado que la longitud de tubería de los tramos es conocida. Ésta longitud equivalente se obtiene usando la siguiente figura y el diámetro interior de la tubería.

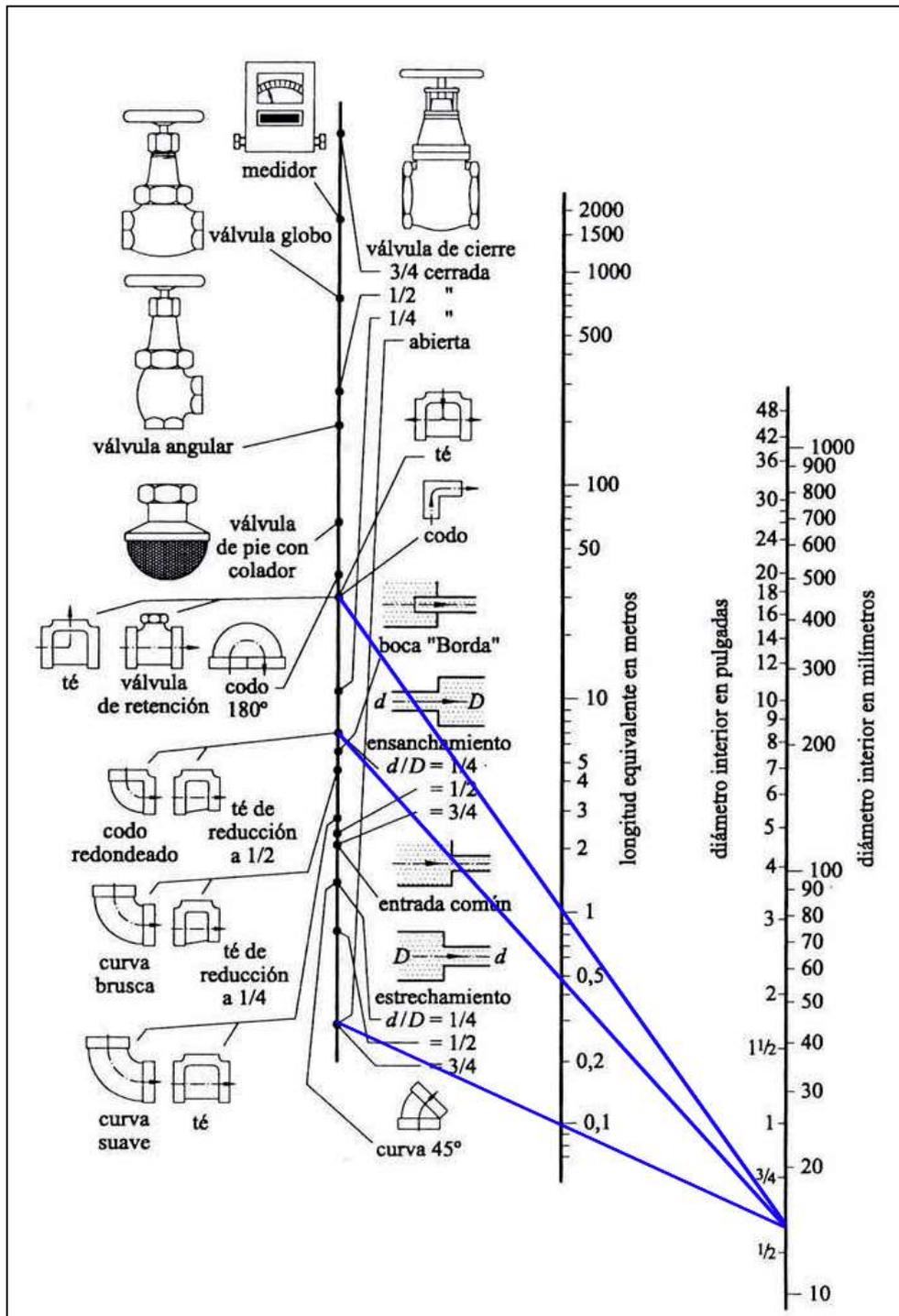


Figura 14. Longitud equivalente de los accesorios.

A continuación, se recoge en una tabla los accesorios presentes en cada tramo de tubería.

Tabla 98. Longitud equivalente de tubería para los accesorios en los distintos tramos de la instalación.

Accesorio	Codo 90° (redondeado)	Té	Válvula de cierre (abierta)	
Lequivalente accesorio [m]	0,5	1	0,1	Lequiv-tramo
Tramo	Nº de accesorios	Nº de accesorios	Nº de accesorios	[m]
A-B	2	0	0	1
B-C	2	0	0	1
C-D	1	1	0	1,5
D-E	0	1	1	1,1
D-F	0	2	0	2
F-G	0	1	1	1,1
F-H	0	2	0	2
H-I	0	1	1	1,1
H-J	1	1	0	1,5
J-K	1	0	1	0,6
L-M	2	0	0	1
M-N	2	0	0	1
N-O	1	1	0	1,5
O-P	0	1	1	1,1
O-Q	0	2	0	2
Q-R	0	1	1	1,1
Q-S	0	2	1	2,1
S-T	0	1	1	1,1
S-U	1	1	0	1,5
U-V	0	1	1	1,1
A-A'	2	0	0	1
L-C	2	0	0	1
A'-B'	2	0	2	1,2
C'-D'	1	0	0	0,5

Por tanto, las pérdidas de carga unitarias en cada tramo de tubería aplicando la fórmula de Darcy-Weissbach sería:

Tramo	f	L [m]	L <sub>accesorios</sub> [m]	D [m]	v [m/s]	P <sub>c<sub>tubería</sub></sub> [mca]	P <sub>c<sub>unitaria</sub></sub> [mmca/m]
A-B	0,0300	8,90	1	0,016	0,46	0,200	22,49
B-C	0,0300	15,36	1	0,016	0,46	0,331	21,54
C-D	0,0300	3,44	1,5	0,016	0,46	0,100	29,04
D-E	0,0419	3,00	1,1	0,016	0,12	0,008	2,63
D-F	0,0320	2,39	2	0,016	0,35	0,055	22,94
F-G	0,0419	3,00	1,1	0,016	0,12	0,008	2,63
F-H	0,0345	2,39	2	0,016	0,23	0,026	10,68
H-I	0,0419	3,00	1,1	0,016	0,12	0,008	2,63
H-J	0,0419	2,39	1,5	0,016	0,12	0,007	3,13
J-K	0,0419	3,00	0,6	0,016	0,12	0,007	2,31
L-M	0,0300	4,79	1	0,016	0,46	0,117	24,44
M-N	0,0300	21,24	1	0,016	0,46	0,450	21,17
N-O	0,0300	1,63	1,5	0,016	0,46	0,063	38,83
O-P	0,0419	3,00	1,1	0,016	0,12	0,008	2,63
O-Q	0,0320	2,39	2	0,016	0,35	0,055	22,94
Q-R	0,0419	3,00	1,1	0,016	0,12	0,008	2,63
Q-S	0,0345	2,39	2,1	0,016	0,23	0,026	10,92
S-T	0,0419	3,00	1,1	0,016	0,12	0,008	2,63
S-U	0,0419	2,39	1,5	0,016	0,12	0,007	3,13
U-V	0,0419	3,00	1,1	0,016	0,12	0,008	2,63
A-A'	0,0300	3	1	0,016	0,46	0,081	26,96
L-C	0,0300	3	1	0,016	0,46	0,081	26,96
A'-B'	0,0300	2,07	1,2	0,016	0,46	0,066	31,94
C'-D'	0,0300	2,01	0,5	0,016	0,46	0,051	25,25

Se observa que las pérdidas de carga unitarias no superan los 40 mmca/m, límite que establece el CTE, por tanto, las dimensiones de la instalación son correctas.

Sumando la columna de las pérdidas de carga se tiene un total de 1,778 mca de pérdidas de carga entre tuberías y accesorios, éste es un número superior al real porque en cada tramo de tubería se han tomado los accesorios que hay sin tener en cuenta si se han contabilizado en

otro tramo, es decir, muchos accesorios están duplicados. Sin embargo, se tomará este cálculo al considerarse más conservativo a para el cálculo de la bomba circuladora.

### 5.1. Pérdidas de carga en los captadores y el intercambiador.

Las pérdidas de carga en los captadores y el intercambiador de calor son necesarias para el cálculo de la bomba circuladora. Para el cálculo de éstas pérdidas se utilizan las graficas proporcionadas por el fabricante.

#### Pérdidas de carga en los captadores.

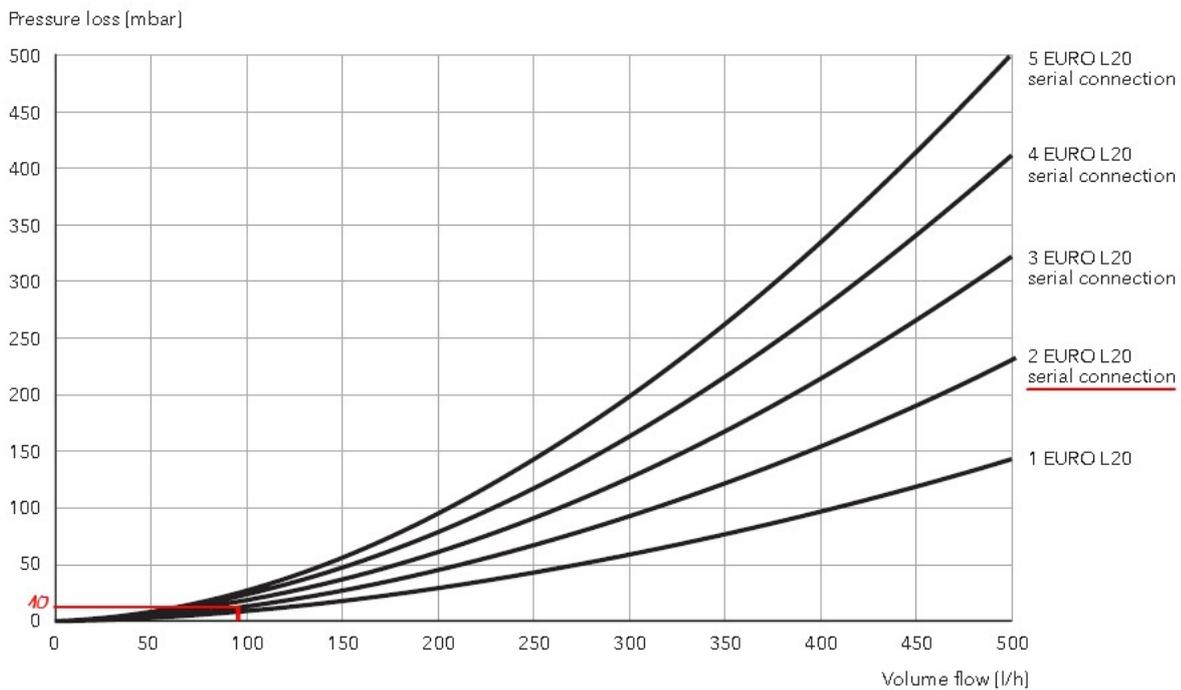


Figura 15. Pérdida carga en 2 captadores L20 en serie (ficha técnica).

Como se observa en la gráfica las pérdidas de carga para dos captadores en serie es aproximadamente 10 mbar. Como se tienen cuatro parejas de captadores la pérdida de carga total asociada a los captadores es:

$$P_{\text{captadores}} = 10 \text{ [mbar]} \cdot 4 = 40 \text{ [mbar]} = 0,4 \text{ [mca]}$$

Pérdidas de carga en el intercambiador.

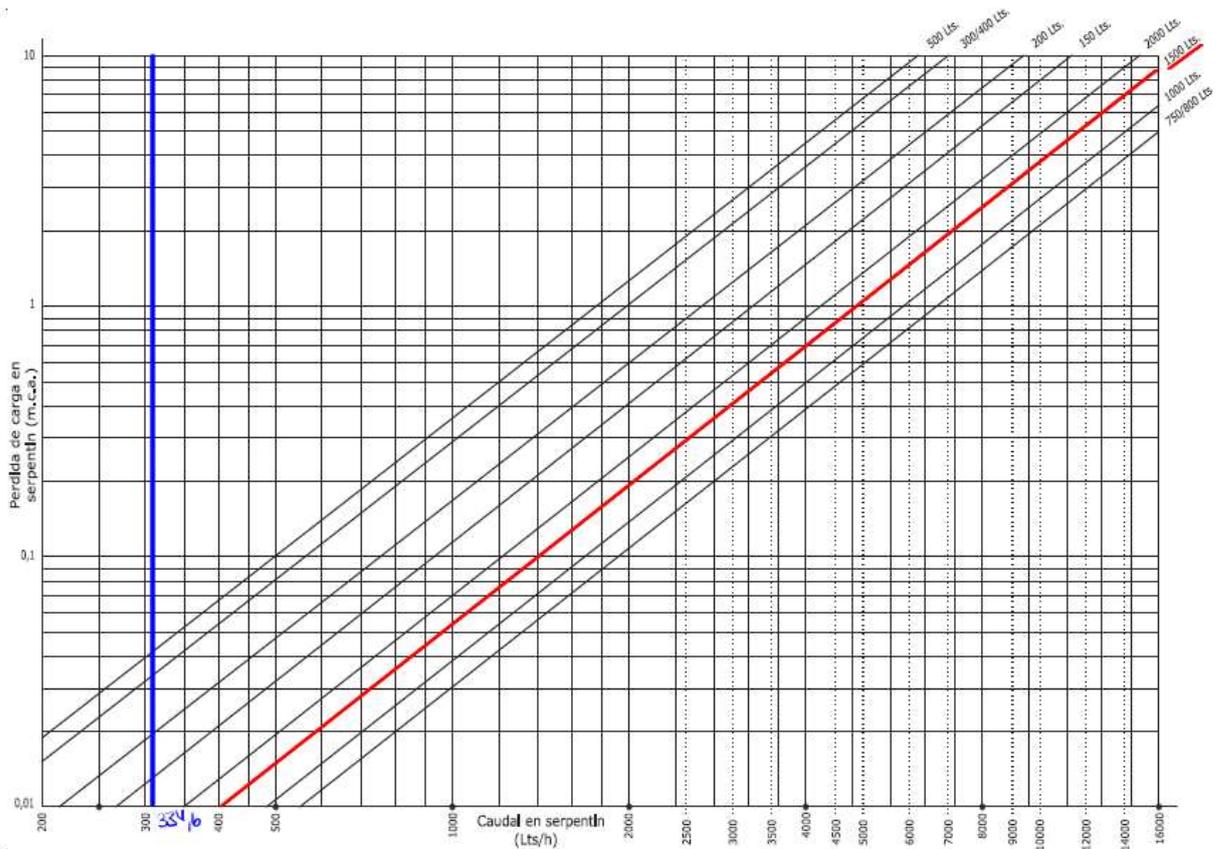


Figura 16. Pérdidas de carga en el serpentín del intercambiador (ficha técnica).

Como el caudal que circula por el serpentín (334,6 l/h) no corta la recta del modelo de 1500 litros seleccionado, se toman las pérdidas de carga como el valor mínimo en el origen de la gráfica.

$$P_{C_{intercambiador}} = 0,01 [mca]$$

**6. Bombas circuladora.**

La bomba circuladora es la encargada de contrarrestar las pérdidas de carga del fluido al recorrer la instalación. En éste caso al tener una superficie de captación inferior a 50 m<sup>2</sup> sólo será necesaria la instalación de una bomba; para superficies de captación superiores a 50 m<sup>2</sup> el CTE exige que se monten dos bombas idénticas en paralelo, dejando una en reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario.

A continuación, se calcula la pérdida de carga total del circuito primario:

Tabla 99. Pérdidas de carga totales del circuito primario.

Pérdidas de carga	[mca]
Tuberías y accesorios	1,778
Intercambiador	0,4
Capttores	0,01
Totales	2,188

Se necesita una bomba capaz de impulsar un caudal de 334,6 [l/h] (= 0,3346 [m<sup>3</sup>/h]), como se calculó en apartados anteriores, y compensar una caída de presión de 2,188 [mca].

Buscando en el catálogo de Wilo un modelo de bomba circuladora que cumpla las demandas de la instalación se elige la WILO STRATOS 25/1-4 que tiene una presión máxima de trabajo de 10 bar, igual que los capttores solares. A continuación, se muestra la curva característica de la bomba seleccionada:

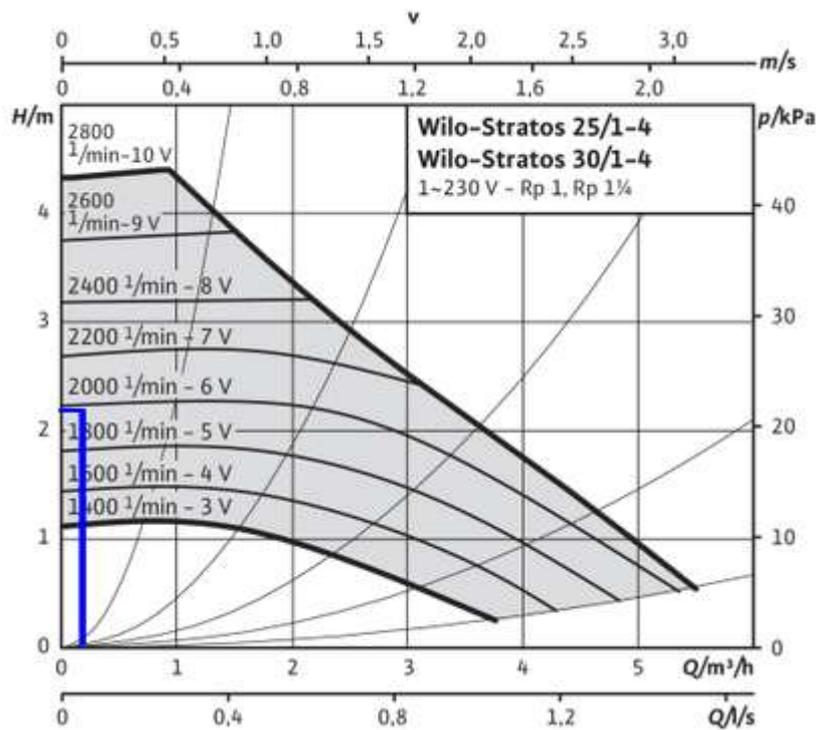


Figura 17. Curva característica de la bomba WILO STRATOS 25/1-4.

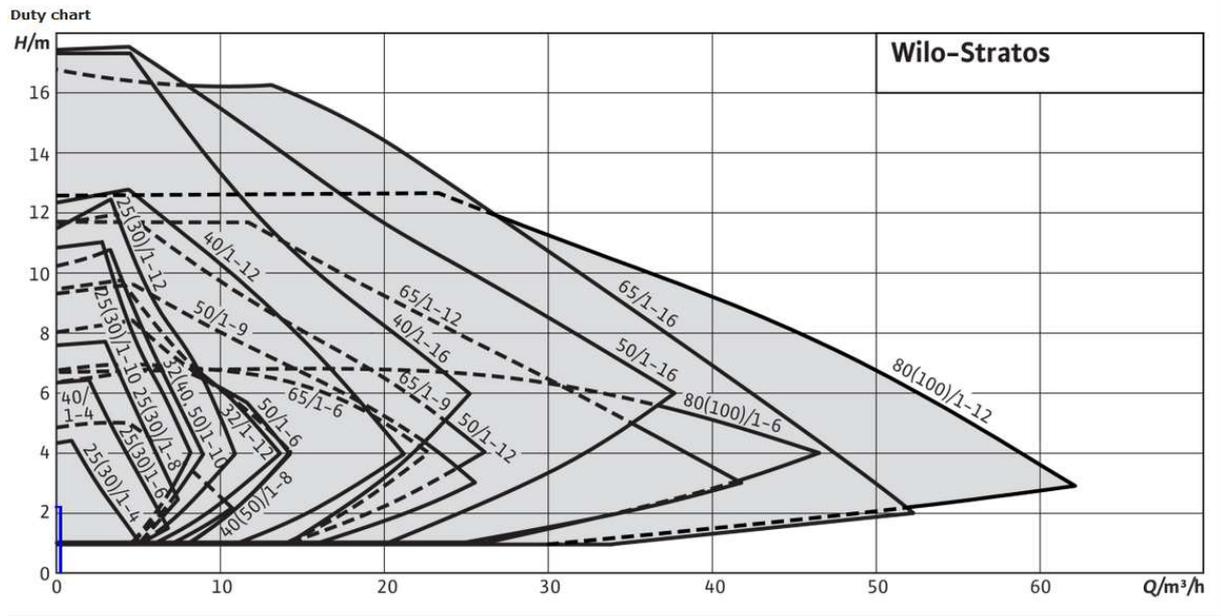


Figura 18. Duty chart de la bomba WILLO STRATOS. Muestra los diferentes modelos clasificados según las demandas de presión y caudal.

### 7. Cálculo del aislamiento de las tuberías.

Para cumplir con el RITE y mantener la temperatura del agua calentado por el sol reduciendo las pérdidas térmicas es necesario dotar de un aislante térmico a las tuberías y accesorios.

El RITE propone un procedimiento simplificado de cálculo, que consiste en la utilización de unas tablas que expresan los espesores mínimos de aislamiento térmico en mm, en función del diámetro exterior de la tubería sin aislar y de la temperatura del fluido que circula por ella. Éstas tablas son válidas para un material aislante con conductividad térmica de referencia a 10°C de 0,040 W/m·K.

Tabla 100. Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios.

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
D ≤ 35	25	25	30
35 < D ≤ 60	30	30	40
60 < D ≤ 90	30	30	40
90 < D ≤ 140	30	40	50
140 < D	35	40	50

Tabla 101. Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios.

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	35	35	40
$35 < D \leq 60$	40	40	50
$60 < D \leq 90$	40	40	50
$90 < D \leq 140$	40	50	60
$140 < D$	45	50	60

Además, las redes de tuberías con funcionamiento continuo aumentarán en 5 mm el espesor del aislante indicado en las tablas y los accesorios usarán el mismo espesor de aislamiento que el de la tubería donde estén instalados.

Con éstos datos, el espesor de aislamiento de las tuberías es:

Tabla 102. Espesor mínimo del aislamiento de las tuberías.

Tramo	D [mm]	DN [mm]	T [°C]	Espesor mínimo del aislamiento [mm]
Tubería interna	16	18	>60...100	25 + 5 = 30
Tubería externa	16	18	>60...100	35 + 5 = 40

El interacumulador tiene aislamiento de fábrica conforme al CTE según el fabricante, por tanto, no se calcula su aislamiento.

### 8. Cálculo del vaso de expansión.

El sistema de expansión tiene la función de absorber las variaciones de volumen del fluido caloportador, que circula por la instalación (circuito cerrado), al variar su temperatura, manteniendo la presión entre límites preestablecidos mientras impide pérdidas y reposiciones de la masa del fluido.

El cálculo del vaso de expansión sigue el método descrito en la norma UNE 100155, que utiliza la siguiente ecuación:

$$Vt = (V \cdot Ce + V_{vap} + V_{mín}) \cdot Cp$$

Siendo:

- $V_t$ , volumen total del vaso de expansión [litros].
- $V$ , volumen total del fluido en el circuito [litros].
- $C_e$ , coeficiente de expansión del fluido.
- $V_{vap}$ , volumen de los captadores y tuberías situadas por encima de la menor cota de ubicación de los captadores [litros].
- $V_{mín}$ , volumen mínimo del líquido caloportador que ha de contener el vaso de expansión en las condiciones de mínima temperatura de la instalación, para evitar posibles succiones de aire [litros].
- $C_p$ , coeficiente de presión.

Los coeficientes de expansión y presión quedan definidos por las siguientes ecuaciones:

$$C_e = \frac{V_u}{V} = (-2708,3 + 102,13 \cdot T + 3,24 \cdot T^2) \cdot 10^{-6} \text{ [fórmula válida para } 30 \text{ }^\circ\text{C} \leq T \leq 210 \text{ }^\circ\text{C}]$$

$$C_p = \frac{V_t}{V_u} = \frac{P_M}{P_M - P_m} \text{ [Para vasos cerrados con diafragma]}$$

Donde:

- $V$ , volumen total del fluido en el circuito [litros].
- $V_u$ , volumen útil del vaso de expansión [litros].
- $V_t$ , volumen total del vaso de expansión [litros].
- $T$ , temperatura máxima del fluido caloportador [ $^\circ\text{C}$ ].
- $P_M$ , presión máxima en el vaso [bar].
- $P_m$ , presión mínima en el vaso [bar].

En primer lugar, se calcula el volumen total del fluido en el circuito:

Tabla 103. Volumen total del fluido en el circuito.

	Longitud [m]	Diámetro [metros]	Volumen [litros]
Tuberías	103,78	0,016	20,87
Captadores	Producto del volumen unitario del captador, 1,5 litros, extraído de la ficha técnica y el total de captadores, 8 captadores.		12
Bombas	0,18	0,0254	0,09
Intercambiador	Extraído de la ficha técnica		37,35
Total			70,31

La temperatura máxima de funcionamiento del sistema es de 95°C definida por las características del interacumulador. Con éste dato se calcula el coeficiente de expansión:

$$C_e = \frac{Vu}{V} = (-2708,3 + 102,13 \cdot 95 + 3,24 \cdot 95^2) \cdot 10^{-6} = 0,036$$

Para sistemas con temperaturas superiores a 90°C la presión mínima es como mínimo 0,5 bar. A ésta presión se le suma la presión estática del fluido porque hay una diferencia de altura ( $\approx 4$  m) entre el punto más alto de la instalación y la ubicación del vaso de expansión. Por otro lado, la presión máxima se considera el 90% de la presión de tarado de la válvula de seguridad (10 bar).

Con los datos anteriores el coeficiente de presión es igual a:

$$C_p = \frac{P_M}{P_M - P_m} = \frac{0,9 \cdot 10 [bar]}{0,9 \cdot 10 [bar] - (0,5 [bar] + 4 [mca] \cdot 0,1 \left[ \frac{bar}{mca} \right])} = 1,12$$

El volumen de líquido contenido en los captadores y en las tuberías situadas sobre la cota más baja de los captadores se  $V_{vap}$ . El volumen de dichas tuberías se considera un 20% del volumen total de las tuberías.

$$V_{vap} = V_{captadores} + 0,2 \cdot V_{tuberías} = 12 + 0,2 \cdot 20,87 [litros] = 16,17 [litros]$$

Como se emplea un vaso de expansión cerrado con diafragma, no se absorbe oxígeno de aire, por lo tanto,  $V_{min}$  en este caso es despreciable.

Con los datos anteriores, el volumen total del vaso de expansión necesario es de:

$$V_t = (V \cdot C_e + V_{vap} + V_{mín}) \cdot C_p$$

$$V_t = (70,31 \cdot 0,036 + 16,17 + 0) \cdot 1,12 = 20,95 [litros]$$

Se necesita un vaso de expansión con un volumen de al menos 20,95 litros y una presión máxima de trabajo igual a la de los captadores, 10 bar. Se elige el IBAIONDO 35 CMR-P que cumple con las demandas de la instalación.

**Modelos con patas 10 bar (membrana recambiable)**

Peso (Kg)	Código	Modelo	Capacidad (Lt)	Presión Máx. (bar)	Dimensiones		R Conexión agua
					Ø D (mm)	H (mm)	
10	01035249	35 CMR	35	10	360	615	1"
12	01050249	50 CMR	50	10	360	750	1"
16	03080239	80 CMR	80	10	450	750	1"
18	03100039	100 CMR	100	10	450	850	1"
38	03150039	150 CMR	150	10	485	1155	1 1/2"
49	03220039	220 CMR	200	10	485	1400	1 1/2"
60	03350039	350 CMR	300	10	485	1965	1 1/2"
90	03500039	500 CMR	500	10	600	2065	1 1/2"
158	03700039	700 CMR	700	10	700	2145	1 1/2"
274	03911039	1000 CMR	1000	10	800	2375	1 1/2"

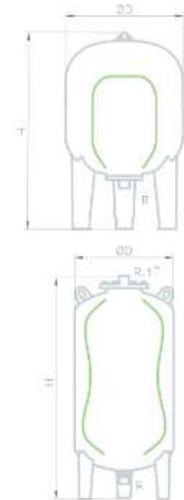


Figura 19. Ficha técnica vaso de expansión IBAIONDO 35 CMR-P.

### 9. Cálculo del sistema de apoyo.

Puesto que no siempre es posible tener la producción de energía solar térmica necesaria para cubrir la demanda, se recurre a un sistema de apoyo para garantizar el suministro de ACS. El sistema de apoyo consistirá en una caldera de condensación, que deberá tener potencia como para trabajar continuamente sin contribución de energía solar.

Para dimensionar la caldera se considera que debe ser capaz de elevar la temperatura media del agua de la red, contenida en el acumulador, hasta 60°C, durante una hora.

Por tanto, la potencia necesaria será:

$$P_{caldera} = V_{acumulador} \cdot C_e \cdot \Delta T \cdot \frac{1}{t} = 1435 [kg] \cdot 4,18 \left[ \frac{kJ}{kg \cdot K} \right] \cdot (60 - 17,3)[K] \cdot \frac{1}{3600} \left[ \frac{1}{s} \right] = 71,15 kW$$

Siendo:

- $V_{acumulador}$ , volumen del acumulador obtenido del catálogo.
- $C_e$ , calor específico del agua.
- $\Delta T$ , incremento de temperatura desde 17,3 [°C] (temperatura media anual del agua de red), hasta 60 [°C].
- $t$ , duración de actuación del sistema de apoyo [s].

Para satisfacer esa demanda se elige la caldera de condensación VAILLANT VM ES 806/5-5

**Ficha de producto** (según la Norma de la UE nº 811/2013)

(a) Nombre del proveedor o marca comercial	Vaillant				
(b) Identificador del modelo del proveedor	VM ES 806/5-5				
(c) Clase de Eficiencia energética estacional en calefacción	A				
(d) Potencia térmica nominal, incluyendo la potencia de cualquier generador suplementario	74	kW			
(e) Eficiencia energética estacional en calefacción	92	%			
(f) Consumo anual de energía	63917	kWh	y / o	230	GJ
(g) Nivel de potencia sonora, dentro	54	dB(A)			
(h) Precauciones específicas para el montaje, instalación y mantenimiento	Antes de proceder al montaje, instalación o mantenimiento deben leerse los manuales de usuario e instalación y seguir las instrucciones				

Figura 20. Ficha técnica VAILLANT VM ES 806/5-5.



**ESCUELA SUPERIOR DE  
INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA**

SECCIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

# CAPÍTULO 3: PLANOS

## **TRABAJO DE FIN DE GRADO:**

Instalaciones de Baja tensión, Iluminación  
y ACS de centro de enseñanza artística

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

PRESENTADO POR:

ALEJANDRO VINAGRE LUIS

DIRIGIDO POR:

JOSÉ FRANCISCO GÓMEZ GONZÁLEZ

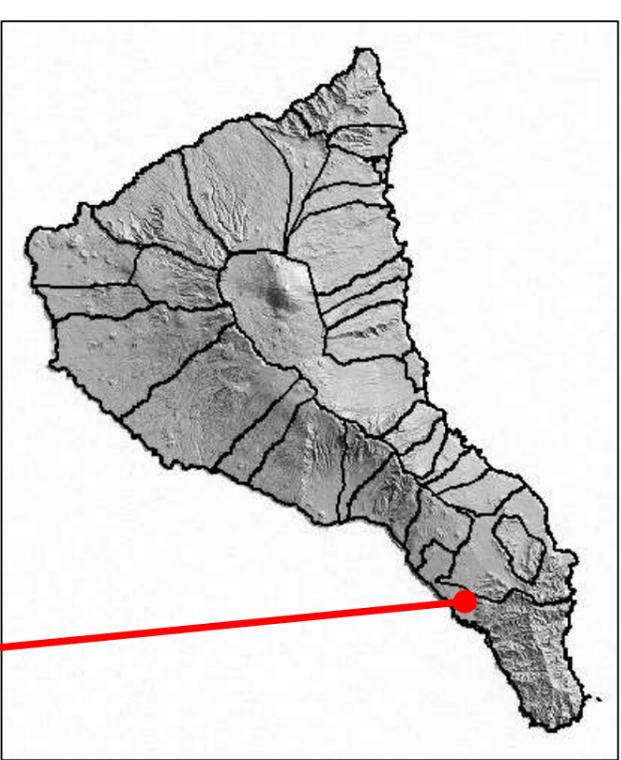
PRESENTADO EN SEPTIEMBRE 2017



## Índice de contenidos

Plano 1: plano de situación.....	164
Plano 2: distribución.....	165
Plano 3: luminarias.....	166
Plano 4: derivación individual y líneas de alimentación.....	167
Plano 5: circuitos de fuerza.....	168
Plano 6: circuitos de alumbrado interior.....	169
Plano 7: circuito de alumbrado de emergencia.....	170
Plano 8: recorrido de evacuación.....	171
Plano 9: esquema unifilar.....	172
Plano 10: circuito acs cubierta.....	173
Plano 11: circuito acs planta.....	174
Plano 12: entorno del edificio.....	175

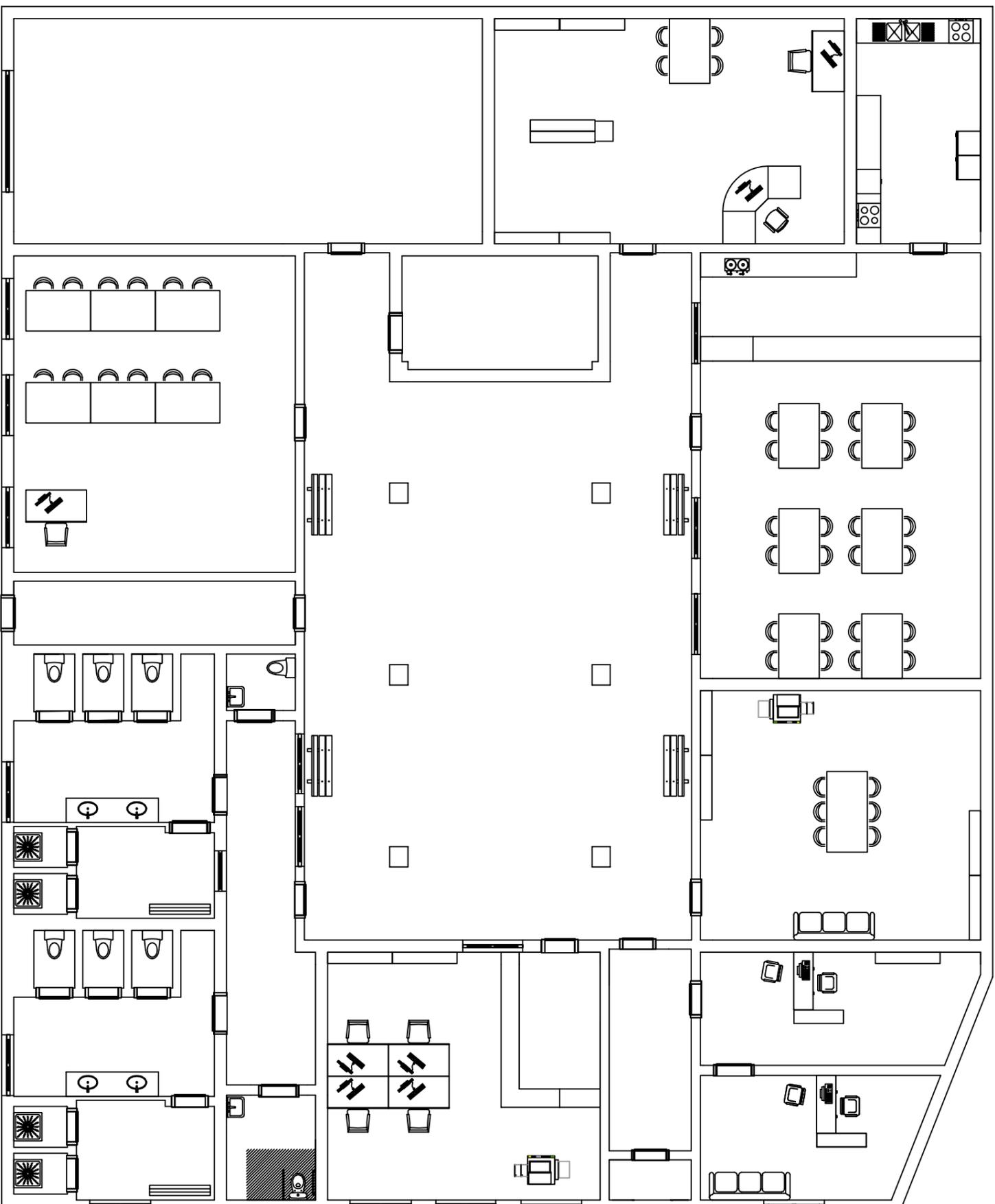




**SANTA CRUZ DE TENERIFE**

**PARCELA**

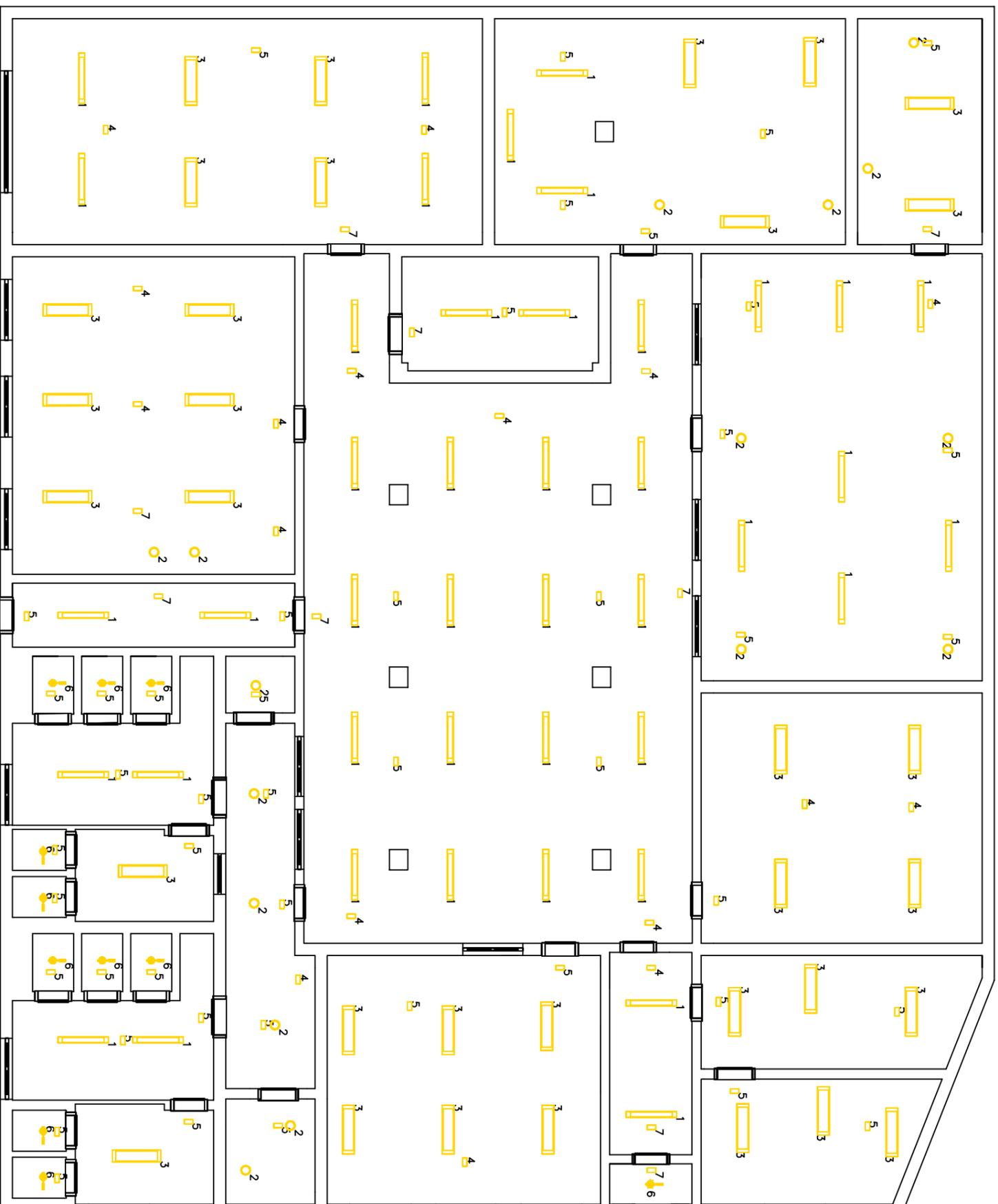
<b>INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN, ILUMINACIÓN Y ACS PARA CENTRO DE ENSEÑANZA ARTÍSTICA</b>			
	<b>Fecha</b>	<b>Autor</b>	
<i>Dibujado</i>	JUL-2017	Alejandro Vinagre Luis	 Universidad de La Laguna
<i>Comprobado</i>	SEP-2017		
<i>Id. s. normas</i>		UNE-EN-DIN	
<b>ESCALA:</b> S/E	<b>PLANO DE SITUACIÓN</b>		E.S.I.T. Grado Ingeniería Mecánica Industrial Universidad de La Laguna
			Nº P. : 1 Nº Pág. Doc. : 164 Nom.Arch: plano_situación.dwg



**INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN, ILUMINACIÓN Y ACS PARA CENTRO DE ENSEÑANZA ARTÍSTICA**

Fecha	Autor	ULL	
Dibujado JUL-2017	Alejandro Vinagre Luis	<b>ULL</b> Universidad de La Laguna	
Comprobado SEP-2017			
Id. s. normas UNE-EN-DIN		Grado Ingeniería Mecánica Industrial Universidad de La Laguna	
ESCALA: 1:120		Nº p. : 2 Nº Pág. Doc. : 165 Nom. Arch: plano_distribución.dwg	

**DISTRIBUCIÓN**



Lista de luminarias

Índice	Fabricante	Nombre del artículo	Volumen de artículo	Luz (lm)	Peso (kg)	Factor de depreciación	Potencia de consumo (W)	Cantidad
1	PHILIPS	RC418 02 P40 WBL125 14EDV05/030	14EDV05/030	2000 lm	0,80	0,80	17,8 W	42
2	PHILIPS	TR8120 14E-06/0P14W 14EDV05/040	14E-06/0P14W	1000 lm	0,80	0,80	17 W	17
3	PHILIPS	RC418 02 P40 WBL125 14EDV05/040	14EDV05/040	4000 lm	0,80	0,80	30 W	33
4	LEGRAND	UNA ONE NM 100LM HI P42 310	081021	100 lm	0,80	0,80	8 W	17
5	LEGRAND	UNA ONE NM 70LM HI P42 310	081020	70 lm	0,80	0,80	8 W	48
6	PHILIPS	DH808 14EDV05/040 F 14EDV05/040/-	14EDV05/040/-	800 lm	0,80	0,80	8 W	10
7	LEGRAND	UNA ONE NM 50LM HI P42 310	081022	100 lm	0,80	0,80	8 W	9

**INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN, ILUMINACIÓN Y ACS PARA CENTRO DE ENSEÑANZA ARTÍSTICA**

Fecha		Autor	
Dibujado	JUL-2017	Alejandro Vinagre	Luis
Comprobado	SEP-2017		
Id. s. normas		UNE-EN-DIN	
ESCALA: 1:120		LUMINARIAS	

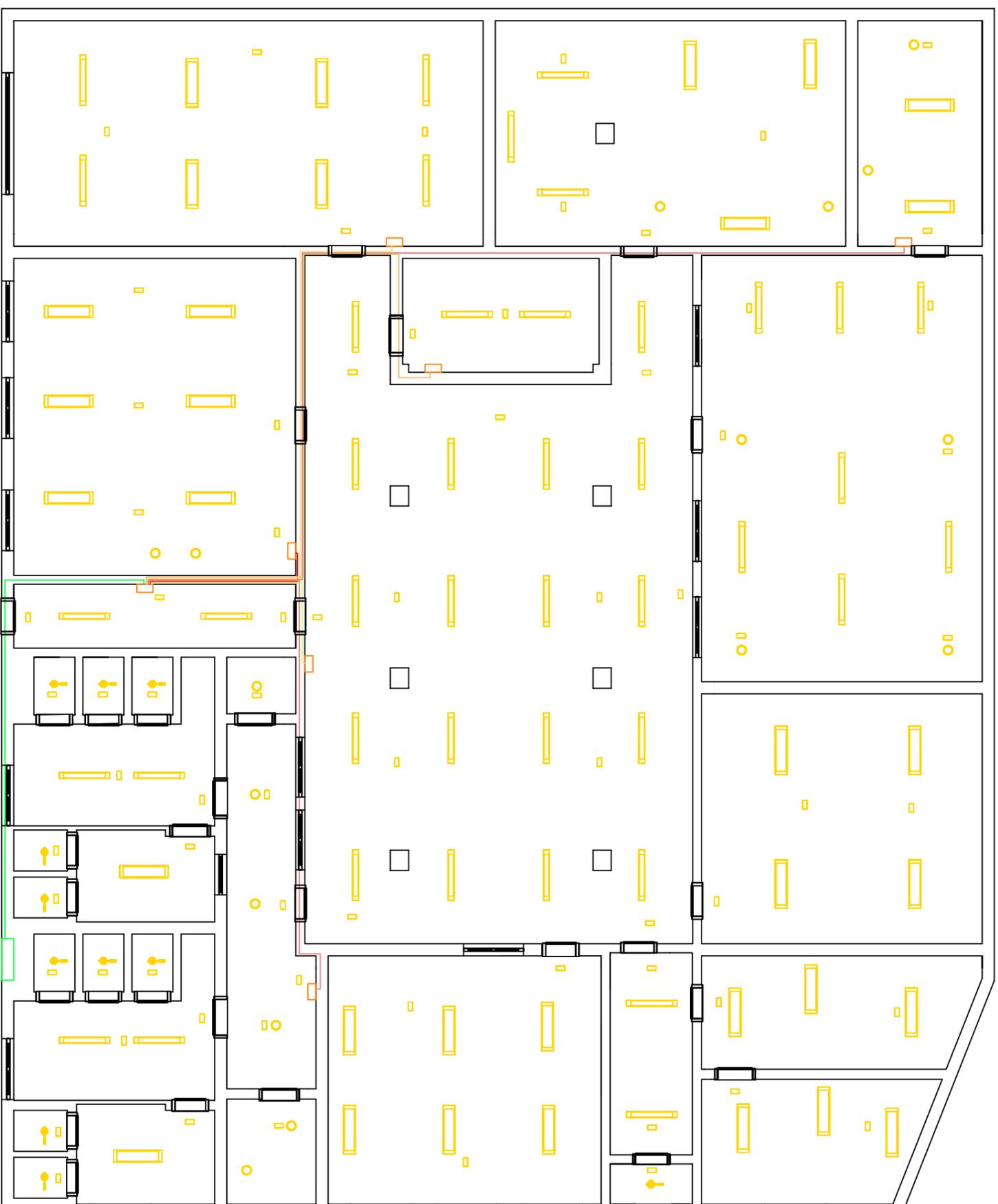
E.S.I.T.

Grado Ingeniería Mecánica Industrial  
Universidad de La Laguna

Nº P. : 3

Nº Pág. Doc. : 166

Non-Arch: plano\_luminarias.dwg



Leyenda	
Derivación individual	
L1 Cocina	
L2 Baños	
L3 Aula 1	
L4 Aula 2	
L5 ACS	
L6 Hall	
Cuadro	

**INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN, ILUMINACIÓN Y ACS PARA CENTRO DE ENSEÑANZA ARTÍSTICA**

Fecha	Autor	ULL	
Dibujado JUL-2017	Alejandro Vinagre Luis		E.S.I.T. Grado Ingeniería Mecánica Industrial Universidad de La Laguna
Comprobado SEP-2017			
Id. s. normas UNE-EN-DIN			
ESCALA: 1:120	DERIVACIÓN INDIVIDUAL Y LINEAS DE ALIMENTACIÓN		Nº P. : 4 Nº Pág. Doc. : 167 Nom.Arch: plano_bt_1.dwg



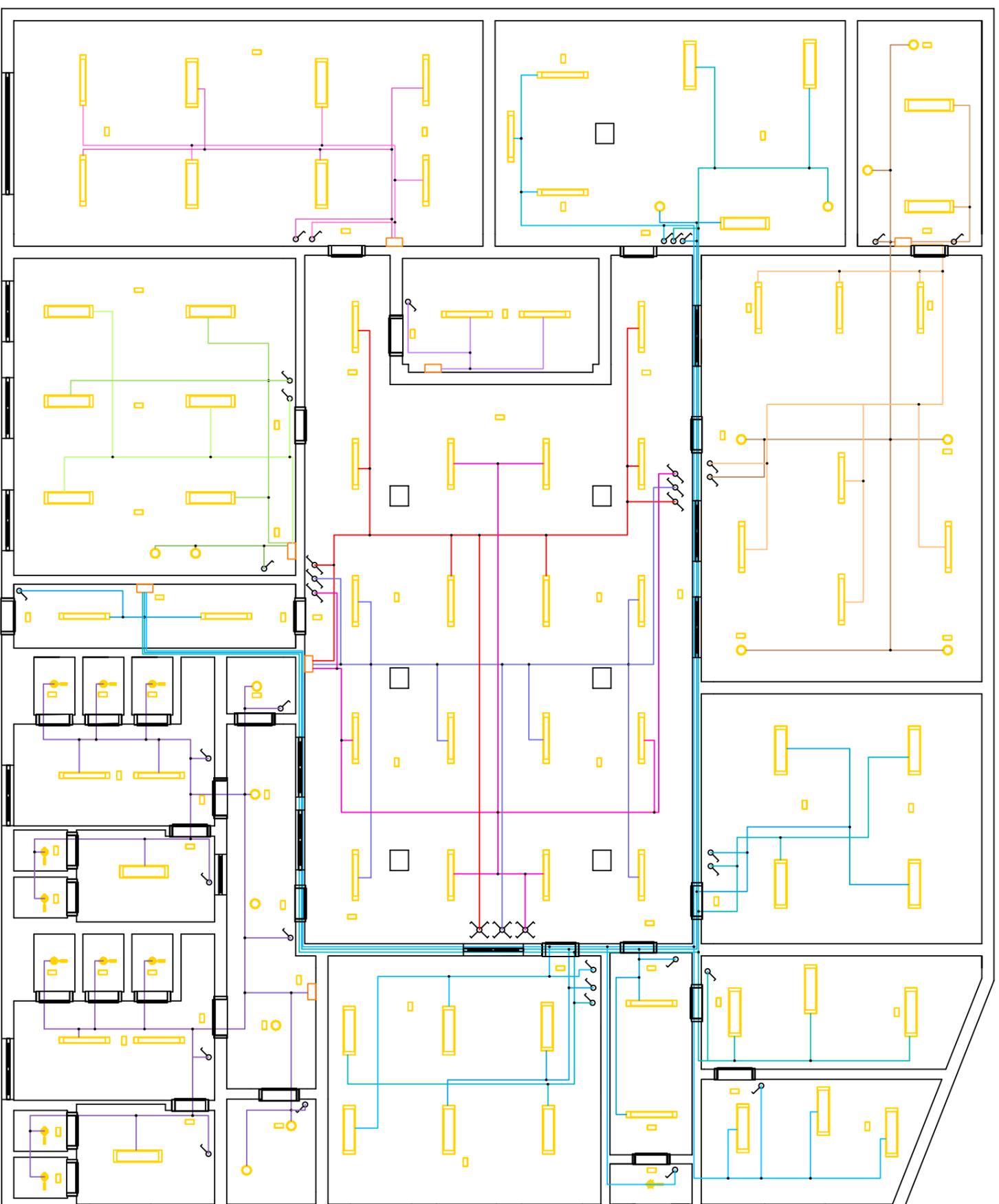
**Leyenda**

**Conductores de circuitos de fuerza**

Subcuadro Cocina	C2	Subcuadro Baños	C2	Sucudro Aula 1	C2	Audcuadro Aula 2	C2	Subcuadro ACS	C2	Subcuadro Hall	C2
Subcuadro General	C2a	Subcuadro Cocina	C2	Subcuadro Baños	C2	Sucudro Aula 1	C2	Subcuadro ACS	C2	Subcuadro Hall	C2
Subcuadro General	C2b	Subcuadro Cocina	C3	Subcuadro Baños	Simbolos	Sucudro Aula 1	Simbolos	Subcuadro ACS	Simbolos	Subcuadro Hall	Simbolos

**INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN, ILUMINACIÓN Y ACS PARA CENTRO DE ENSEÑANZA ARTÍSTICA**

<b>Fecha</b>	<b>Autor</b>	 <b>ULL</b> Universidad de La Laguna	<b>E.S.I.T.</b> Grado Ingeniería Mecánica Industrial Universidad de La Laguna
<i>Dibujado</i>	JUL-2017		
<i>Comprobado</i>	SEP-2017	UNE-EN-DIN	
<i>Id. s. normas</i>			
<b>ESCALA:</b>	<b>CIRCUITOS DE FUERZA</b>		
1:120	Nº p. : 5 Nº Pág. Doc. : 168 Nom.Arch: plano_bt_2.dwg		



**Leyenda**

Conductores de circuitos de alumbrado

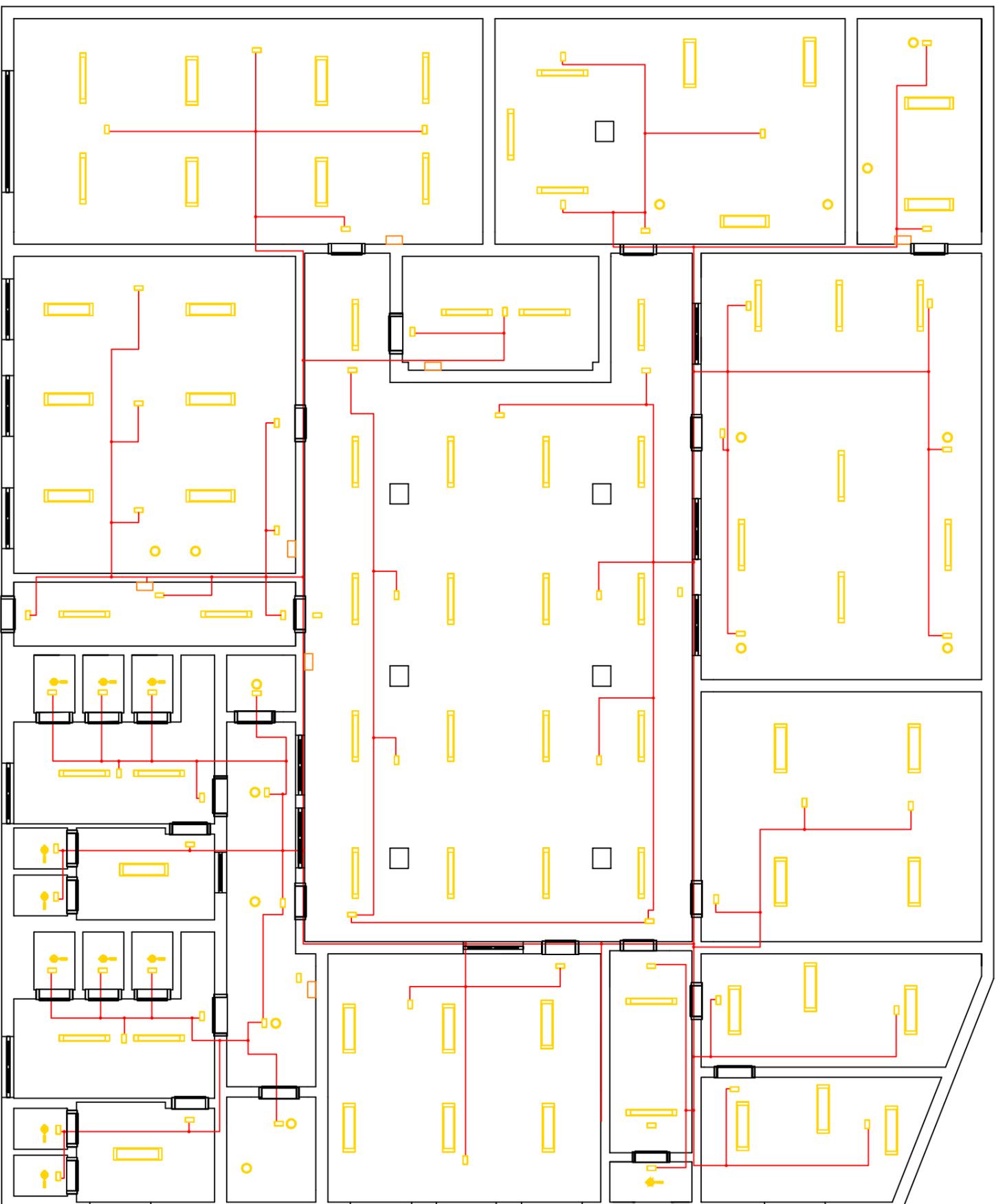
Cuadro General	Subcuadro Cocina	Subcuadro Baños	Subcuadro Aula 1	Subcuadro Aula 2	Subcuadro ACS	Subcuadro Hall
C1a	C1a	C1	C1a	C1a	C1	C1a
C1b	C1b		C1b	C1b		C1b
C1c	C1c		C1c	C1c		C1c

Otros símbolos

	Cuadro		Interruptor		Commutador		Commutador de cruzamiento
--	--------	--	-------------	--	------------	--	---------------------------

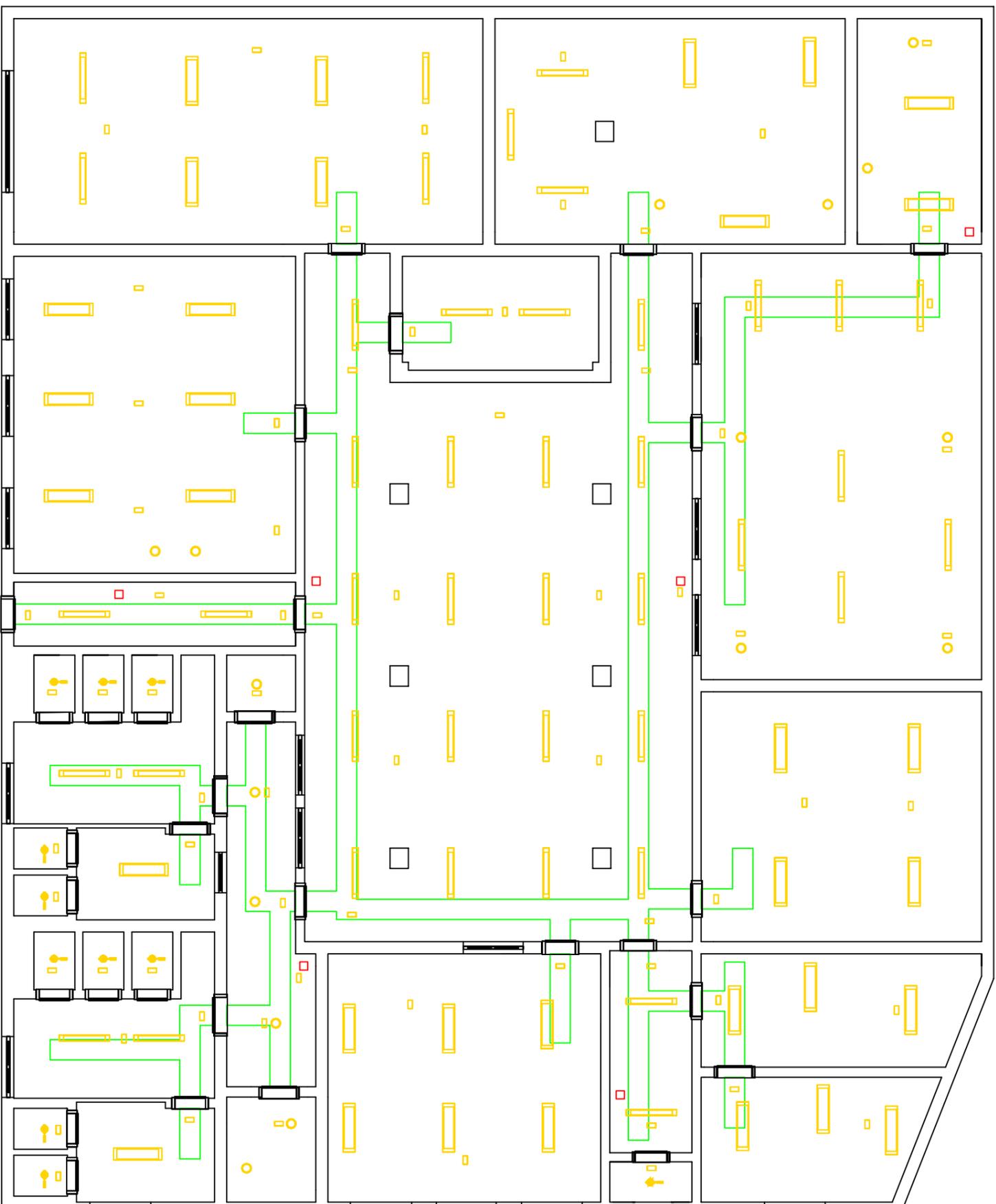
**INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN, ILUMINACIÓN Y ACS PARA CENTRO DE ENSEÑANZA ARTÍSTICA**

<b>Dibujado</b>	JUL-2017	<b>Autor</b>	Alejandro Vinagre Luis	 <b>ULL</b> Universidad de La Laguna	<b>E.S.I.T.</b> Grado Ingeniería Mecánica Industrial Universidad de La Laguna
<b>Comprobado</b>	SEP-2017				
<b>Id. s. normas</b>	UNE-EN-DIN				
<b>ESCALA:</b>	1:120		<b>CIRCUITOS DE ALUMBRADO INTERIOR</b>		Nº P. : 6 Nº Pág. Doc. : 169 Nom.Archi: plano_bt_3.dwg



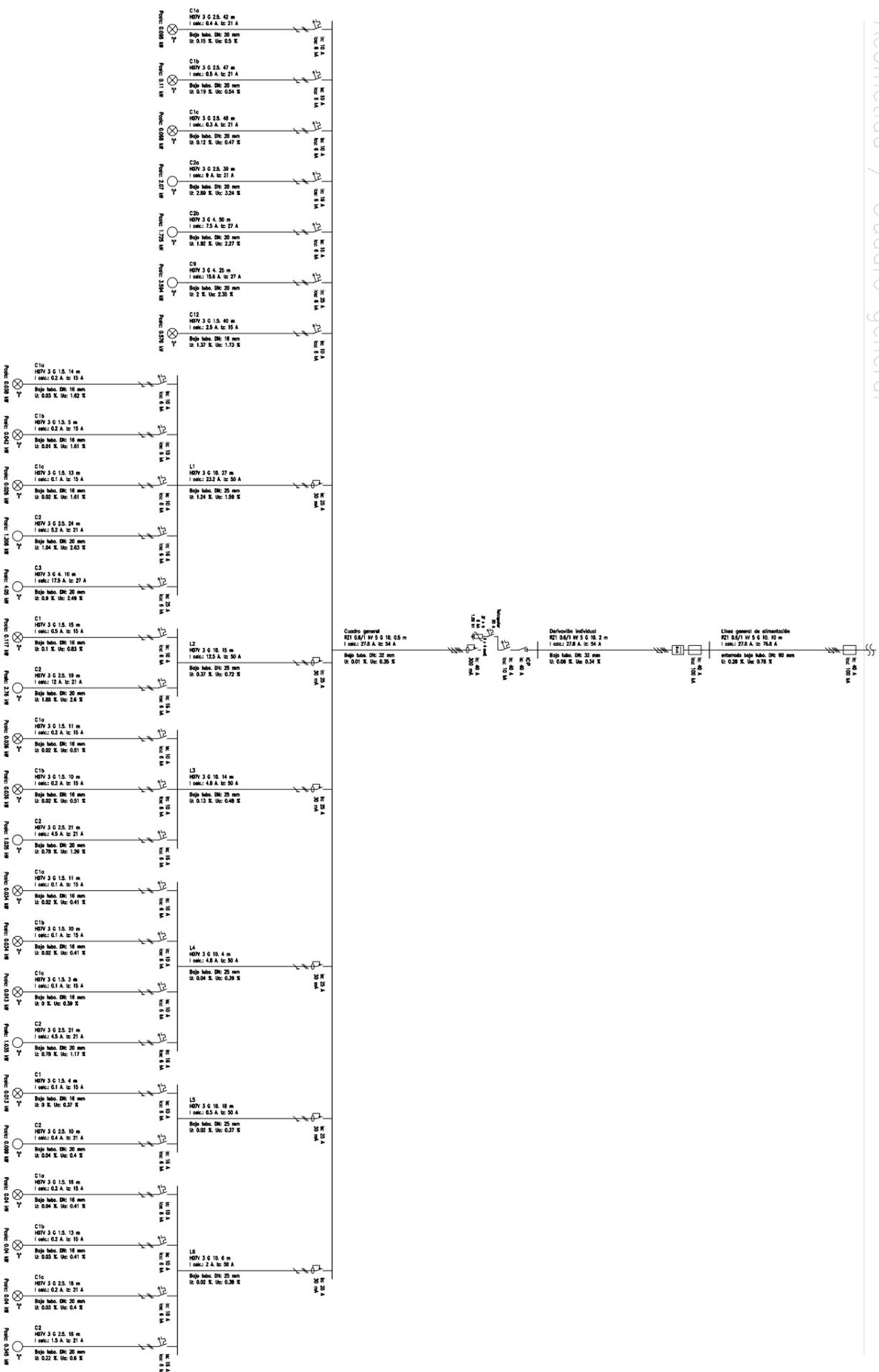
Leyenda	
Conductores alumbrado de emergencia	
Cuadro	

INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN, ILUMINACIÓN Y ACS PARA CENTRO DE ENSEÑANZA ARTÍSTICA			
	Fecha	Autor	
Dibujado	JUL-2017	Alejandro Vinagre Luis	 Universidad de La Laguna
Comprobado	SEP-2017		
Id. s. normas		UNE-EN-DIN	
ESCALA: 1:120	CIRCUITO ALUMBRADO DE EMERGENCIA		E.S.I.T. Grado Ingeniería Mecánica Industrial Universidad de La Laguna
			Nº p. : 7 Nº Pág. Doc. : 170 Nom.Arch: plano_emergencia.dwg

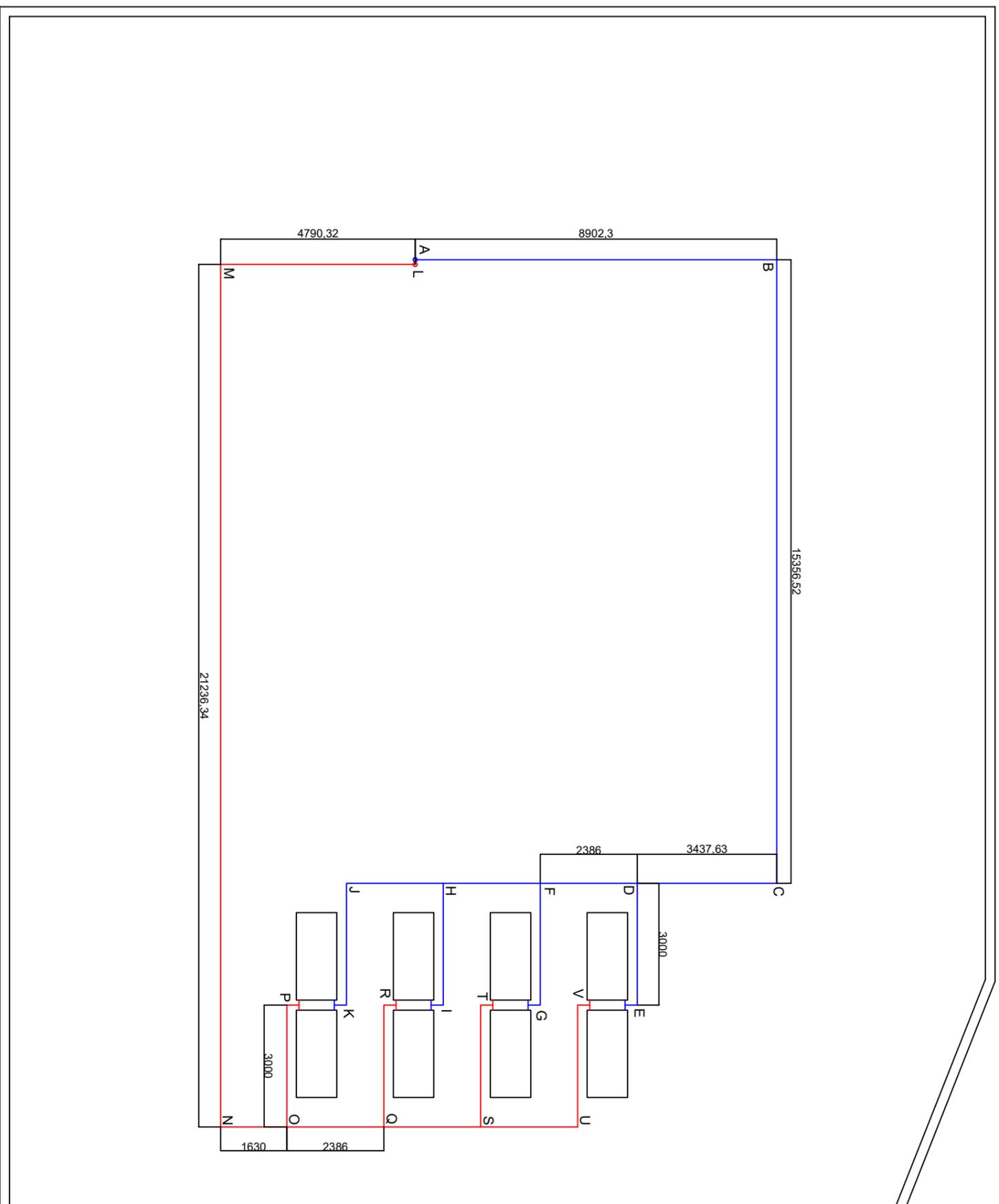


Leyenda	
Recorrido de evacuación	
Extintor	

INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN, ILUMINACIÓN Y ACS PARA CENTRO DE ENSEÑANZA ARTÍSTICA			
Fecha	Autor	ULL	
Dibujado JUL-2017	Alejandro Vinagre Luis	Universidad de La Laguna	
Comprobado JUL-2017			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN	Grado Ingeniería Mecánica Industrial Universidad de La Laguna	
ESCALA: 1:120	RECORRIDO DE EVACUACIÓN		Nº p. : 8 Nº Pág. Doc. : 171 Nom. Arch: plano_evacuación.dwg

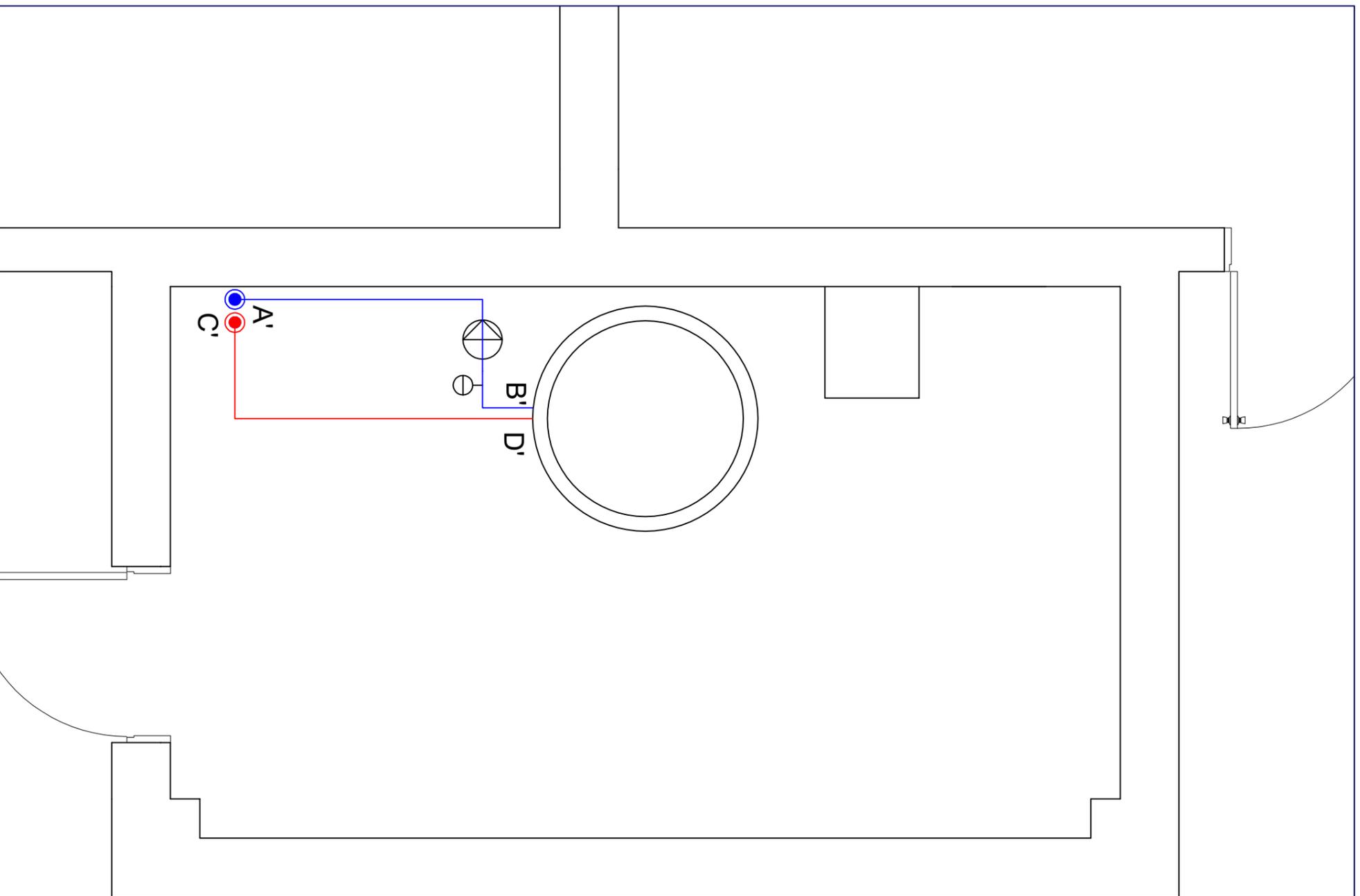


<b>INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN, ILUMINACIÓN Y ACS PARA CENTRO DE ENSEÑANZA ARTÍSTICA</b>		Fecha	Autor	<b>U.L.L.</b> Universidad de La Laguna	E.S.I.T. Grado Ingeniería Mecánica Industrial Universidad de La Laguna
		Dibujado	JUL-2017		
ESCALA: 8:1		Comprobado	Id. s. normas	UNE-EN-DIN	Nº P.: 9 Nº Pág. Doc.: 172 Nom.Arch: plano_unifilar.dwg
		Id. s. normas	UNE-EN-DIN		



Leyenda	
Tubería de impulsión	
Tubería de retorno	
Captador solar	

INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN, ILUMINACIÓN Y ACS PARA CENTRO DE ENSEÑANZA ARTÍSTICA			
Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	E.S.I.T. Grado Ingeniería Mecánica Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado JUL-2017	Alejandro Vinagre Luis		
Comprobado SEP-2017			
Id. s. normas UNE-EN-DIN			
ESCALA: 1:120	CIRCUITO ACS CUBIERTA		Nº P. : 10 Nº Pág. Doc. : 173 Nom.Arch: plano_acs_cubierta.dwg

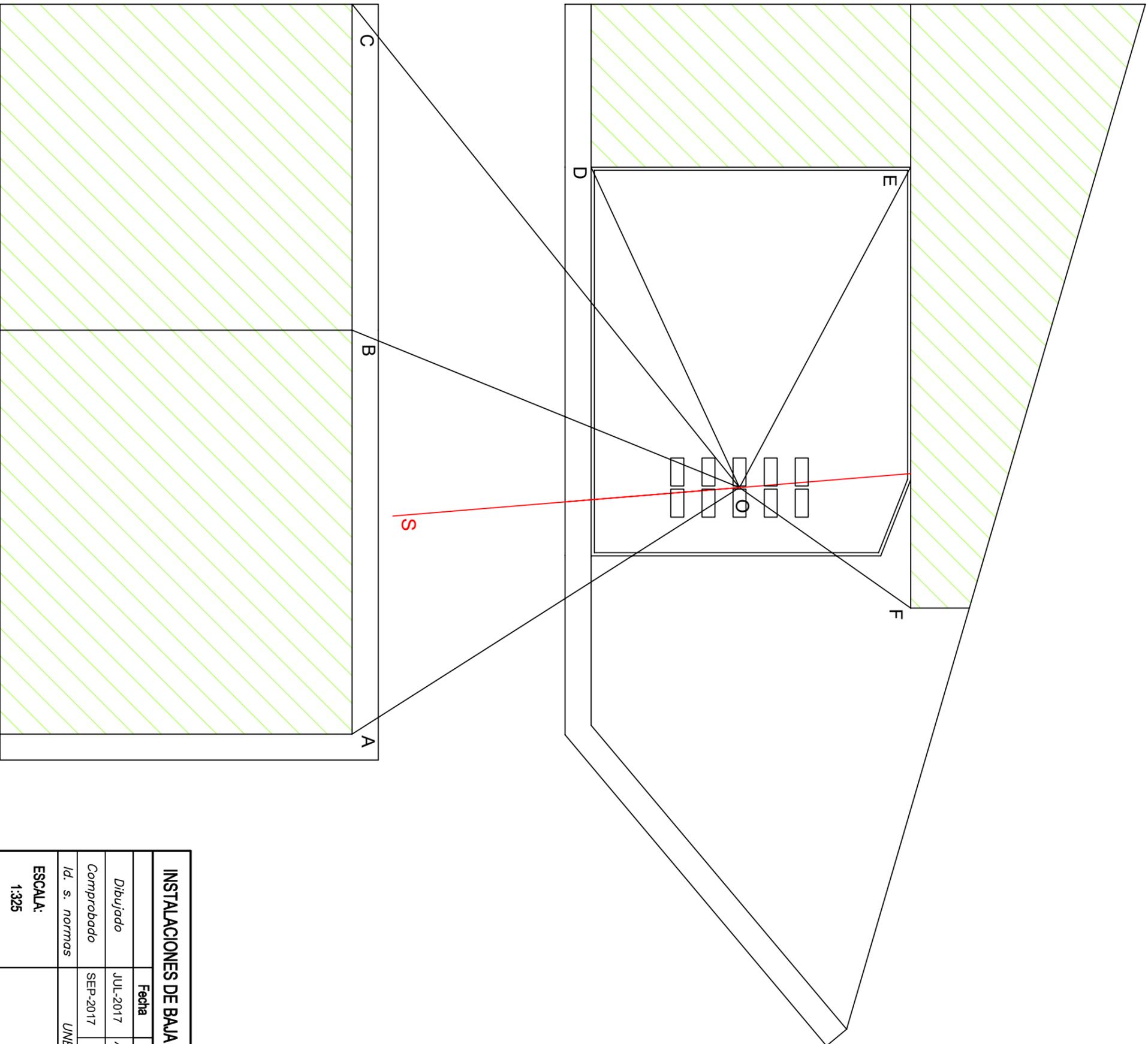


## Leyenda

Tubería de impulsión	
Tubería de retorno	
Bomba	
Vaso de expansión	
Interacumulador	
Caldera	

### INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN, ILUMINACIÓN Y ACS PARA CENTRO DE ENSEÑANZA ARTÍSTICA

<b>Fecha</b>	<b>Autor</b>	 <b>ULL</b> Universidad de La Laguna	<b>E.S.I.T.</b> Grado Ingeniería Mecánica Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	Alejandro Vinagre Luis		
Comprobado	SEP-2017	UNE-EN-DIN	Nº P. : 11
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		Nº Pág. Doc. : 174
ESCALA:		CIRCUITO ACS PLANTA	Non_Arch: plano_acs_planta.dwg
1:120			



Leyenda		Ángulos					
OA	35.1100	OD	27.0900	SCB	27°	SOE	128°
OB	32.0700	OE	27.8700	SCC	56°	SOA	28°
OC	47.5200	OF	16.0500	SCD	70°	SOE	140°

Edificio colindante  
Referencia sur geográfica

**INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN, ILUMINACIÓN Y ACS PARA CENTRO DE ENSEÑANZA ARTÍSTICA**

Fecha		Autor	
Dibujado	JUL-2017	Alejandro Vinagre	Luis
Comprobado	SEP-2017		
Id. s. normas		UNE-EN-DIN	

**ESCALA:**  
1:325

**ENTORNO DEL EDIFICIO**

**U.L.L.**  
Universidad de La Laguna

**E.S.I.T.**  
Grado Ingeniería Mecánica Industrial  
Universidad de La Laguna

Nº P. : 12  
Nº Pág. Doc. : 175  
Nom.Arch: plano\_entorno.dwg

**ESCUELA SUPERIOR DE  
INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA**

SECCIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

# **CAPÍTULO 4: PLIEGO DE CONDICIONES**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO:**

Instalaciones de Baja tensión, Iluminación  
y ACS de centro de enseñanza artística

**GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA**

PRESENTADO POR:

ALEJANDRO VINAGRE LUIS

DIRIGIDO POR:

JOSÉ FRANCISCO GÓMEZ GONZÁLEZ

PRESENTADO EN SEPTIEMBRE 2017



## Índice de contenidos.

1	Disposiciones generales o generalidades.....	183
1.1	Ámbito del presente pliego general de condiciones.....	183
1.2	Documentación del contrato ámbito del presente pliego general de condiciones.....	183
1.3	Forma y dimensiones. ....	184
1.4	Condiciones generales que deben cumplir los materiales y unidades de obra.....	184
1.5	Documentos de obra.....	184
1.6	Legislación social. ....	184
1.7	Seguridad pública. ....	185
1.8	Normativa de carácter general. ....	185
2.	Condiciones de índole facultativo.....	191
2.1	Definiciones.....	192
2.1.1	Propiedad o Propietario.....	192
2.1.2	Ingeniero-director. ....	193
2.1.3	Dirección facultativa.....	194
2.1.4	Suministrador.....	194
2.1.5	Contrata o Contratista.....	194
2.1.6	Coordinador de Seguridad y Salud.....	197
2.1.7	Entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación.....	198
2.2	Oficina de obra.....	199
2.3	Trabajos no estipulados en el pliego de condiciones generales.....	199
2.4	Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto.....	200
2.5	Reclamaciones contra las órdenes del ingeniero-director.....	200
2.6	Recusación por el contratista de la dirección facultativa.....	200
2.7	Despidos por falta de subordinación, por incompetencia o por manifiesta mala fe.....	201
2.8	Daños materiales.....	201
2.9	Responsabilidad civil.....	201
2.10	Accesos y vallado de las obras.....	203
2.11	Replanteo.....	203
2.12	Orden de los trabajos.....	204
2.13	Facilidades para otros contratistas.....	204
2.14	Libro de órdenes.....	205
2.15	Condiciones generales de ejecución de los trabajos.....	205
2.16	Ampliación del proyecto por causas imprevistas.....	205
2.17	Prórrogas por causas de fuerza mayor.....	206

2.18 Obras ocultas.....	206
2.19 Trabajos defectuosos.....	206
2.20 Modificación de trabajos defectuosos. ....	207
2.21 Vicios ocultos.....	207
2.22 Materiales y su procedencia.....	207
2.23 Presentación de muestras.....	208
2.24 Materiales no utilizados. ....	208
2.25 Materiales y equipos defectuosos.....	208
2.26 Medios auxiliares.....	209
2.27 Limpieza de las obras.....	209
2.28 Comprobación de las obras.....	209
2.29 Obras sin prescripciones.....	209
2.30 Acta de recepción.....	210
2.31 Normas para las recepciones provisionales. ....	211
2.32 Documentación final. ....	211
2.33 Conservación de las obras recibidas provisionalmente. ....	213
2.34 Medición definitiva de los trabajos. ....	213
2.35 Recepción definitiva de las obras.....	215
2.36 De las recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida. ....	215
2.37 Plazo de garantía. ....	215
2.38 Prórroga del plazo de garantía. ....	216
3 Condiciones de índole económica.....	216
3.1 Base fundamental.....	216
3.2 Garantía.....	216
3.3 Fianza.....	217
3.4 Ejecución de los trabajos con cargo a la fianza. ....	218
3.5 De su devolución en general. ....	218
3.6 De su devolución en caso de efectuarse recepciones parciales.....	218
3.7 Revisión de precios.....	218
3.8 De la revisión de los precios contratados.....	219
3.9 Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas.....	219
3.10 Descomposición de los precios unitarios. ....	220
3.10.1 Materiales.....	221
3.10.2 Mano de obra. ....	221
3.10.3 Transportes de materiales.....	221
3.10.4 Tanto por ciento de medios auxiliares y de seguridad.....	221

3.10.5 Tanto por ciento de seguros y cargas fiscales.....	221
3.10.6 Tanto por ciento de gastos generales y fiscales.....	221
3.10.7 Tanto por ciento de beneficio industrial del contratista.....	221
3.11 Precios e importes de ejecución material.....	222
3.12 Precios e importes de ejecución por contrata.....	222
3.13 Gastos generales y fiscales.....	222
3.14 Gastos imprevistos.....	222
3.15 Beneficio industrial.....	223
3.16 Honorarios de la dirección técnica y facultativa.....	223
3.17 Gastos por cuenta del contratista.....	223
3.17.1 Medios auxiliares.....	223
3.17.2 Abastecimiento de agua.....	223
3.17.3 Energía eléctrica.....	223
3.17.4 Vallado.....	223
3.17.5 Accesos.....	224
3.17.6 Materiales no utilizados.....	224
3.17.7 Materiales y aparatos defectuosos.....	224
3.17.8 Ensayos y pruebas.....	224
3.18 Precios contradictorios.....	224
3.19 Mejoras de obras libremente ejecutadas.....	225
3.20 Abono de las obras.....	225
3.21 Abono de trabajos presupuestados por partida alzada.....	226
3.22 Abonos de otros trabajos no contratados.....	227
3.23 Abono de trabajos ejecutados en el periodo de garantía.....	227
3.24 Obras no terminadas.....	227
3.25 Certificaciones.....	228
3.26 Demora en los pagos.....	229
3.27 Penalización económica al contratista por el incumplimiento de compromisos.....	230
3.28 Mejoras y aumentos.....	231
3.29 Unidades de obra defectuosas pero aceptables.....	231
3.30 Rescisión del contrato.....	231
3.31 Seguro de las obras.....	232
3.32 Conservación de las obras.....	232
3.33 Uso por el contratista de la edificación o bienes del propietario.....	233
3.34 Pago de arbitrios e impuestos.....	233

3.35	Garantías por daños materiales ocasionados por vicios y defectos de la construcción y montaje de instalaciones.....	233
4	Condiciones de índole legal.....	234
4.1	Documentos del proyecto.....	234
4.2	Plan de obra.....	234
4.3	Planos.....	235
4.4	Especificaciones.....	235
4.5	Objeto de los planos y especificaciones.....	235
4.6	Divergencias entre los planos y especificaciones.....	235
4.7	Errores en los planos y especificaciones.....	235
4.8	Adecuación de planos y especificaciones.....	235
4.9	Instrucciones adicionales.....	236
4.10	Copias de los planos para realización de los trabajos.....	236
4.11	Propiedad de los planos y especificaciones.....	236
4.12	Contrato.....	236
4.12.1	Por tanto alzado.....	237
4.12.2	Por unidades de obra ejecutadas.....	237
4.12.3	Por administración directa o indirecta.....	237
4.12.4	Por contrato de mano de obra.....	237
4.13	Contratos separados.....	237
4.14	Subcontratos.....	237
4.15	Adjudicación.....	238
4.16	Subastas y concursos.....	238
4.17	Formalización del contrato.....	238
4.18	Responsabilidad del contratista.....	238
4.19	Trabajos durante una emergencia.....	239
4.20	Suspensión del trabajo por el propietario.....	239
4.21	Derecho del propietario a rescisión del contrato.....	239
4.22	Forma de rescisión del contrato por parte de la propiedad.....	240
4.23	Derechos del contratista para cancelar el contrato.....	240
4.24	Causas de rescisión del contrato.....	240



## **1 Disposiciones generales o generalidades.**

### **1.1 Ámbito del presente pliego general de condiciones.**

El presente Pliego de Condiciones Generales tiene por finalidad regular la ejecución de todas las obras e instalaciones que integran el proyecto en el que se incluye, así como aquellas que estime convenientes su realización la Dirección Facultativa del mismo, estableciendo los niveles técnicos y de calidad exigibles, precisando aquellas actuaciones que correspondan según el contrato y con arreglo a la legislación aplicable, al Propietario de la obra, al Contratista o constructor de la misma, sus técnicos y encargados, al Ingeniero, así como las relaciones entre todos ellos y sus correspondientes obligaciones para el cumplimiento del contrato de obra.

El Contratista se atenderá en todo momento a lo expuesto en el mismo en cuanto a la calidad de los materiales empleados, ejecución, material de obra, precios, medición y abono de las distintas partes de obra.

En referencia a la interpretación del mismo, en caso de oscuridad o divergencia, se atenderá a lo dispuesto por la Dirección Facultativa, y en todo caso a las estipulaciones y cláusulas establecidas por las partes contratantes.

### **1.2 Documentación del contrato ámbito del presente pliego general de condiciones.**

Los documentos que integran el contrato, relacionados por orden de importancia y preferencia, en cuanto al valor de sus especificaciones, en caso de omisión o de aparente contradicción, son los siguientes:

1. Las condiciones fijadas en el propio documento de contrato de empresa o de arrendamiento de obra, si existiera.
2. Memoria, anexos de cálculo, planos, mediciones, y presupuesto.
3. El presente Pliego de Condiciones Generales.
4. Los Pliegos de Condiciones Técnicas.

En las obras y proyectos de instalaciones que así lo requieran:

- Estudio de Seguridad y Salud
- Proyecto de control de la edificación.

Las órdenes e instrucciones de la Dirección facultativa de las obras se incorporan al proyecto como interpretación, complemento o precisión de sus determinaciones.

En cada documento, las especificaciones literales prevalecen sobre las gráficas y en los planos, la cota prevalece sobre la medida a escala.

Deberá incluir aquellas condiciones y delimitación de los campos de actuación de laboratorios y entidades de Control de Calidad acreditadas, si la obra así lo requiere.

### **1.3 Forma y dimensiones.**

La forma y dimensiones de las diferentes partes, así como los materiales a emplear, se ajustarán en todo momento a lo establecido y detallado en los planos, especificaciones y estados de las mediciones adjuntos al presente proyecto.

Siempre cabrá la posibilidad de realizar modificaciones oportunas a pie de obra que podrán ser realizadas por el Ingeniero-Director.

### **1.4 Condiciones generales que deben cumplir los materiales y unidades de obra.**

Además de cumplir todas y cada una de las condiciones que se exponen en el presente Pliego de Condiciones Generales, los materiales y mano de obra deberán satisfacer las que se detallan en los Pliegos de Condiciones Técnicas elaborados por el Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Canarias.

### **1.5 Documentos de obra.**

En la oficina de obras, existirá en todo momento un ejemplar completo del proyecto, así como de todas las normas, leyes, decretos, resoluciones, órdenes, disposiciones legales y ordenanzas a que se hacen referencia en los distintos documentos que integran el presente proyecto.

### **1.6 Legislación social.**

El Contratista, estará obligado al exacto cumplimiento de toda legislación en materia de Reglamentación del Trabajo correspondiente, y de las demás disposiciones que regulan las

relaciones entre patronos y obreros, los accidentes de trabajo, e incluso la contratación del seguro obligatorio, subsidio familiar y de vejez, seguro de enfermedad y todas aquéllas de carácter social en vigencia o que en lo sucesivo se apliquen.

### **1.7 Seguridad pública.**

El Contratista que resultara adjudicatario deberá tomar las máximas precauciones en todas las operaciones y uso de materiales, equipos, etc., con objeto de proteger a las personas y animales de peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades derivadas de tales acciones u omisiones.

### **1.8 Normativa de carácter general.**

Independientemente de la normativa y reglamentos de índole técnica de obligada aplicación, que se expondrá en cada uno de los Pliegos de Condiciones Técnicas Particulares, se observarán en todo momento, durante la ejecución de la obra, las siguientes normas y reglamentos de carácter general:

ORDEN de 20 de mayo de 1952, que aprueba el Reglamento de Seguridad e Higiene en el trabajo de la Construcción y Obras Públicas, modificada por Orden de 10.12.1953 (M. Trabajo, BOE 22.12.1953) Orden de 23.9.1966 (M. Trabajo, BOE 1.10.1966) derogada parcialmente por: Real Decreto 2177/2004 de 12.11. (M. Presidencia, BOE 13.11.2004). Capítulo III derogado a partir del 4.12.2004.

ORDEN de 10 de diciembre de 1953, que modifica la Orden 20 de mayo de 1952

Decreto 2414/1961 de 30 de noviembre. (Presidencia, BBOOE 7.12., rect. 30.12.1961 y 7.3.1962). por el que se aprueba el Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas. (BOE 292 de 7/12/60), modificado por Decreto 3494/1964 y Real Decreto 374/2001.

ORDEN de 23 de septiembre de 1966, sobre cumplimiento del Reglamento de Seguridad e Higiene en el trabajo de la Construcción y Obras Públicas.

DECRETO 1775/1967 de 22 de julio de 1967 del Ministerio de Industria. “Industrias en General. Régimen de instalación, ampliación y traslado” derogado parcialmente por REAL DECRETO 378/1977 de 25 de febrero de medidas liberalizadoras en materia de instalación, ampliación y traslado de industrias.

ORDEN de 28 de agosto de 1970 del Ministerio de Trabajo. Ordenanza del trabajo para las Industrias de la Construcción, Vidrio y Cerámica. Sección Tercera

ORDEN de 9 de marzo de 1971, por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Orden de 23 de mayo de 1977 (M. Industria, BBOOE 14.6., rect. 18.7.1977). Reglamento de aparatos elevadores para obras.

REAL DECRETO 2135/1980 de 26 de septiembre del Ministerio de Industria y Energía. “Industrias en general. Liberalización en materia de instalación, ampliación y traslado”.

ORDEN de 20 de septiembre de 1986, por el que se establece el modelo de libro de incidencias en obras en las que sea obligatorio un estudio de seguridad e higiene en el trabajo.

REAL DECRETO 1316/1989, de 27 de octubre, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.

LEY 21/1992 de 16.7. (Jefatura Estado, BOE 23.7.1992). Ley de Industria.

REAL DECRETO 1630/1992 de 29 de diciembre (M.Relaciones con las Cortes, BOE 9.2.1992) por el que se dictan las disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE, modificado por: Real Decreto 1328/1995 de 28.7. (M. Presidencia, BBOOE 19.8., rect. 7.10.1995) desarrollado por: Orden de 1.8.1995 (M. Pres., BOE 10.8., rect. 4.10.1995) Orden de 29.11.2001 (M. Ciencia y Tecnología, BOE 7.12.2001), modificada por: Resolución de 9.11.2005 (Dir. Gral. Des. Ind., BOE 1.12.2005) Orden CTE/2276/2002 de 4.9. (BOE 17.9.2002) actualizada y ampliada por: diversas resoluciones.

LEY 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (BOE nº 269, de 10 de noviembre).

REAL DECRETO 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención (BOE número 27, de 31 de enero de 1997)

REAL DECRETO 485/1997 de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo (BOE número 97, de 23 de abril de 1997).

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 (BOE número 97, de 23 de abril de

1997), modificado por el Real Decreto 2.177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura. (BOE número 274, de 13 de noviembre de 2004)

REAL DECRETO 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores (BOE número 97, de 23 de abril de 1997).

REAL DECRETO 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización (BOE número 97, de 23 de abril de 1997)

REAL DECRETO 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo (BOE número 124, de 24 de mayo de 1997)

REAL DECRETO 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo (BOE nº 124, de 24 de mayo de 1997),

REAL DECRETO 773/1997 de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización, por los trabajadores, de equipos de protección individual (BOE número 140, de 12 de junio de 1997).

ORDEN de 27 de junio de 1997, por la que se desarrolla el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero (BOE número 159, de 4 de julio, de 1997)

REAL DECRETO 1.215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo (BOE número 188, de 7 de agosto de 1997)

REAL DECRETO 1.389/1997, de 5 de septiembre, por el que se aprueban las disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en las actividades mineras (BOE número 240, de 7 de octubre de 1997)

REAL DECRETO 1.627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción (BOE número 256, de 25 de octubre de 1997).

REAL DECRETO 780/1998, de 30 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero (BOE número 104, de 1 de mayo, de 1998).

ORDEN de 25 de marzo de 1998, por la que se adapta en función del progreso técnico el Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo (BOE número 76, de 30 de marzo de 1998).

Orden de 19 de noviembre de 1998, (Ministerio de Fomento, BOE 1.12.1998) por el que se aprueba la Instrucción para el proyecto, construcción y explotación de obras subterráneas para el transporte terrestre.

Ley 50/1998 de 30 de diciembre. (Jefatura Estado, BBOOE 31.12.1998 rect. 7.5.1999). Medidas fiscales, administrativas y del orden social, modificada por: Real Decreto- Ley 5/1999 de 9.4. (Jefatura Estado, BOE 10.4.1999), Ley 55/1999 de 29.12. (Jefatura Estado BBOOE 30.12.2000, rect. 29.6.2001) modificada por: Ley 12/2001 de 9.7. (Jefatura Estado, BOE 10.7.2001).

REAL DECRETO 216/1999, de 5 de febrero, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en el ámbito de las empresas de trabajo temporal. (BOE nº 47, de 24 de febrero de 1999)

LEY 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación. (BOE número 266, de 6 de noviembre de 1999) desarrollada por el REAL DECRETO 314/2006 de 17 de marzo. (M. Viv., BOE 28.3.2006).

REAL DECRETO 1124/2000, de 16 de junio, por el que se modifica el Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo (BOE nº 145, de 17 de junio de 2000)

REAL DECRETO 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico (BOE número 148, de 21 de junio de 2001).

REAL DECRETO 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo (BOE número 104, de 1 de mayo de 2001)

REAL DECRETO 212/2002 de 22 de febrero, (M. Presidencia, BOE 1.3.2002) por el que se regula las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre., modificado por: Real Decreto 524/2006 de 28.4. (M. Presidencia, BOE 4.5.2006).

LEY 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.

REAL DECRETO 349/2003, de 21 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo, y por el que se amplía su ámbito de aplicación a los agentes mutágenos (BOE nº 82, de 5 de abril de 2003)

REAL DECRETO 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo. (BOE nº 145, de 18 de junio de 2003)

REAL DECRETO 2.177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1.215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura. (BOE número 274, de 13 de noviembre de 2004).

REAL DECRETO 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas

REAL DECRETO 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

REAL DECRETO 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

REAL DECRETO 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.

Ley 32/2006, de 18 de octubre, (Jefatura del Estado, BOE 19.10.2006) por el que se regula la subcontratación en el sector de la construcción.

REAL DECRETO 393/2007, de 23 de marzo (M. interior., BOE 24.3.2007). Por el que se aprueba la Norma Básica de Autoprotección de los centros, establecimientos y dependencias dedicados a actividades que puedan dar origen a situaciones de emergencia.

Real Decreto 315/2006 de 17 de marzo. (M. Vivienda, BOE 28.3.2006) por el que se crea el Consejo para la Sostenibilidad, Innovación y Calidad de la Edificación.

REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, derogándose, a partir de la entrada en vigor del mismo, los siguientes Reales Decretos:

Real Decreto 1650/1977, de 10 de junio, sobre Normativa de Edificación.

Real Decreto 2429/1979, de 6 de julio, por el que se aprueba la norma básica de la edificación NBE CT-79 “Condiciones térmicas de los edificios”

Real Decreto 1370/1988, de 11 de noviembre, de modificación parcial de la Norma MV-1962 “Acciones en la Edificación” que pasa a denominarse NBE AE-88 “Acciones en la Edificación”

Real Decreto 1572/1990, de 30 de noviembre, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación NBE QB-90 “Cubiertas con materiales bituminosos” y Orden del Ministerio de Fomento, de 5 de julio de 1996, por la que se actualiza el apéndice “Normas UNE de referencia” de la norma básica de la edificación NBE QB-90

Real Decreto 1723/1990, de 20 de diciembre, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación NBE FL-90 “Muros resistentes de fábrica de ladrillo”

Real Decreto 1829/1995, de 10 de noviembre, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación NBE-EA-95

“Estructuras de acero en edificación”

Real Decreto 2177/1996, de 4 de octubre, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación NBE CPI-96 “Condiciones de protección contra incendios de los edificios”

Orden del Ministro de Industria, de 9 de diciembre de 1975, por la que se aprueban las “Normas Básicas para las instalaciones interiores de suministro de agua”

Artículos 2 al 9, ambos inclusive y los artículos 20 a 23, ambos inclusive, excepto el apartado 2 del artículo 20 y el apartado 3 del artículo 22, del Real Decreto 2816/1982, de 27 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento General de Policía de Espectáculos y Actividades Recreativas.

Asimismo, y con carácter regional, en la Comunidad Autónoma de Canarias serán de aplicación:

LEY 1/1998 de 8 de enero, de Régimen Jurídico de los Espectáculos Públicos y Actividades Clasificadas, de Presidencia del Gobierno (BOC 1998/006 - miércoles 14 de enero de 1998)

DECRETO 193/1998, de 22 de octubre, por el que se aprueban los horarios de apertura y cierre de determinadas actividades y espectáculos públicos sometidos a la Ley 1/1998, de 8 de enero, de Régimen Jurídico de los Espectáculos Públicos y Actividades Clasificadas. (BOC1998/141 - Lunes 09 de Noviembre de 1998)

## **2. Condiciones de índole facultativo.**

La Ley de Ordenación de la Edificación (LEY 38/1999, de 5 de noviembre) es de aplicación al proceso de la edificación, entendiéndose por tal la acción y el resultado de construir un edificio de carácter permanente, público o privado, cuyo uso principal esté comprendido en los siguientes grupos:

- a) Administrativo, sanitario, religioso, residencial en todas sus formas, docente y cultural.
- b) Aeronáutico; agropecuario; de la energía; de la hidráulica; minero; de telecomunicaciones (referido a la ingeniería de las telecomunicaciones); del transporte terrestre, marítimo, fluvial y aéreo; forestal; industrial; naval; de la ingeniería de saneamiento e higiene, y accesorio a las obras de ingeniería y su explotación.
- c) Todas las demás edificaciones cuyos usos no estén expresamente relacionados en los grupos anteriores.

Cuando el proyecto a realizar tenga por objeto la construcción de edificios para los usos indicados en el grupo a) la titulación académica y profesional habilitante será la de arquitecto. Cuando el proyecto a realizar tenga por objeto la construcción de edificios para los usos

indicados en el grupo b) la titulación académica y profesional habilitante, con carácter general, será la de ingeniero, ingeniero técnico o arquitecto y vendrá determinada por las disposiciones legales vigentes para cada profesión, de acuerdo con sus respectivas especialidades y competencias específicas.

Cuando el proyecto a realizar tenga por objeto la construcción de edificios para los usos indicados en el grupo c) la titulación académica y profesional habilitante será la de arquitecto, arquitecto técnico, ingeniero o ingeniero técnico y vendrá determinada por las disposiciones legales vigentes para cada profesión, de acuerdo con sus especialidades y competencias específicas.

## **2.1 Definiciones.**

### **2.1.1 Propiedad o Propietario.**

Se denominará como “Propiedad” o “Propietario” a la entidad, física o jurídica, pública o privada que, individual o colectivamente, impulsa, programa, financia y encarga, bien con recursos propios o ajenos, la redacción y ejecución las obras del presente proyecto.

La Propiedad o el Propietario se atenderán a las siguientes obligaciones:

- Ostentar, sobre el solar o ubicación física, la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.
- Nombrar a los técnicos proyectistas y directores de obra y de la ejecución material.
- Contratar al técnico redactor del Estudio de Seguridad y Salud y al Coordinador en obra y en proyecto si fuera necesario.
- Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al director de obra las posteriores modificaciones del mismo.
- Gestionar y obtener las preceptivas licencias y autorizaciones administrativas, así como suscribir el acta de recepción de la obra.

ANTES DEL INICIO DE LAS OBRAS, la Propiedad proporcionará al Ingeniero- Director una copia del contrato firmado con el Contratista, así como una copia firmada del presupuesto de las obras a ejecutar, confeccionado por el Contratista y aceptado por él. De igual manera, si así fuera necesario, proporcionará el permiso para llevar a cabo los trabajos si fuera necesario.

DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS, la Propiedad no podrá en ningún momento dar órdenes directas al Contratista o personal subalterno. En todo caso, dichas órdenes serán transmitidas a través de la Dirección Facultativa.

UNA VEZ TERMINADAS Y ENTREGADAS LAS OBRAS, la Propiedad no podrá llevar a cabo modificaciones en las mismas, sin la autorización expresa del Ingeniero autor del proyecto.

### **2.1.2 Ingeniero-director.**

Será aquella persona que, con acreditada titulación académica suficiente y plena de atribuciones profesionales según las disposiciones vigentes, reciba el encargo de la Propiedad de dirigir la ejecución de las obras, y en tal sentido, será el responsable de la Dirección Facultativa. Su misión será la dirección y vigilancia de los trabajos, bien por si mismo o por sus representantes.

El Ingeniero-Director tendrá autoridad técnico-legal completa, incluso en lo no previsto específicamente en el presente Pliego de Condiciones Generales, pudiendo recusar al Contratista si considera que el adoptar esta resolución es útil y necesario para la buena marcha de la ejecución de los trabajos.

Le corresponden, además las facultades expresadas en el presente Pliego de Condiciones Generales, las siguientes:

- a. Redactar los complementos, rectificaciones y anexos técnicos del proyecto que se precisen.
- b. Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las eventualidades que se presenten e impartir las instrucciones complementarias que sean precisas para conseguir la correcta solución técnica.
- c. Coordinar la intervención en obra de otros técnicos que, en su caso, concurran a la dirección con función propia en aspectos parciales de su especialidad.
- d. Aprobar las certificaciones parciales de obra, la liquidación final y asesorar al promotor en el acto de la recepción.
- e. Preparar la documentación final de la obra y expedir y suscribir, en unión del Aparejador o Arquitecto Técnico, el certificado final de la misma.

### **2.1.3 Dirección facultativa.**

Estará formada por el Ingeniero-Director y por aquellas personas tituladas o no, que al objeto de auxiliar al Ingeniero-Director en la realización de su cometido, ejerzan, siempre bajo las órdenes directas de éste, funciones de control y vigilancia, así como las específicas por él encomendadas.

### **2.1.4 Suministrador.**

Será aquella entidad o persona física o jurídica, que mediante el correspondiente contrato, realice la venta de alguno de los materiales y/o equipos comprendidos en el presente proyecto. La misma denominación recibirá quien suministre algún material, pieza o elemento no incluido en el presente proyecto, cuando su adquisición haya sido considerada como necesaria por parte del Ingeniero-Director para el correcto desarrollo de los trabajos.

### **2.1.5 Contrata o Contratista.**

Será aquella entidad o persona jurídica que reciba el encargo de ejecutar algunas de las unidades de obra que figuran en el presente proyecto, con los medios humanos y materiales suficientes, propios o ajenos, dentro del plazo acordado y con sujeción estricta al proyecto técnico que las define, al contrato firmado con la Propiedad, a las especificaciones realizadas por la Dirección Facultativa y a la legislación aplicable.

El Contratista, cuando sea necesaria su actuación o presencia según la contratación o lo establecido en el presente Pliego de Condiciones Generales, podrá ser representado por un Delegado previamente aceptado por parte de la Dirección Facultativa.

Este Delegado tendrá capacidad para:

- Organizar la ejecución de los trabajos y poner en prácticas las órdenes recibidas del Ingeniero.

Director.

- Proponer a la Dirección Facultativa colaborar en la resolución de los problemas que se planteen en la ejecución de los trabajos.

El Delegado del Contratista tendrá la titulación profesional mínima exigida por el Ingeniero-Director. Asimismo, éste podrá exigir también, si así lo estimase oportuno, que el Contratista designe además al personal facultativo necesario bajo la dependencia de su técnico Delegado. El incumplimiento de esta obligación o, en general, la falta de cualificación suficiente por

parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al Ingeniero- Director para ordenar la paralización de las obras sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

Por otra parte, el Ingeniero-Director podrá recabar del Contratista la designación de un nuevo Delegado, y en su caso cualquier facultativo que de él dependa, cuando así lo justifique su actuación y los trabajos a realizar.

Se sobrentiende que antes de la firma del contrato, el Contratista ha examinado toda la documentación necesaria del presente proyecto para establecer una evaluación económica de los trabajos, estando conforme con ella, así como ANTES DEL INICIO DE LAS OBRAS el Contratista manifestará que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada, o en caso contrario, solicitará por escrito las aclaraciones pertinentes.

Son obligaciones del Contratista:

- a) La ejecución de las obras alcanzando la calidad exigida en el proyecto cumpliendo con los plazos establecidos en el contrato y la legislación aplicable, con sujeción a las instrucciones de la Dirección Facultativa.
- b) Tener la capacitación profesional para el cumplimiento de su cometido como constructor.
- c) Designar al Jefe de obra, que asumirá la representación técnica del Contratista y que, con dedicación plena permanecerá en la obra a lo largo de toda la jornada legal de trabajo hasta la recepción de la obra, así como por su titulación o experiencia deberá tener la capacitación adecuada de acuerdo con las características y la complejidad de la obra, el cual deberá cumplir las indicaciones de la Dirección Facultativa, custodiando y firmando el Libro de órdenes y seguimiento de la obra, así como los de Seguridad y Salud y el del Control de Calidad, éstos si los hubiere, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en los mismos, así como cerciorarse de la correcta instalación de los medios auxiliares, comprobar replanteos y realizar otras operaciones técnicas.
- d) Asignar a la obra los medios humanos y materiales correctos que su importancia requiera.
- e) Formalizar las subcontrataciones de determinadas partes o instalaciones de la obra dentro de los límites establecidos en el contrato.

- f) Firmar el acta de replanteo y el acta de recepción de la obra.
- g) Facilitar al Jefe de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación de la obra ejecutada.
- h) Suscribir las garantías previstas en el presente pliego y en la normativa vigente, concertando además los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.
- i) Redactar el Plan de Seguridad y Salud de la obra en aplicación del estudio correspondiente, y disponer, en todo caso, la ejecución de las medidas preventivas, vigilando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de  
Seguridad y Salud en el trabajo
- j) Designar al Coordinador de Seguridad y Salud en la obra entre su personal técnico cualificado con presencia permanente en la obra el cual velará por el estricto cumplimiento de las medidas de seguridad y salud precisas según normativa vigente y el plan de Seguridad y Salud.
- k) Formalizar las subcontrataciones de determinadas partes o instalaciones de la obra dentro de los límites establecidos en el contrato.
- l) Firmar el acta de replanteo o de comienzo y el acta de recepción de la obra.
- m) Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las intervenciones de los subcontratistas.
- n) Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción del Aparejador o Arquitecto Técnico, los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- o) Abonar todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras. Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías podrá comenzarse de nuevo a cargo del mismo.
- p) Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- q) Suscribir con la Propiedad las actas de recepción provisional y definitiva.

- r) Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.
- s) Facilitar al director de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación de la obra ejecutada.
- t) Facilitar el acceso a la obra a los Laboratorios y Entidades de Control de Calidad contratados, debidamente homologados y acreditados para el cometido de sus funciones.
- u) Suscribir las garantías por daños materiales ocasionados por vicios y defectos de la construcción previstas en el Art. 19 de la L.O.E. (Ley de Ordenación de la Edificación).

El Contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra, bajo su responsabilidad, previo consentimiento de la Propiedad y de a Dirección Facultativa, asumiendo en cualquier caso el Contratista las actuaciones de las subcontratas.

La Propiedad podrá introducir otros constructores o instaladores, además de los del Contratista, para que trabajen simultáneamente con ellos en las obras, bajo las instrucciones de la Dirección Facultativa.

El Contratista, a la vista del proyecto de Ejecución conteniendo, en su caso, el Estudio de Seguridad e Higiene, presentará el Plan de Seguridad e Higiene de la obra a la aprobación del Ingeniero-Director

El Contratista tendrá a su disposición el proyecto de Control de Calidad, si para la obra fuera necesario, en el que se especificarán las características y requisitos que deberán cumplir los materiales y unidades de obra, y los criterios para la recepción de los materiales, según estén avalados o no por sellos, marcas de calidad; ensayos homologados, análisis y pruebas a realizar, determinación de lotes y otros parámetros definidos en el proyecto por el Ingeniero.

#### **2.1.6 Coordinador de Seguridad y Salud.**

Será aquel personal técnico cualificado designado por el Contratista que velará por el estricto cumplimiento de las medidas precisas según normativa vigente contempladas en el Plan de Seguridad y Salud, correspondiéndole durante la ejecución de la obra, las siguientes funciones:

- a) Aprobar antes del comienzo de la obra, el Plan de Seguridad y Salud redactado por el Contratista y en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.

- b) Adoptar aquellas decisiones técnicas y de índole organizativa con la finalidad de planificar los distintos trabajos o fases de trabajo que vayan a desarrollarse simultánea o sucesivamente.
- c) Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas, y especialmente los subcontratistas y los trabajadores autónomos, apliquen de manera coherente y responsable los principios de acción preventiva recogidos en el Art. 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- d) Contratar las instalaciones provisionales, los sistemas de seguridad y salud, y velar por la correcta aplicación de la metodología de los trabajos.
- e) Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a las obras.
- f) Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad.
- g) Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo
- h) Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La Dirección Facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación del Coordinador.

#### **2.1.7 Entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación.**

Las entidades de control de calidad de la edificación prestarán asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales, de la ejecución de la obra y sus instalaciones de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable. Dicha asistencia técnica se realiza mediante ensayos y/o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de una obra.

Son obligaciones de las entidades y de los laboratorios de control de calidad (Art. 14 de la L.O.E.):

- a) Prestar asistencia técnica y entregar los resultados de su actividad al autor del encargo y, en todo caso, al Ingeniero-Director de la ejecución de las obras.
- b) Justificar la capacidad suficiente de medios materiales y humanos necesarios para realizar adecuadamente los trabajos contratados, en su caso, a través de la correspondiente acreditación oficial otorgada por las Comunidades Autónomas con competencia en la materia.

## **2.2 Oficina de obra.**

El Contratista habilitará en la propia obra, una oficina, local o habitáculo, convenientemente acondicionado para que en ella se pueda trabajar con normalidad a cualquier hora de la jornada, que contendrá como mínimo una mesa y tableros donde se expongan todos los planos correspondientes al presente proyecto y de obra que sucesivamente le vaya asignando la Dirección Facultativa, así como cuantos documentos estime convenientes la citada Dirección. Al menos, los documentos básicos que estarán en la mencionada oficina de obra son los siguientes:

- El proyecto de ejecución, incluidos los complementos y anexos que redacte el Ingeniero.
- La licencia de obras.
- El libro de órdenes y asistencias.
- El plan de seguridad y salud.
- El libro de incidencias.
- El proyecto de Control de Calidad y su libro de registro, si existiese.
- El Reglamento y Ordenanza de Seguridad y Salud en el trabajo.
- La documentación de los seguros mencionados en el artículo 2.1.5

Durante la jornada de trabajo, el contratista por sí, o por medio de sus facultativos, representantes o encargados, estarán en la obra, y acompañará al Ingeniero-Director y a sus representantes en las visitas que lleven a cabo a las obras, incluso a las fábricas o talleres donde se lleven a cabo trabajos para la obra, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que consideren necesarios, suministrándoles asimismo los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

## **2.3 Trabajos no estipulados en el pliego de condiciones generales.**

Es obligación del Contratista el ejecutar, cuando sea posible y así se determine como necesario para la buena realización y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente estipulado en el presente Pliego de Condiciones Generales, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Ingeniero-Director y esté dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos determinen para cada unidad de obra, y tipo de ejecución.

Se entenderá por reformado de proyecto, con consentimiento expreso de la Propiedad, toda variación que suponga incremento de precios de alguna unidad de obra en más del 20 por 100 ó del total del presupuesto en más de un 10 por 100.

## **2.4 Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto.**

El Constructor podrá requerir del Ingeniero-Director, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

Cuando se trata de aclarar, interpretar o modificar preceptos del Pliego de Condiciones Generales o indicaciones de planos, croquis y esquemas de montaje, las órdenes o instrucciones correspondientes se comunicarán por escrito al Contratista, estando éste obligado a su vez a devolver los originales o las copias, suscribiendo con su firma el “enterado”, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciban, tanto de los encargados de la vigilancia de las obras como el Ingeniero-Director.

Cualquier reclamación que crea oportuno hacer el Contratista, en contra de las disposiciones tomadas por éstos, habrá de dirigirla, dentro del plazo de cinco (5) días, al inmediato técnico superior que la hubiera dictado, el cual dará al Contratista el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

## **2.5 Reclamaciones contra las órdenes del ingeniero-director.**

Las reclamaciones que el Contratista quiera formular contra las órdenes facilitadas por el Ingeniero-Director, sólo podrá presentarlas ante la Propiedad, y a través del mismo si son de origen económico. Contra las disposiciones de orden técnico o facultativo, no se admitirá reclamación alguna.

Aun así, el Contratista podrá salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al Ingeniero-Director, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

## **2.6 Recusación por el contratista de la dirección facultativa.**

El Contratista no podrá recusar al Ingeniero-Director o persona de cualquier índole dependiente de la Dirección Facultativa o de la Propiedad encargada de la vigilancia de las

obras, ni solicitar que por parte de la Propiedad se designen otros facultativos para los trabajos de reconocimiento y mediciones.

Cuando se crea perjudicado con los resultados de las decisiones de la Dirección Facultativa, el Contratista podrá proceder de acuerdo con lo estipulado en el artículo precedente (Artículo 2.5), pero sin que por esta causa pueda interrumpirse, ni perturbarse la marcha de los trabajos.

## **2.7 Despidos por falta de subordinación, por incompetencia o por manifiesta mala fe.**

En los supuestos de falta de respeto y de obediencia al Ingeniero-Director, a sus subalternos de cualquier clase, encargados de la vigilancia de las obras, por manifiesta incapacidad, incompetencia o negligencia grave que comprometan y/o perturben la marcha de los trabajos, éste podrá requerir del Contratista apartar e incluso despedir de la obra a sus dependientes u operarios, cuando el Ingeniero Director así lo estime necesario.

## **2.8 Daños materiales.**

Las personas físicas o jurídicas que intervienen en el proceso edificatorio responderán frente a la Propiedad y los terceros adquirentes de las obras o partes de las mismas, en el caso de que sean objeto de división, de los siguientes daños materiales ocasionados dentro de los plazos indicados, contados desde la fecha de recepción de la obra, sin reservas o desde la subsanación de éstas:

- a) Durante diez años, de los daños materiales causados en la edificación por vicios o defectos que afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales, y que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del mismo.
- b) Durante tres años, de los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos de los elementos constructivos o de las instalaciones que ocasionen el incumplimiento de los requisitos de habitabilidad del art. 3 de la L.O.E.

El Contratista también responderá de los daños materiales por vicios o defectos de ejecución que afecten a elementos de terminación o acabado de las obras dentro del plazo de un año.

## **2.9 Responsabilidad civil.**

La responsabilidad civil será exigible en forma personal e individualizada, tanto por actos u omisiones de propios, como por actos u omisiones de personas por las que se deba responder. No obstante, cuando pudiera individualizarse la causa de los daños materiales o quedase

debidamente probada la concurrencia de culpas sin que pudiera precisarse el grado de intervención de cada agente en el daño producido, la responsabilidad se exigirá solidariamente. En todo caso, la Propiedad responderá solidariamente con los demás agentes intervinientes ante los posibles adquirentes de los daños materiales en la edificación ocasionados por vicios o defectos de construcción.

Sin perjuicio de las medidas de intervención administrativas que en cada caso procedan, la responsabilidad de la Propiedad que se establece en la Ley de Ordenación de la Edificación se extenderá a las personas físicas o jurídicas que, a tenor del contrato o de su intervención decisoria en la promoción, actúen como tales promotores bajo la forma de promotor o gestor de cooperativas o de comunidades de propietarios u otras figuras análogas.

Cuando el proyecto haya sido contratado conjuntamente con más de un ingeniero proyectista, los mismos responderán solidariamente. Los ingenieros proyectistas que contraten los cálculos, estudios, dictámenes o informes de otros profesionales, serán directamente responsables de los daños que puedan derivarse de su insuficiencia, incorrección o inexactitud, sin perjuicio de la repetición que pudieran ejercer contra sus autores.

El Contratista responderá directamente de los daños materiales causados en la obra por vicios o defectos derivados de la impericia, falta de capacidad profesional o técnica, negligencia o incumplimiento de las obligaciones atribuidas al Jefe de obra y demás personas físicas o jurídicas que de él dependan.

Cuando el Contratista subcontrate con otras personas físicas o jurídicas la ejecución de determinadas partes o instalaciones de la obra, será directamente responsable de los daños materiales por vicios o defectos de su ejecución, sin perjuicio de la repetición a que hubiere lugar.

El Contratista y el Ingeniero-Director de la ejecución de la obra que suscriba el certificado final de obra serán responsables de la veracidad y exactitud de dicho documento.

Quien acepte la Dirección Facultativa de una obra cuyo proyecto no haya elaborado él mismo, asumirá las responsabilidades derivadas de las omisiones, deficiencias o imperfecciones del proyecto, sin perjuicio de la repetición que pudiere corresponderle frente al ingeniero proyectista.

Cuando la Dirección Facultativa de obra se contrate de manera conjunta a más de un técnico, los mismos responderán solidariamente sin perjuicio de la distribución que entre ellos corresponda.

Las responsabilidades por daños no serán exigibles a los agentes que intervengan en el proceso edificatorio, si se prueba que aquellos fueron ocasionados fortuitamente, por fuerza mayor, acto de tercero o por el propio perjudicado por el daño.

Las responsabilidades a que se refiere este artículo se entienden sin perjuicio de las que alcanzan al vendedor de los edificios o partes edificadas frente al comprador conforme al contrato de compraventa suscrito entre ellos, a los artículos 1.484 y siguientes del Código Civil y demás legislación aplicable a la compraventa.

### **2.10 Accesos y vallado de las obras.**

El Contratista dispondrá por su cuenta de todos los accesos a la obra así como el cerramiento o vallado de ésta. El Coordinador de Seguridad y Salud podrá exigir su modificación o mejora.

### **2.11 Replanteo.**

El Contratista iniciará las obras con el replanteo de las mismas en el terreno señalando las referencias principales que mantendrá como base de ulteriores replanteos parciales, dentro de los treinta (30) días siguientes al de la fecha de la firma de la escritura de contratación, y será responsable de que estas se desarrollen en la forma necesaria a juicio del Ingeniero- Director para que la ejecución total se lleve a cabo dentro del plazo de ejecución de la misma, que será el especificado en el contrato. Dichos trabajos se considerarán a cargo del Contratista e incluido en su oferta.

En caso de que este plazo no se encuentre especificado en el Contrato, se considerará el existente en el Plan de Seguridad y Salud o en su defecto en la memoria descriptiva del presente proyecto.

En un plazo inferior a los cinco (5) días posteriores a la notificación de la adjudicación de las obras, se comprobará en presencia del Contratista, o de un representante, el replanteo de los trabajos, sometiéndolo a la aprobación del Ingeniero Director y una vez que éste haya dado su conformidad, preparará un acta acompañada de un plano que deberá ser aprobada por el Ingeniero-Director, siendo responsabilidad del Contratista la omisión de este trámite.

Comienzo de las obras, ritmo y ejecución de los trabajos

El Contratista dará comienzo a las obras en el plazo marcado en el Pliego de Condiciones Particulares, desarrollándolas en la forma necesaria para que dentro de los períodos parciales en aquél señalados queden ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se realice a efecto dentro del plazo exigido en el Contrato.

Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista dar cuenta al Ingeniero-Director del comienzo de los trabajos al menos con tres días de antelación.

### **2.12 Orden de los trabajos.**

En general, la determinación del orden de los trabajos es facultad del Contratista, salvo en aquellos casos en que, por circunstancias del orden técnico, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

Dentro de los quince (15) días siguientes a la fecha en que se notifique la adjudicación definitiva de las obras, el Contratista deberá presentar inexcusablemente al Ingeniero-Director un Programa de Trabajos en el que se especificarán los plazos parciales y fechas de terminación de las distintas clases de obras.

El citado Programa de Trabajo una vez aprobado por el Ingeniero-Director, tendrá carácter de compromiso formal, en cuanto al cumplimiento de los plazos parciales en él establecidos.

El Ingeniero-Director podrá establecer las variaciones que estime oportunas por circunstancias de orden técnico o facultativo, comunicando las órdenes correspondientes al Contratista, siendo éstas de obligado cumplimiento, y el Contratista directamente responsable de cualquier daño o perjuicio que pudiera sobrevenir por su incumplimiento.

En ningún caso se permitirá que el plazo total fijado para la terminación de las obras sea objeto de variación, salvo casos de fuerza mayor o culpa de la Propiedad debidamente justificada.

### **2.13 Facilidades para otros contratistas.**

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el Contratista General deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a todos los demás Contratistas que intervengan en la obra. Ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar entre

Contratistas por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos.

En caso de litigio, ambos Contratistas estarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

### **2.14 Libro de órdenes.**

El Contratista tendrá siempre en la oficina de obra y a disposición del Ingeniero-Director un “Libro de Órdenes y Asistencia”, con sus hojas foliadas por duplicado, en el que redactará las que crea oportunas para que se adopten las medidas precisas que eviten en lo posible los accidentes de todo género que puedan sufrir los operarios, los viandantes en general, las fincas colindantes y/o los inquilinos en las obras de reforma que se efectúen en edificaciones habitadas, así como las que crea necesarias para subsanar o corregir las posibles deficiencias constructivas que haya observado en las diferentes visitas a la obra, y en suma, todas las que juzgue indispensables para que los trabajos se lleven a cabo correctamente y de acuerdo, en armonía con los documentos del proyecto.

Cada orden deberá ser extendida y firmada por el Ingeniero Director y el “Enterado” suscrito con la firma del Contratista o de su encargado en la obra. La copia de cada orden extendida en el folio duplicado quedará en poder del Ingeniero-Director. El hecho de que en el citado libro no figuren redactadas las órdenes que preceptivamente tiene la obligación de cumplimentar el Contratista, no supone eximente o atenuante alguna para las responsabilidades que sean inherentes al Contratista.

### **2.15 Condiciones generales de ejecución de los trabajos.**

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al proyecto que haya servido de base al Contratista, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad entregue el Ingeniero-Director al Contratista siempre que éstas encajen en la cifra a la que ascienden los presupuestos aprobados.

### **2.16 Ampliación del proyecto por causas imprevistas.**

Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar el proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones facilitadas por el Ingeniero-Director en tanto se formulan o se tramita el proyecto reformado.

El Contratista está obligado a realizar con cargo a su propio personal y con sus materiales, cuando la Dirección de las Obras disponga los apuntalamientos, apeos, derribos, recalzos o cualquier obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que mutuamente convengan.

### **2.17 Prórrogas por causas de fuerza mayor.**

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del Contratista, y siempre que esta causa sea distinta de las que se especifican como de rescisión en el capítulo correspondiente a la Condiciones de Índole Legal, aquel no pudiese comenzar las obras, tuviese que suspenderla, o no fuera capaz de terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento del Contratista, previo informe favorable del Ingeniero-Director. Para ello, el Contratista expondrá, en escrito dirigido al Ingeniero-Director, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originará en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubiesen proporcionado.

### **2.18 Obras ocultas.**

De todos los trabajos y unidades que hayan de quedar ocultos a la terminación de las obras, el Contratista levantará los planos precisos e indispensables para que queden perfectamente definidos. Estos documentos se extenderán por triplicado, entregándose de la siguiente manera:

- Uno a la Propiedad.
- Otro al Ingeniero-Director.
- y el tercero al Contratista, firmados todos ellos por estos dos últimos.

Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados y se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las correspondientes mediciones.

### **2.19 Trabajos defectuosos.**

El Contratista deberá emplear los materiales señalados en el presente proyecto que cumplan las condiciones generales y particulares de índole técnica del Pliego de Condiciones y realizará todos y cada uno de los trabajos, de acuerdo con el mismo, siempre según las indicaciones de la Dirección

Facultativa.

Por ello y hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las posibles faltas o defectos que en estos puedan existir por su mala ejecución o por el empleo de materiales de deficiente calidad no autorizados expresamente por el Ingeniero-Director, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra, que siempre se entenderán extendidas y abonadas a buena cuenta.

### **2.20 Modificación de trabajos defectuosos.**

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Ingeniero-Director advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los equipos y aparatos colocados no reúnan las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos, y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas del Contratista.

Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la demolición y posterior reconstrucción ordenadas, se planteará la cuestión ante el Ingeniero-Director, quien resolverá según el siguiente apartado del presente Pliego de Condiciones.

### **2.21 Vicios ocultos.**

Si el Ingeniero-Director tuviese fundadas razones para creer la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar, en cualquier tiempo y antes de la recepción definitiva de la obra, la realización de ensayos, destructivos o no, así como aquellas demoliciones o correcciones que considere necesarios para reconocer los trabajos que se supongan como defectuosos. No obstante, la recepción definitiva no eximirá al Contratista de responsabilidad si se descubrieran posteriormente vicios ocultos.

Los gastos de demolición o desinstalación como consecuencia de la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras, así como los de reconstrucción o reinstalación que se ocasionen serán por cuenta del Contratista, siempre que los vicios existan realmente, y en caso contrario, correrán a cargo del propietario.

### **2.22 Materiales y su procedencia.**

El Contratista tendrá la libertad de proveerse y dotarse de los materiales, equipos y aparatos de todas clases en los puntos que estime convenientes, exceptuando aquellos casos en los que el proyecto preceptúe expresamente una determinada localización o emplazamiento.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo o acopio, el Contratista deberá presentar al Ingeniero-Director una lista completa de los materiales, equipos y aparatos que vaya a utilizar en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre marcas, sellos, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

### **2.23 Presentación de muestras.**

El Contratista presentará al Ingeniero-Director, de acuerdo con el artículo anterior, las muestras de los materiales y las especificaciones de los equipos y aparatos a utilizar, siempre con la antelación prevista en el calendario de la obra.

### **2.24 Materiales no utilizados.**

El Contratista, a su costa, transportará y colocará los materiales y escombros procedentes de las excavaciones, demoliciones, derribos, etc., que no sean utilizables en la obra, agrupándolos ordenadamente y en el lugar adecuado que se le designe para no causar perjuicios a la marcha de los trabajos.

De la misma forma, el Contratista queda obligado a retirar los escombros ocasionados, trasladándolos al vertedero autorizado.

Si no hubiese preceptuado nada sobre el particular se retirarán de ella cuando así lo ordene el Ingeniero-Director, mediante acuerdo previo con el Contratista estableciendo su justa tasación, teniendo en cuenta el valor de dichos materiales y los gastos correspondientes a su transporte.

### **2.25 Materiales y equipos defectuosos.**

Cuando los materiales, equipos, aparatos y/o elementos de las instalaciones no fueran de la calidad requerida mediante el presente Pliego de Condiciones o no estuviesen debidamente preparados, o faltaran a las prescripciones formales recogidas en el proyecto y/o se reconociera o demostrara que no son adecuados para su objeto, el Ingeniero-Director dará orden al Contratista para que los sustituya por otros que satisfagan las condiciones establecidas.

Si a los quince días de recibir el Contratista orden de retirar los materiales, equipos, aparatos y/o elementos de las instalaciones que no estén en condiciones, y ésta no hubiere sido cumplida, podrá hacerlo el Propietario cargando los gastos al Contratista.

Si los materiales, elementos de instalaciones, equipos y/o aparatos fueran de calidad inferior a la preceptuada pero no defectuosos, y aceptables a juicio del Ingeniero-Director, se recibirán pero con la correspondiente minoración o rebaja del precio que aquél determine, a no ser que el Contratista prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

### **2.26 Medios auxiliares.**

Serán de cuenta y riesgo del Contratista los andamios, cimbras, máquinas y demás medios auxiliares que para preservar la debida marcha y ejecución de los trabajos se necesiten, no cabiendo a la Propiedad, por tanto, responsabilidad alguna por cualquier avería o accidente personal que pueda ocurrir en las obras por insuficiencia de dichos medios auxiliares.

Todos estos, siempre que no haya estipulado lo contrario en el Pliego de Condiciones Particulares de los trabajos, quedando a beneficio del Contratista, sin que éste pueda fundar reclamación alguna en la insuficiencia de dichos medios, cuando éstos estén detallados en el presupuesto y consignados por partida alzada o incluidos en los precios de las unidades de obra.

### **2.27 Limpieza de las obras.**

Es obligación del Contratista mantener las obras y su entorno limpias de escombros y de materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas, ejecutando todos los trabajos que sean necesarios para proporcionar un buen aspecto al conjunto de la obra.

### **2.28 Comprobación de las obras.**

Antes de verificarse las recepciones provisionales y definitivas de las obras, se someterán a todas las pruebas y ensayos que se especifican en el Pliego de Condiciones Técnicas de cada parte de la obra, todo ello con arreglo al programa que redacte el Ingeniero-Director.

Todas estas pruebas y ensayos serán por cuenta del Contratista. También serán por cuenta del Contratista los asientos o averías o daños que se produzcan en estas pruebas y procedan de la mala construcción o por falta de adopción de las necesarias precauciones.

### **2.29 Obras sin prescripciones.**

En la ejecución de trabajos que entran en la construcción de las obras y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este Pliego de Condiciones ni en la restante documentación del proyecto, el Contratista se atenderá, en primer término, a las

instrucciones que dicte la Dirección Facultativa de las obras y, en segundo lugar, a las reglas y prácticas de la buena construcción

### **2.30 Acta de recepción.**

La recepción de la obra es el acto por el cual el Contratista, una vez concluida ésta, hace entrega de la misma al Propietario y es aceptada por éste. Podrá realizarse con o sin reservas y deberá abarcar la totalidad de la obra o fases completas y terminadas de la misma, cuando así se acuerde por las partes.

La recepción deberá consignarse en un acta firmada, al menos, por la Propiedad y el Contratista, y en la misma se hará constar:

- a) Las partes que intervienen.
- b) La fecha del certificado final de la totalidad de la obra o de la fase completa y terminada de la misma.
- c) El coste final de la ejecución material de la obra.
- d) La declaración de la recepción de la obra con o sin reservas, especificando, en su caso, éstas de manera objetiva, y el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados.
- e) Una vez subsanados los mismos, se hará constar en un acta aparte, suscrita por los firmantes de la recepción.
- f) Las garantías que, en su caso, se exijan al Contratista para asegurar sus responsabilidades.
- g) Se adjuntará el certificado final de obra suscrito por el Ingeniero-Director de obra y la documentación justificativa del control de calidad realizado si procede.

La Propiedad podrá rechazar la recepción de la obra por considerar que la misma no está terminada o que no se adecua a las condiciones contractuales. En todo caso, el rechazo deberá ser motivado por escrito en el acta, en la que se fijará el nuevo plazo para efectuar la recepción.

Salvo pacto expreso en contrario, la recepción de la obra tendrá lugar dentro de los treinta días siguientes a la fecha de su terminación, acreditada en el certificado final de obra, plazo que se contará a partir de la notificación efectuada por escrito al promotor. La recepción se entenderá tácitamente producida si transcurridos treinta días desde la fecha indicada el promotor no hubiera puesto de manifiesto reservas o rechazo motivado por escrito.

### **2.31 Normas para las recepciones provisionales.**

Quince días, como mínimo, antes de terminarse los trabajos o parte de ellos, en el caso que los Pliegos de Condiciones Particulares estableciesen recepciones parciales, el

Ingeniero-Director comunicará a la Propiedad la proximidad de la terminación de los trabajos a fin de que este último señale fecha para el acto de la recepción provisional.

Terminada la obra, se efectuará mediante reconocimiento su recepción provisional a la que acudirá la Propiedad, el Ingeniero-Director y el Contratista, convocándose en ese acto además a los restantes técnicos que, en su caso, hubiesen intervenido en la dirección con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas.

Del resultado del reconocimiento se levantará un acta con tantos ejemplares o copias como intervinientes, siendo firmados por todos los asistentes legales. Además, se extenderá un Certificado Final de obra. Desde esta fecha empezará a correr el plazo de garantía, si las obras se hallasen en estado de ser admitidas sin reservas.

En caso contrario, es decir, cuando las obras no se hallen en estado de ser recepcionadas, se hará constar en el acta donde se especificarán las precisas y necesarias instrucciones que el Ingeniero-Director habrá de dar al Contratista para remediar, en un plazo razonable que éste le fije, los defectos observados; expirado dicho plazo, se efectuará un nuevo reconocimiento en idénticas condiciones a fin de proceder de nuevo a la recepción provisional de las obras.

Si el Contratista no hubiese cumplido, se declarará rescindido el contrato, con pérdida de fianza o de la retención que le hubiese aplicado la Propiedad, a no ser que el Propietario acceda a conceder un nuevo e improrrogable plazo.

La recepción provisional de las obras tendrá lugar dentro del mes siguiente a la terminación de las obras, pudiéndose realizar recepciones provisionales parciales.

### **2.32 Documentación final.**

El Ingeniero-Director, asistido por el Contratista y los técnicos que hubieren intervenido en la obra, redactarán la documentación final de la obra, que se facilitará a la Propiedad. Dicha documentación se adjuntará al Acta de Recepción con la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento de la edificación y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

Esta documentación constituirá el Libro del Edificio, que ha de ser encargada por la Propiedad, será entregada a los usuarios finales de la edificación. A su vez dicha documentación se divide en:

I) DOCUMENTACIÓN DE SEGUIMIENTO DE OBRA

Dicha documentación según el Código Técnico de la Edificación (CTE) se compone de:

- Libro de Órdenes y Asistencias de acuerdo con lo previsto en el Decreto 461/1971 de 11 de marzo.
- Libro de incidencias en materia de Seguridad y Salud, según el Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre.
- Proyecto con sus anexos y modificaciones debidamente autorizadas por el Ingeniero- Director de la obra.
- Licencia de obras, de apertura y, en su caso, de otras autorizaciones administrativas.

La documentación de seguimiento será depositada por el Ingeniero-Director de la obra en el Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Canarias

II) DOCUMENTACIÓN DE CONTROL DE OBRA

Su contenido, cuya recopilación es responsabilidad del Jefe de obra, se compone de:

- Documentación de control, que debe corresponder a lo establecido en el proyecto, más sus anexos y modificaciones.
- Documentación, instrucciones de uso y mantenimiento, así como garantías de los materiales y suministros que debe ser proporcionada por el Contratista, siendo conveniente recordárselo fehacientemente.
- En su caso, documentación de calidad de las unidades de obra, preparada por el Contratista y autorizada por el Ingeniero-Director, su Colegio Profesional.

III) CERTIFICADO FINAL DE OBRA.

Este se ajustará al modelo aprobado por el Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Industriales de España, en donde el Ingeniero-Director de la ejecución de la obra certificará haber dirigido la ejecución material de las mismas, controlado cuantitativa y cualitativamente su construcción y la calidad de lo edificado e instalado de acuerdo con el proyecto, la documentación técnica que lo desarrolla y las normas de buena construcción.

El Ingeniero-Director de la obra certificará que las instalaciones han sido realizadas bajo su dirección, de conformidad con el proyecto objeto de la licencia y la documentación técnica que lo complementa, hallándose dispuesta para su adecuada utilización con arreglo a las instrucciones de uso y mantenimiento.

Asimismo, certificará que en el desarrollo de los trabajos se han observado y cumplido todas las prescripciones técnicas de seguridad y que se han realizado todas las pruebas y ensayos previstos en los Reglamentos vigentes que afectan a las instalaciones comprendidas en el proyecto.

Al certificado final de obra se le unirán como anexos los siguientes documentos:

- Descripción de las modificaciones que, con la conformidad de la Propiedad, se hubiesen introducido durante la obra haciendo constar su compatibilidad con las condiciones de la licencia.
- Relación de los controles realizados.

### **2.33 Conservación de las obras recibidas provisionalmente.**

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendida entre las recepciones parciales y la definitiva correrán por cargo del Contratista.

Si las obras o instalaciones fuesen ocupadas o utilizadas antes de la recepción definitiva, la guarda o custodia, limpieza y reparaciones causadas por el uso, correrán a cargo del Propietario, mientras que las reparaciones por vicios de obra o por defectos en las instalaciones serán a cargo del Contratista.

### **2.34 Medición definitiva de los trabajos.**

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente por la Dirección Facultativa a su medición general y definitiva, con precisa asistencia del Contratista o un representante suyo nombrado por él o de oficio en la forma prevenida para la recepción de obras, debiendo aplicar los precios establecidos en el contrato entre las partes y levantando acta, por triplicado ejemplar, correspondientes a las mediciones parciales y finales de la obra, realizadas y firmadas por la Dirección Facultativa y el Contratista, debiendo aparecer la conformidad de ambos en los documentos que la acompañan. En caso de no haber conformidad por parte de la Contrata, ésta expondrá sumariamente y a reserva de ampliarlas, las razones que a ello le obliguen.

Lo mismo en las mediciones parciales como en la final, entendiéndose que éstas comprenderán las unidades de obra realmente ejecutadas.

Todos los trabajos y unidades de obra que vayan a quedar ocultos en el edificio, una vez que se haya terminado, el Contratista los pondrá en conocimiento de la Dirección Facultativa con la suficiente antelación para poder medir y tomar datos necesarios; de otro modo, se aplicarán los criterios de medición que establezca la Dirección Facultativa.

Por tanto, servirán de base para la medición los datos del replanteo general; los datos de los replanteos parciales que hubieran exigido el curso de los trabajos; los datos de cimientos y demás partes ocultas de las obras tomadas durante la ejecución de los trabajos con la firma del Contratista y la Dirección Facultativa; la medición que se lleve a efecto en las partes descubiertas de la obra; y en general, los que convengan al procedimiento consignado en las condiciones de la Contrata para decidir el número de unidades de obra de cada clase ejecutadas; teniendo presente salvo pacto en contra, lo preceptuado en los diversos capítulos del Pliego de Condiciones Técnicas.

Las valoraciones de las unidades de obra, incluidos materiales accesorios y trabajos necesarios, se calculan multiplicando el número de unidades de obra por el precio unitario, incluidos gastos de transporte, indemnizaciones o pagos, impuestos fiscales y toda tipo de cargas sociales.

El Contratista entregará una relación valorada de las obras ejecutadas en los plazos previstos, a origen, a la Dirección Facultativa, en cada una de las fechas establecidas en el contrato realizado entre la Propiedad y el Contratista.

La medición y valoración realizadas por el Contratista deberán ser aprobadas por la Dirección Facultativa, o por el contrario ésta deberá efectuar las observaciones convenientes de acuerdo con las mediciones y anotaciones tomadas en obra. Una vez que se hayan corregido dichas observaciones, la Dirección Facultativa dará su certificación firmada al Contratista y al Promotor.

El Contratista podrá oponerse a la resolución adoptada por la Dirección Facultativa ante el Promotor, previa comunicación a la Dirección Facultativa. La certificación será inapelable en caso de que transcurridos 10 días, u otro plazo pactado entre las partes, desde su envío, la Dirección Facultativa no recibe ninguna notificación, que significará la conformidad del Contratista con la resolución.

### **2.35 Recepción definitiva de las obras.**

Finalizado el plazo de garantía y si se encontrase en perfecto estado de uso y conservación, se dará por recibida definitivamente la obra, quedando relevado el Contratista, a partir de este momento, de toda responsabilidad legal que le pudiera corresponder por la existencia de defectos visibles así como cesará su obligación de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación y mantenimiento de la edificación y de sus instalaciones, quedando sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran alcanzarse por vicios de la construcción. En caso contrario, se procederá en la misma forma que en la recepción provisional.

De la recepción definitiva, se levantará un acta, firmada por triplicado ejemplar por parte de la Propiedad, el Ingeniero Director y el Contratista, que será indispensable para la devolución de la fianza depositada por éste último. Una vez recibidas definitivamente las obras, se procederá a la liquidación correspondiente que deberá quedar terminada en un plazo no superior a seis meses.

A la firma del Acta de Recepción el Contratista estará obligado a entregar los planos definitivos, si hubiesen tenido alguna variación con los del proyecto. Estos planos serán reproducibles.

### **2.36 De las recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida.**

En el caso de resolución del contrato, el Contratista vendrá obligado a retirar, en el plazo que se fije en el Pliego de Condiciones Particulares, la maquinaria, medios auxiliares, instalaciones, etc., y a resolver los subcontratos que tuviese concertados, dejando la obra en condiciones de ser reanudada por otra empresa.

Las obras y trabajos terminados por completo se recibirán provisionalmente con los trámites establecidos en el presente Pliego de Condiciones. Transcurrido el plazo de garantía se recibirán definitivamente según lo dispuesto en este Pliego.

Para las obras y trabajos no determinados pero aceptables a juicio del Ingeniero- Director, se efectuará una sola y definitiva recepción.

### **2.37 Plazo de garantía.**

El plazo de garantía de las obras e instalaciones, deberá estipularse en el contrato suscrito entre la Propiedad y el Contratista y en ningún caso éste será inferior a NUEVE (9) MESES.

para contratos ordinarios y no inferior a UN (1) AÑO para contratos con las Administraciones Públicas, contado éste a partir de la fecha de aprobación del Acta de Recepción.

Durante este tiempo, el Contratista es responsable de la conservación de la obra, siendo de su cuenta y cargo las reparaciones por defectos de ejecución o mala calidad de los materiales. Si durante el primer año el Contratista no llevase a cabo las obras de conservación o reparación a que viniese obligado, estas se llevarán a cabo con cargo a la fianza o a la retención.

Asimismo, hasta tanto se firme el Acta de Recepción Provisional, el Contratista garantizará la a la Propiedad contra toda reclamación de terceros fundada por causas y por ocasión de la ejecución de la obra

Una vez cumplido dicho plazo, se efectuará el reconocimiento final de las obras, y si procede su recepción definitiva.

### **2.38 Prórroga del plazo de garantía.**

Si al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el Ingeniero-Director marcará al Contratista los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias y, de no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con pérdida de la fianza.

## **3 Condiciones de índole económica.**

### **3.1 Base fundamental.**

Como base fundamental o principio general de estas condiciones económicas, se establece que el Contratista debe percibir, de todos los trabajos efectuados, su real importe, siempre de acuerdo y con sujeción al proyecto y a las condiciones generales y particulares que han de regir la obra.

Asimismo, la Propiedad, el Contratista y, en su caso, los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

### **3.2 Garantía.**

La Dirección Facultativa podrá exigir al Contratista la presentación de referencias y/o avales bancarios o de otras entidades o personas, al objeto de cerciorarse de que éste reúne todas las condiciones de solvencia requeridas para el exacto cumplimiento del Contrato; dichas referencias, si le son pedidas, las presentará el Contratista antes de la firma del Contrato.

Asimismo, deberá acreditar el título oficial correspondiente a los trabajos que el mismo vaya a realizar.

### **3.3 Fianza.**

La fianza que se exige al Contratista para que responda del cumplimiento de lo contratado, será convenida previamente entre el Ingeniero-Director y el Contratista, entre una de las siguientes fórmulas:

- Depósito previo, en metálico, valores, o aval bancario, por importe entre el 4 por 100 y el 10 por 100 del precio total de contrata.
- Mediante retención en las certificaciones parciales o pagos a cuenta en igual proporción.

El porcentaje de aplicación para el depósito o la retención se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares.

A la firma del contrato, el Contratista presentará las fianzas y seguros obligados por Ley, así mismo, en el contrato suscrito entre Contratista y Propiedad se podrá exigir todas las garantías que se consideren necesarias para asegurar la buena ejecución y finalización de la obra en los términos establecidos en el contrato y en el proyecto de ejecución.

El Contratista está obligado a asegurar la obra contratada mientras dure el plazo de ejecución, hasta su recepción.

En el caso de que la obra se adjudique por subasta pública, el depósito provisional para tomar parte en ella se especificará en el anuncio de la misma y su cuantía será de ordinario, y salvo estipulación distinta en el Pliego de Condiciones particulares vigente en la obra, de un cuatro por ciento (4 por 100) como mínimo, del total del Presupuesto de contrata.

El Contratista a quien se haya adjudicado la ejecución de una obra o servicio para la misma, deberá depositar en el punto y plazo fijados en el anuncio de la subasta o el que se determine en el Pliego de Condiciones Particulares del Proyecto, la fianza definitiva que se señale y, en su defecto, su importe será el diez por cien (10 por 100) de la cantidad por la que se haga la adjudicación de las formas especificadas en el apartado anterior.

El plazo señalado en el párrafo anterior, y salvo condición expresa establecida en el Pliego de Condiciones particulares, no excederá de treinta días naturales a partir de la fecha en que se le

comunique la adjudicación, y dentro de él deberá presentar el adjudicatario la carta de pago o recibo que acredite la constitución de la fianza a que se refiere el mismo párrafo.

La falta de cumplimiento de este requisito dará lugar a que se declare nula la adjudicación, y el adjudicatario perderá el depósito provisional que hubiese hecho para tomar parte en la subasta.

### **3.4 Ejecución de los trabajos con cargo a la fianza.**

Si el Contratista se negase a realizar, por su cuenta los trabajos precisos, para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Ingeniero-Director, en nombre y representación de la Propiedad, los ordenará ejecutar a un tercero, o directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho la Propiedad en caso de que el importe de la fianza no bastase para abonar la totalidad de los gastos efectuados en las unidades de obra, que no fuesen de recibo.

### **3.5 De su devolución en general.**

La fianza depositada, será devuelta al Contratista, previo expediente de devolución correspondiente, una vez firmada el acta de la recepción definitiva de la obra, siempre que se haya acreditado que no existe reclamación alguna contra aquel, por los daños y perjuicios que sean de su cuenta, o por deudas de jornales, de suministros, de materiales, ni por indemnizaciones derivadas de accidentes ocurridos en el trabajo.

El Propietario podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros, subcontratos, etc. En todo caso, esta devolución se practicará dentro de los treinta (30) días naturales, contados éstos una vez ha transcurrido el año de garantía.

### **3.6 De su devolución en caso de efectuarse recepciones parciales.**

Si el Propietario, con la conformidad del Ingeniero-Director, estimara por conveniente hacer recepciones parciales, tendrá derecho el Contratista a que se le reintegre la parte proporcional de la fianza o cantidades retenidas en concepto de garantías.

### **3.7 Revisión de precios.**

Para que el Contratista tenga derecho a solicitar alguna revisión de precios, será preceptivo que tal extremo figure expresamente acordado en el contrato, donde deberá especificarse los casos concretos en los cuales podrá ser considerado.

En tal caso, el Contratista presentará al Ingeniero-Director el nuevo presupuesto donde se contemple la descomposición de los precios unitarios de las partidas, según lo especificado en el artículo 3.10 del presente Pliego de Condiciones.

En todo caso, salvo que se estipule lo contrario en el contrato, se entenderá que rige sobre este particular el principio de reciprocidad, reservándose en este caso la Propiedad, el derecho de proceder a revisar los precios unitarios, si las condiciones de mercado así lo aconsejaran.

### **3.8 De la revisión de los precios contratados.**

Contratándose las obras a riesgo y ventura, no se admitirá la revisión de los precios en tanto que el incremento no alcance, en la suma de las unidades que falten por realizar de acuerdo con el calendario, un montante superior al tres por 100 (3 por 100) del importe total del presupuesto de contrato.

Caso de producirse variaciones en alza superiores a este porcentaje, se efectuará la correspondiente revisión de acuerdo con la fórmula establecida en el Pliego de Condiciones Particulares, percibiendo el Contratista la diferencia en más que resulte por la variación del IPC superior al 3 por 100.

No habrá revisión de precios de las unidades que puedan quedar fuera de los plazos fijados en el calendario de la oferta.

### **3.9 Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas.**

Si el Contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión, reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto, que sirve de base para la ejecución de los trabajos.

Tampoco se le administrará reclamación alguna, fundada en indicaciones que sobre los trabajos se haga en las memorias, por no tratarse estos documentos los que sirven de base a la Contrata.

Las equivocaciones materiales, o errores aritméticos, en las cantidades de obra o en su importe, se corregirán en cualquier época que se observase, pero no se tendrá en cuenta a los efectos de la rescisión del contrato.

### **3.10 Descomposición de los precios unitarios.**

Para que el Contratista tenga derecho a pedir la revisión de precios a que se refiere el artículo 3.7., será condición indispensable que, antes de comenzar todas y cada una de las unidades de obra contratadas, reciba por escrito la conformidad del Ingeniero-Director a los precios descompuestos de cada una de ellas, que el Contratista deberá presentarle, así como la lista de precios de salarios o jornales, de materiales, de costes de transportes y los porcentajes que se expresan en los subapartados del presente artículo.

El Ingeniero-Director valorará la exactitud de la justificación de los nuevos precios, tomando como base de cálculo tablas, bases de datos o informes sobre rendimiento de personal, de maquinaria, de materiales elementales, de precios auxiliares, etc. editadas por entidades profesionales de la Comunidad Autónoma con facultades para ello, de Organismos Nacionales o Internacionales de reconocida solvencia, etc., desestimando aquellos gastos imputables a la mala organización, improductividad o incompetencia de la Contrata.

A estos efectos, se considerarán los siguientes tipos de costes: Se considerarán costes directos:

- a) La mano de obra, con sus pluses y cargas y seguros sociales, que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- b) Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- c) Los equipos y sistemas técnicos de seguridad y salud para la prevención de riesgos laborales y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- d) Los gastos de personal, de combustible, de energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- e) Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

Se considerarán costes indirectos:

Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, de comunicaciones, de edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, comedores, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos, evaluándose todos ellos en un porcentaje de los costes directos.

Se considerarán gastos generales:

Los gastos generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la Administración, legalmente establecidas. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos ((en los contratos de obras de la Administración pública este porcentaje se establece entre un 13 por 100 y un 17 por 100).

A falta de convenio especial, los precios unitarios se descompondrán preceptivamente como sigue:

### **3.10.1 Materiales.**

Cada unidad de obra que se precise de cada uno de ellos, y su precio unitario respectivo de origen.

### **3.10.2 Mano de obra.**

Por categorías dentro de cada oficio, expresando el número de horas invertido por cada operario en la ejecución de cada unidad de obra, y los jornales horarios correspondientes.

### **3.10.3 Transportes de materiales.**

Desde el punto de origen al pie del tajo, expresando el precio del transporte por unidad de peso, de volumen o de número que la costumbre tenga establecidos en la localidad.

### **3.10.4 Tanto por ciento de medios auxiliares y de seguridad.**

Sobre la suma de los conceptos anteriores en las unidades de obra que los precisen.

### **3.10.5 Tanto por ciento de seguros y cargas fiscales.**

Vigentes sobre el importe de la mano de obra, especificando en documento aparte la cuantía de cada concepto del seguro, y de la carga.

### **3.10.6 Tanto por ciento de gastos generales y fiscales.**

Sobre la suma de los conceptos correspondientes a los apartados de materiales y mano de obra.

### **3.10.7 Tanto por ciento de beneficio industrial del contratista.**

Aplicado la suma total de los conceptos correspondientes a materiales, mano de obra, transportes de materiales, y los tantos por ciento aplicados en concepto de medios auxiliares y de seguridad y de Seguros y Cargas fiscales.

El Contratista deberá asimismo presentar una lista con los precios de jornales, de los materiales de origen, del transporte, los tantos por ciento que imputa cada uno de los Seguros,

y las Cargas Sociales vigentes, y los conceptos y cuantías de las partidas que se incluyen en el concepto de Gastos Generales, todo ello referido a la fecha de la firma del contrato.

### **3.11 Precios e importes de ejecución material.**

Se entiende por precios de ejecución material, para cada unidad de obra, los resultantes de la suma de los costes directos más los costes indirectos, compuestos por los conceptos de: mano de obra, materiales, transportes, equipos y sistemas técnicos de seguridad y salud, gastos de combustibles, gastos de energía, gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos así como gastos de instalación de oficinas a pie de obra, de comunicaciones, de edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos.

Estos precios no contemplan el Beneficio Industrial.

### **3.12 Precios e importes de ejecución por contrata.**

Se entenderá por precios de ejecución por Contrata, a la suma de los costes directos, los costes indirectos, los gastos generales y el beneficio Industrial, sobre el cual deberá aplicarse el % de IGIC (Impuesto General Indirecto Canario) que corresponda, aunque este impuesto no forme parte del propio precio.

En el caso de que los trabajos a realizar en una obra se contratasen a tanto alzado, se entiende por precio de Contrata el que importa el coste total de la unidad de obra.

### **3.13 Gastos generales y fiscales.**

Se establecerán en un porcentaje calculado sobre los precios de ejecución material, como suma de conceptos tales como:

- Gastos de Dirección y Administración de la Contrata.  Gastos de prueba y control de calidad.
- Gastos de Honorarios de la Dirección Técnica y Facultativa.
- Gastos Fiscales.

### **3.14 Gastos imprevistos.**

Tendrán esta consideración aquellos gastos que siendo ajenos a los aumentos o variaciones en la obra y que sin ser partidas especiales y específicas omitidas en el presupuesto general, se dan inevitablemente en todo trabajo de construcción o montaje de instalaciones, y cuya

cuantificación y determinación es imposible efectuar a priori. Por ello, se establecerá una partida fija de un dos por ciento (2%) calculado sobre los precios de ejecución material.

### **3.15 Beneficio industrial.**

El beneficio industrial del Contratista será el pactado en el contrato suscrito entre la Propiedad y el Contratista.

### **3.16 Honorarios de la dirección técnica y facultativa.**

Dichos honorarios, serán por cuenta del Contratista, y se entenderán incluidos en el importe de los gastos generales, salvo que se especifique lo contrario en el contrato de adjudicación, o sean deducidos en la contratación. Tanto en lo referente a forma de abono como a la cuantía de los mismos, se estará a lo dispuesto en el Decreto 1998/1961 de 19 de octubre de 1961, las normas de aplicación de este decreto contenidas en la Orden de 9 diciembre 1961 y a la normativa del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Canarias.

### **3.17 Gastos por cuenta del contratista.**

Serán por cuenta del Contratista, entre otros, los gastos que a continuación se detallan:

#### **3.17.1 Medios auxiliares.**

Serán por cuenta del Contratista los andamios, cimbras, máquinas y demás medios auxiliares que para la debida marcha y ejecución de los trabajos se necesiten, no afectando por tanto a la Propiedad, cualquier responsabilidad que por avería o accidente personal pueda ocurrir en las obras por insuficiencia o mal uso de dichos medios auxiliares.

#### **3.17.2 Abastecimiento de agua.**

Será por cuenta del Contratista, disponer de las medidas adecuadas para que se cuente en obra con el agua necesaria para el buen desarrollo de las obras.

#### **3.17.3 Energía eléctrica.**

En caso de que fuese necesario el Contratista dispondrá los medios adecuados para producir la energía eléctrica en obra.

#### **3.17.4 Vallado.**

Serán por cuenta del Contratista la ejecución de todos los trabajos que requiera el vallado temporal para las obras, así como las tasas y permisos, debiendo proceder a su posterior demolición, dejándolo todo en su estado primitivo.

**3.17.5 Accesos.**

Serán por cuenta del Contratista de cuantos trabajos requieran los accesos para el abastecimiento de las obras, así como tasas y permisos, debiendo reparar, al finalizar la obra, aquellos que por su causa quedaron deteriorados.

**3.17.6 Materiales no utilizados.**

El Contratista, a su costa, transportará y colocará agrupándolos ordenadamente y en el sitio de la obra en que por no causar perjuicios a la marcha de los trabajos se le designe, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc., que no sean utilizables en la obra.

**3.17.7 Materiales y aparatos defectuosos.**

Cuando los materiales y aparatos no fueran de calidad requerida o no estuviesen perfectamente reparados, la Dirección Facultativa dará orden al Contratista para que los reemplace por otros que se ajusten a las condiciones requeridas por los Pliegos. A falta de estas condiciones, primarán las órdenes de la Dirección Facultativa

**3.17.8 Ensayos y pruebas.**

Los gastos de los análisis y ensayos ordenados por la Dirección Facultativa, serán a cuenta del Contratista cuando el importe máximo corresponde al 1% del presupuesto de la obra contratada, y de la Propiedad si el importe supera este porcentaje.

**3.18 Precios contradictorios.**

Se originan precios contradictorios solamente cuando la Propiedad, a través del Ingeniero-Director, decida introducir nuevas unidades de obra o cambios en la calidad de alguna de las inicialmente acordadas, o cuando sea necesario afrontar circunstancias no previstas.

A falta de acuerdo y antes de iniciar la obra, los precios de unidades de obra así como los de materiales, equipos, o de mano de obra de trabajos que no figuren en los contratos, se fijarán contradictoriamente entre el Ingeniero-Director y el Contratista, o su representante expresamente autorizado a estos efectos, siempre que a juicio de ellos, dichas unidades no puedan incluirse en el trece por ciento (13%) de gastos generales.

Si subsiste la diferencia se acudirá, en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto, y en segundo lugar al Banco de Precios o Base de Datos de Unidades de obra de uso más frecuente en la Comunidad Autónoma oficialmente aprobado o adoptado por las diversas Administraciones.

El Contratista los presentará descompuestos, de acuerdo con lo establecido en el artículo correspondiente a la descomposición de los precios unitarios del presente Pliego, siendo condición necesaria la aprobación y presentación de estos precios antes de proceder a la ejecución de las unidades de obra.

De los precios así acordados, se levantará actas que firmarán por triplicado el Ingeniero-Director, la Propiedad y el Contratista o representantes autorizados a estos efectos por los últimos.

Los precios contradictorios que existieran quedarán siempre referidos a los precios unitarios de la fecha del contrato.

### **3.19 Mejoras de obras libremente ejecutadas.**

Cuando el Contratista, incluso con autorización del IngenieroDirector, usase materiales y/o equipos de mejor calidad que los señalados en el Proyecto, o sustituyese una clase de fábrica por otra que tuviese mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o en general introdujese en ésta, y sin ser solicitada, cualquier otra modificación que fuese beneficiosa, a juicio del IngenieroDirector no tendrá derecho, sin embargo, más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

### **3.20 Abono de las obras.**

El abono de los trabajos ejecutados se efectuará previa medición periódica (según intervalo de tiempo que se acuerde) y aplicando al total de las diversas unidades de obra ejecutadas, tanto en las certificaciones como en la liquidación final, al precio invariable estipulado de antemano para cada una de ellas, siempre y cuando se hayan realizado con sujeción a los documentos que constituyen el proyecto o bien siguiendo órdenes que, por escrito, haya entregado el Ingeniero-Director.

Según la modalidad elegida para la contratación de las obras y salvo que en el contrato suscrito entre el Contratista y el Propietario se preceptúe otra cosa, el abono de los trabajos se efectuará así:

1º) Tipo fijo o tanto alzado total. Se abonará la cifra previamente fijada como base de la adjudicación, disminuida en su caso en el importe de la baja efectuada por el adjudicatario.

2º) Tipo fijo o tanto alzado por unidad de obra, cuyo precio invariable se haya fijado de antemano, pudiendo variar solamente el número de unidades ejecutadas.

Previa medición y aplicando al total de las diversas unidades de obra ejecutadas, del precio invariable estipulado de antemano para cada una de ellas, se abonará al Contratista el importe de las comprendidas en los trabajos ejecutados y ultimados con arreglo y sujeción a los documentos que constituyen el proyecto, los que servirán de base para la medición y valoración de las diversas unidades.

3º) Tanto variable por unidad de obra, según las condiciones en que se realice y los materiales diversos empleados en su ejecución de acuerdo con las órdenes del Arquitecto-Director. Se abonará al Contratista en idénticas condiciones al caso anterior.

4º) Por listas de salarios o jornales y recibos de materiales, autorizados en la forma que el contrato suscrito entre el Contratista y la Propiedad determina.

5º) Por horas de trabajo, ejecutado en las condiciones determinadas en el contrato.

### **3.21 Abono de trabajos presupuestados por partida alzada.**

Las partidas alzadas, una vez ejecutadas, se medirán en unidades de obra y se abonarán a la contrata. Si los precios de una o más unidades de obra no están establecidos, se considerarán como si fuesen contradictorios.

Salvo lo estipulado en el contrato entre el Contratista y la Propiedad, el abono de los trabajos presupuestados por partida alzada se efectuará de acuerdo con un procedimiento de entre los que a continuación se expresan:

- Si existen precios contratados para unidades de obra iguales o semejantes, las presupuestadas mediante partida alzada se abonarán previa medición y aplicación del precio establecido.
- Si existen precios contratados para unidades de obra similares, se establecerán precios contradictorios para las unidades con partida alzada, deducidos de los similares contratos.
- Si no existen precios contratados, para unidades de obra iguales o semejantes, la partida alzada se abonará íntegramente al Contratista, excepto en el caso de que en el presupuesto de la obra se exprese que el importe de dicha partida debe justificarse, en cuyo caso el Ingeniero-Director indicará al Contratista y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que debe seguirse para llevar dicha cuenta, que en realidad será de administración, valorándose los materiales y jornales a los precios que figuren en el presupuesto aprobado o, en su defecto, a los que con anterioridad a la

ejecución convengan las dos partes, incrementándose su importe total con el tanto por ciento correspondiente al Beneficio Industrial del Contratista.

### **3.22 Abonos de otros trabajos no contratados.**

Cuando fuese preciso efectuar agotamientos, inyecciones y otra clase de trabajos de cualquiera índole especial y ordinaria, que por no estar contratados no sean de cuenta del Contratista, y si no se contratasen con tercera persona, tendrá el Contratista la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionen, los cuales le serán abonados por el Propietario por separado de la Contrata.

Además de reintegrar mensualmente estos gastos al Contratista, se le abonará juntamente con ellos el tanto por ciento del importe total que, en su caso, se especifique en el Pliego de Condiciones Particulares.

### **3.23 Abono de trabajos ejecutados en el periodo de garantía.**

Efectuada la recepción provisional y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá de la siguiente forma:

1. Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el Contratista a su debido tiempo; y el Ingeniero-Director exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el Presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en los "Pliegos Particulares" o en su defecto en los Generales, en el caso de que dichos precios fuesen inferiores a los que rijan en la época de su realización; en caso contrario, se aplicarán estos últimos.
2. Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio o de sus instalaciones, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por la Propiedad, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados.
3. Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al Contratista.

### **3.24 Obras no terminadas.**

Las obras no terminadas o incompletas no se abonarán o se abonarán en la parte en que se encuentren ejecutadas, según el criterio establecido por la Dirección Facultativa.

Las unidades de obra sin acabar, fuera del orden lógico de la obra o que puedan sufrir deterioros, no serán calificadas como certificables hasta que la Dirección Facultativa no lo considere oportuno.

### **3.25 Certificaciones.**

El Contratista tomará las disposiciones necesarias, para que periódicamente, según el intervalo de tiempo acordado en el contrato, lleguen a conocimiento del Ingeniero-Director las unidades de obra realizadas previa medición, quien tendrá la facultad de revisarlas sobre el propio terreno, al cual le facilita aquel, cuantos medios sean indispensables para llevar a buen término su cometido.

Lo ejecutado por el Contratista en las condiciones preestablecidas, se valorará aplicando al resultado de la medición general, cúbica, superficial, lineal, ponderada o numeral correspondiente para cada unidad de obra, los precios unitarios aprobados y extenderá la correspondiente certificación, teniendo presente además lo establecido en el presente Pliego de Condiciones respecto a mejoras o sustituciones de material y a las obras accesorias y especiales. Presentada dicha certificación al Ingeniero-Director, previo examen, y comprobación sobre el terreno, si así lo considera oportuno, en un plazo de diez (10) días, pondrá su Vº Bº, y firma, en el caso de que fuera aceptada, y con este requisito, podrá pasarse la certificación a la Propiedad para su abono, previa deducción, en tanto por ciento, de la correspondiente constitución de fianza o garantías y tasa por Honorarios de Dirección Facultativa, si procediera. Dichas certificaciones, como recoge el párrafo anterior del presente Pliego de Condiciones Generales, se remitirán al Propietario, con carácter de documento y entregas a buena cuenta, sin que supongan aprobación o recepción en obra, sujetos a rectificaciones y variaciones derivadas de la liquidación final, no suponiendo tampoco estas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

El Propietario deberá realizar los pagos al Contratista o persona autorizada por el mismo, en los plazos previstos y su importe será el correspondiente a las especificaciones de los trabajos expedidos por la Dirección Facultativa.

Se podrán aplicar fórmulas de depreciación en aquellas unidades de obra, que tras realizar los ensayos de control de calidad correspondientes, su valor se encuentre por encima del límite de rechazo, muy próximo al límite mínimo exigido aunque no llegue a alcanzarlo, pero que obtenga la calificación de aceptable. Las medidas adoptadas no implicarán la pérdida de

funcionalidad, seguridad o que no puedan ser subsanadas posteriormente, en las unidades de obra afectadas, según el criterio de la Dirección Facultativa.

El material acopiado a pie de obra, por indicación expresa y por escrito del Ingeniero-Director o del Propietario, a través de escrito dirigido al Ingeniero-Director, podrá ser certificado hasta el noventa por ciento (90%) de su importe, a los precios que figuren en los documentos del proyecto, sin afectarlos del tanto por ciento de Contrata.

En caso de que el Ingeniero-Director, no estimase aceptable la liquidación presentada por el Contratista, comunicará en un plazo máximo de diez (10) días, las rectificaciones que considere deba realizar al Contratista, en aquella, quien en igual plazo máximo, deberá presentarla debidamente rectificada, o con las justificaciones que crea oportunas. En el caso de disconformidad, el Contratista se sujetará al criterio del Ingeniero-Director, y se procederá como en el caso anterior.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere. En el caso de que el Ingeniero-Director lo exigiera, las certificaciones se extenderán al origen.

### **3.26 Demora en los pagos.**

Si el Propietario no efectuase el pago de las obras ejecutadas, dentro del mes siguiente a que corresponda el plazo convenido, el Contratista tendrá además el derecho de percibir el abono de la cantidad pactada en el contrato suscrito con el Propietario, en concepto de intereses de demora durante el espacio del tiempo de retraso y sobre el importe de la mencionada certificación.

Si aún transcurrieran dos meses a partir del retraso del término de dicho plazo de un mes, sin realizarse el pago, tendrá derecho el Contratista a la rescisión unilateral del contrato, procediéndose a la liquidación correspondiente de las obras ejecutadas y de los materiales acopiados, siempre que éstos reúnan las condiciones preestablecidas y que su cantidad no exceda de la necesaria para la terminación de la obra contratada o adjudicada.

No obstante, lo anteriormente expuesto, se rechazará toda solicitud de resolución del contrato fundada en dicha demora de pagos, cuando el Contratista no justifique que en la fecha de dicha solicitud ha invertido en obra o en materiales acopiados admisibles la parte de presupuesto correspondiente al plazo de ejecución que tenga señalado en el contrato.

Si la obra no está terminada para la fecha prevista, el Propietario podrá disminuir las cuantías establecidas en el contrato, de las liquidaciones, fianzas o similares.

El Contratista no podrá suspender los trabajos o realizarlos a ritmo inferior que lo establecido en el proyecto, alegando un retraso de los pagos.

### **3.27 Penalización económica al contratista por el incumplimiento de compromisos.**

SI el Contratista incumpliera con los plazos de ejecución de las obras estipuladas en el contrato de adjudicación, y no justificara debidamente a juicio de la Dirección Técnica la dilación, la Propiedad podrá imponer las penalizaciones económicas acordadas.

La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un porcentaje (tanto por mil) del importe total de los trabajos contratados o cantidad fija con cargo a la fianza, sin perjuicio de las acciones legales que en tal sentido correspondan. Dicha indemnización, que deberá indicarse en el contrato suscrito entre Contratista y el Propietario, se establecerá por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el calendario de obra.

En el caso de no haberse estipulado en el contrato el plazo de ejecución de las obras, se entenderá como tal el que figura como suficiente en la memoria del proyecto.

Si tampoco se hubiera especificado la cuantía de las penalizaciones, las indemnizaciones por retraso en la terminación de las obras, se aplicarán por lo que esté estipulado a tal efecto en cualquiera de los siguientes casos, siendo el importe resultante descontado con cargo a las certificaciones o a la fianza.

- Una cantidad fija durante el tiempo de retraso (por día natural, semana, mes, etc.) desde el día fijado para su terminación en el calendario de obra o en el contrato.
- El importe de los alquileres que el Propietario dejase de percibir durante el plazo de retraso en la entrega de las obras, en las condiciones exigidas, siempre que se demostrase que los locales diversos están alquilados.
- El importe de la suma de perjuicios materiales causados por la imposibilidad de ocupación del inmueble, previamente fijados.
- El abono de un tanto por ciento anual sobre el importe del capital desembolsado a la terminación del plazo fijado y durante el tiempo que dure el retraso. La cuantía y el procedimiento a seguir para fijar el importe de la indemnización, entre los anteriores

especificados, se convendrá expresamente entre ambas partes contratantes, antes de la firma del contrato.

### **3.28 Mejoras y aumentos.**

No se admitirán mejoras de obra, más que en el caso en que el Ingeniero-Director haya ordenado por escrito la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales, aparatos y equipos previstos en el contrato. Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del proyecto a menos que el Ingeniero-Director ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

En todos estos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales, aparatos y equipos ordenados emplear y los aumentos que todas estas mejoras o aumentos de obra supongan sobre el importe de las unidades contratadas. Se seguirán el mismo criterio y procedimiento, cuando el Ingeniero-Director introduzca innovaciones que supongan una reducción apreciable en los importes de las unidades de obra contratadas.

### **3.29 Unidades de obra defectuosas pero aceptables.**

Cuando por cualquier causa fuera necesario valorar obra defectuosa, pero aceptable a juicio del Ingeniero-Director de las obras, éste determinará el precio o partida de abono después de oír al Contratista, el cual deberá conformarse con dicha resolución, salvo el caso en que, estando dentro del plazo de ejecución, prefiera demoler la obra y rehacerla con arreglo a condiciones, sin exceder de dicho plazo.

### **3.30 Rescisión del contrato.**

Además de lo estipulado en el contrato de adjudicación y de lo recogido en el presente Pliego de Condiciones, la Propiedad podrá rescindir dicho Contrato en los siguientes casos:

- Cuando existan motivos suficientes, a juicio de la Dirección Técnica, para considerar que, por incompetencia, incapacidad, desobediencia o mala fe del Contratista, sea necesaria tal medida al objeto de lograr con garantías la terminación de las obras.
- Cuando el Contratista haga caso omiso de las obligaciones contraídas en lo referente a plazos de terminación de obras.

Todo ello sin perjuicio de las penalizaciones económicas figuradas en el artículo 3.24.

### **3.31 Seguro de las obras.**

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva. La cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tenga por contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la Sociedad Aseguradora, en caso de siniestro, se ingresará en cuenta a nombre del Propietario, para que con cargo a ella se abone la obra que se construya y a medida que ésta se vaya realizando.

El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones, tal y como el resto de los trabajos de la obra. En ningún caso, salvo conformidad expresa del Contratista, hecho en documento público, el Propietario podrá disponer de dicho importe para finalidades distintas a la reconstrucción de la obra siniestrada. La infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el Contratista pueda rescindir el Contrato, con devolución de fianza, abonos completos de gastos, materiales acopiados, etc., incluyendo una indemnización equivalente al importe de los daños causados al Contratista por el siniestro que no se le hubiese abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la Compañía Aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados, a tales efectos, por el Ingeniero-Director de la obra.

En las obras de rehabilitación, reforma o reparación, se fijará previamente la porción o parte de ésta que debe ser asegurada, así como su cuantía o importe, y si nada se prevé al respecto, se entenderá que el seguro comprenderá toda la parte de la edificación afectada por la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza o pólizas de Seguros, los pondrá el Contratista, antes de contratarlos, en conocimiento de la Propiedad, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

Además, se han de establecer garantías por daños materiales ocasionados por vicios y defectos de la construcción, según se describe en el apartado 3.35 del presente pliego, en base al Art. 19 de la L.O.E.

### **3.32 Conservación de las obras.**

Si el Contratista, siendo su obligación, no atendiese la conservación de la obra durante el plazo de garantía, en caso de que no estén siendo éstas ocupadas por parte del Propietario antes de la recepción definitiva, el Ingeniero-Director procederá a disponer todo lo que sea preciso para que se atienda la guarda o custodia, la limpieza y todo lo que fuese necesario para su buena conservación, abonándose todo ello por cuenta del Contratista.

Al abandonar las obras el Contratista, bien sea por buena terminación de las mismas como en el caso de rescisión del Contrato, está obligado a dejar libre de ocupación y limpias éstas en el plazo que el Ingeniero-Director estime oportuno. Después de la recepción provisional de las obras y en el caso de que su conservación corra por cuenta del Contratista, no deberá haber en las mismas más herramientas, útiles, materiales, mobiliario, etc., que los indispensables para su guarda y custodia, limpieza o para los trabajos que fuesen necesarios ejecutar.

En cualquier circunstancia, el Contratista estará obligado a revisar y reparar la obra, durante el plazo de garantía expresado, procediendo de la forma que prevé el presente Pliego de Condiciones

### **3.33 Uso por el contratista de la edificación o bienes del propietario.**

Cuando durante la ejecución de las obras ocupe el Contratista, con la necesaria y previa autorización del Propietario, edificios, instalaciones o haga uso de materiales o útiles pertenecientes al mismo, tendrá obligación de repararlos y conservarlos para hacer entrega de ellos a la terminación del contrato, en perfecto estado de conservación, reponiendo los que se hubiesen inutilizado, sin derecho a indemnización por esta reposición ni por las mejoras hechas en los edificios, propiedades o materiales que haya utilizado.

En el caso de que al terminar el contrato y hacer entrega del material, propiedades o edificaciones, no hubiese cumplido el Contratista con lo previsto en el párrafo anterior, lo realizará el Propietario a costa de aquél y con cargo a la fianza.

### **3.34 Pago de arbitrios e impuestos.**

El pago de impuestos, cánones, tasas y arbitrios en general, municipales, insulares o de otro origen, sobre vallas, ocupación de la vía, carga y descarga de materiales, alumbrado, etc., cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras y por conceptos inherentes a los propios trabajos que se realizan, correrán a cargo del Contratista, siempre que en las condiciones particulares del proyecto no se estipule lo contrario.

### **3.35 Garantías por daños materiales ocasionados por vicios y defectos de la construcción y montaje de instalaciones.**

El régimen de garantías exigibles para las obras de edificación se hará efectivo de acuerdo con la obligatoriedad que se establece en la L.O.E. (Apartado C) exigible para edificios cuyo destino principal sea el de vivienda según contempla su disposición adicional segunda, teniendo como referente a las siguientes garantías:

- a) Seguro de daños materiales o seguro de caución, para garantizar, durante un año, el resarcimiento de los daños causados por vicios o defectos de ejecución que afecten a elementos de terminación o acabado de las obras e instalaciones, que podrá ser sustituido por la retención por el promotor de un 5% del importe de la ejecución material de la obra.
- b) Seguro de daños materiales o seguro de caución, para garantizar, durante tres años, el resarcimiento de los daños causados por vicios o defectos de los elementos constructivos o de las instalaciones que ocasionen el incumplimiento de los requisitos de habitabilidad especificados en el art. 3 de la L.O.E.
- c) Seguro de daños materiales o seguro de caución, para garantizar, durante diez años, el resarcimiento de los daños materiales causados por vicios o defectos que tengan su origen o afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales, y que comprometan directamente la resistencia mecánica y estabilidad del edificio.

## **4 Condiciones de índole legal.**

### **4.1 Documentos del proyecto.**

El presente proyecto consta de los siguientes documentos:

- Memoria Descriptiva y Anexos de cálculo.
- Planos.
- Pliego General de Condiciones.
- Pliegos de Condiciones Técnicas.
- Mediciones y Presupuesto.

### **4.2 Plan de obra**

El plan detallado de obra será realizado conforme se indicó en las Condiciones Facultativas del presente Pliego de Condiciones, y en él se recogerán los tiempos y finalizaciones establecidas en el contrato, siendo completado con todo detalle, indicando las fechas de iniciación previstas para cada una de las partes en las que se divide el trabajo, adaptándose con la mayor exactitud al Pert detallado, diagrama de Gant o cualquier otro sistema válido de control establecido. Este documento será vinculante.

### **4.3 Planos.**

Son los citados en la lista de Planos del presente proyecto, y los que se suministrarán durante el transcurso de la obra por la Dirección Técnica y Facultativa, que tendrán la misma consideración.

### **4.4 Especificaciones.**

Son las que figuran en la Memoria Descriptiva y en los Pliegos de Condiciones Técnicas, así como las condiciones generales del contrato, juntamente con las modificaciones del mismo y los apéndices adosados a ellas, como conjunto de documentos legales.

### **4.5 Objeto de los planos y especificaciones.**

Es el objeto de los planos y especificaciones mostrar al Contratista el tipo, calidad y cuantía del trabajo a realizar y que fundamentalmente consistirá en el suministro de toda la mano de obra, material fungible, equipos y medios de montaje necesarios para la apropiada ejecución del trabajo, mientras específicamente no se indique lo contrario. El Contratista realizará todo el trabajo indicado en los planos y descrito en las especificaciones, así como todos los trabajos considerados como necesarios para completar la realización de las obras de manera aceptable, con la calidad que le fuere exigida y consistente, y a los precios ofertados.

### **4.6 Divergencias entre los planos y especificaciones.**

Si existieran divergencias entre los planos y las especificaciones, regirán los requerimientos de éstas últimas y en todo caso, la aclaración que al respecto facilite el Ingeniero-Director.

### **4.7 Errores en los planos y especificaciones.**

Cualquier error u omisión de importancia en los planos y especificaciones será comunicado inmediatamente al Ingeniero-Director que lo corregirá o aclarará con la mayor brevedad y por escrito, si fuese necesario. Cualquier trabajo hecho por el Contratista, tras el descubrimiento de tales discrepancias, errores u omisiones, se hará por cuenta y riesgo de éste.

### **4.8 Adecuación de planos y especificaciones.**

La responsabilidad por la adecuación del diseño y por la insuficiencia de los planos y especificaciones se establecerá a cargo del Propietario. Entre los planos y especificaciones se establecerán todos los requisitos necesarios para la realización de los trabajos objeto del Contrato.

#### **4.9 Instrucciones adicionales.**

Durante el proceso de realización de las obras y montaje de las instalaciones, el Ingeniero-Director podrá dar instrucciones adicionales por medio de dibujos, esquemas o notas que aclaren con detalle cualquier dato confuso de los planos y especificaciones. Podrá facilitar, de igual modo, instrucciones adicionales necesarias para explicar o ilustrar los cambios en el trabajo que tuvieran que realizarse.

Asimismo, el Ingeniero-Director, o la Propiedad a través del Ingeniero-Director, podrán remitir al Contratista notificaciones escritas ordenando modificaciones, plazos de ejecución, cambios en el trabajo, etc. El Contratista deberá ceñirse estrictamente a lo indicado en dichas órdenes. En ningún caso el Contratista podrá negarse a firmar el enterado de una orden o notificación. Si estimara oportuno efectuar alguna reclamación contra ella, deberá formularla por escrito al Ingeniero-Director, o a la Propiedad a través de escrito al Ingeniero-Director; dentro del plazo de diez (10) días de haber recibido la orden o notificación. Dicha reclamación no lo exime de la obligación de cumplir lo indicado en la orden, aunque al ser estudiada por el Ingeniero-Director pudiera dar lugar a alguna compensación económica o a una prolongación del tiempo de finalización.

#### **4.10 Copias de los planos para realización de los trabajos.**

A la iniciación de las obras y durante el transcurso de las mismas, se entregará al Contratista, sin cargo alguno, dos copias de cada uno de los planos necesarios para la ejecución de las obras.

La entrega de planos se efectuará mediante envíos parciales con la suficiente antelación sobre sus fechas de utilización.

#### **4.11 Propiedad de los planos y especificaciones**

Todos los planos y especificaciones y otros datos preparados por el Ingeniero-Director y entregados al Contratista pertenecerán a la Propiedad y al Ingeniero-Director, y no podrán utilizarse en otras obras.

#### **4.12 Contrato.**

En el contrato suscrito entre la Propiedad y el Contratista deberá explicarse el sistema de ejecución de las obras, que podrá contratarse por cualquiera de los siguientes sistemas:

#### **4.12.1 Por tanto alzado.**

Comprenderá la ejecución de toda parte de la obra, con sujeción estricta a todos los documentos del proyecto y en cifra fija.

#### **4.12.2 Por unidades de obra ejecutadas.**

Asimismo, con arreglo a los documentos del proyecto y a las condiciones particulares, que en cada caso se estipulen.

#### **4.12.3 Por administración directa o indirecta.**

Con arreglo a los documentos del proyecto y a las condiciones particulares que en cada caso se estipulen.

#### **4.12.4 Por contrato de mano de obra.**

Siendo de cuenta de la Propiedad el suministro de materiales y medios auxiliares en condiciones idénticas a las anteriores.

En dicho contrato deberá explicarse si se admiten o no la subcontratación y los trabajos que puedan ser de adjudicación directa por parte del Ingeniero-Director a casas especializadas.

### **4.13 Contratos separados.**

El Propietario puede realizar otros contratos en relación con el trabajo del Contratista. El Contratista cooperará con estos otros respecto al almacenamiento de materiales y realización de su trabajo. Será responsabilidad del Contratista inspeccionar los trabajos de otros contratistas que puedan afectar al suyo y comunicar al Ingeniero-Director cualquier irregularidad que no lo permitiera finalizar su trabajo de forma satisfactoria.

La omisión de notificar al Ingeniero-Director estas anomalías indicará que el trabajo de otros Contratistas se ha realizado satisfactoriamente.

### **4.14 Subcontratos.**

Cuando sea solicitado por el Ingeniero-Director, el Contratista someterá por escrito para su aprobación los nombres de los subcontratistas propuestos para los trabajos. El Contratista será responsable ante la Propiedad de los actos y omisiones de los subcontratistas y de las acciones de sus empleados, en la misma medida que de los suyos propios. Los documentos del contrato no están redactados para crear cualquier reclamación contractual entre Subcontratista y Propietario.

#### **4.15 Adjudicación.**

La adjudicación de las obras se efectuará mediante una de las tres siguientes modalidades:

- Subasta pública o privada.
- Concurso público o privado.
- Adjudicación directa o de libre adjudicación.

En el primer caso, será obligatoria la adjudicación al mejor postor, siempre que esté conforme con lo especificado con los documentos del proyecto.

En el segundo caso, la adjudicación será por libre elección.

#### **4.16 Subastas y concursos.**

Las subastas y concursos se celebrarán en el lugar que previamente señalen las Condiciones Particulares de Índole

Legal de la presente obra, debiendo figurar imprescindiblemente la Dirección Facultativa o persona delegada, que presidirá la apertura de plicas, encontrándose también presentes en el acto un representante de la Propiedad y un delegado de los concursantes.

#### **4.17 Formalización del contrato.**

El Contrato se formalizará mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes y con arreglo a las disposiciones vigentes.

El Contratista antes de firmar la escritura, habrá firmado también su conformidad con el Pliego General de Condiciones que ha de regir la obra, en los planos, cuadros de precios y presupuesto general.

Será de cuenta del adjudicatario todos los gastos que ocasione la extensión del documento en que consigue la Contrata.

#### **4.18 Responsabilidad del contratista**

El Contratista es el responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el proyecto. Como consecuencia de ello, vendrá obligado a la demolición y la reconstrucción de todo lo mal ejecutado, sin que pueda servir de excusa el que el Ingeniero-Director haya examinado y reconocido la realización de las obras durante la ejecución de las mismas, ni el que hayan sido abonadas liquidaciones parciales.

El Contratista se compromete a facilitar y hacer utilizar a sus empleados todos los medios de protección personal o colectiva, que la naturaleza de los trabajos exija.

De igual manera, aceptará la inspección del Ingeniero-Director en cuanto a Seguridad y Salud se refiere y se obliga a corregir, con carácter inmediato, los defectos que se encuentren al efecto, pudiendo el Ingeniero-Director en caso necesario paralizar los trabajos hasta tanto se hayan subsanado los defectos, corriendo por cuenta del Contratista las pérdidas que se originen.

#### **4.19 Trabajos durante una emergencia**

En caso de una emergencia el Contratista realizará cualquier trabajo o instalará los materiales y equipos necesarios.

Tan pronto como sea posible, comunicará al Ingeniero-Director cualquier tipo de emergencia, pero no esperará instrucciones para proceder a proteger adecuadamente vidas y propiedades.

#### **4.20 Suspensión del trabajo por el propietario.**

El trabajo o cualquier parte del mismo podrán ser suspendidos por el Propietario en cualquier momento previa notificación por escrito con cinco días de antelación a la fecha prevista de reanudación del trabajo.

El Contratista reanudará el trabajo según notificación por escrito del Propietario, a través del Ingeniero-Director, y dentro de los diez días siguientes a la fecha de la notificación escrita de reanudación de los trabajos.

Si el Propietario notificase la suspensión definitiva de una parte del trabajo, el Contratista podrá abandonar la porción del trabajo así suspendida y tendrá derecho a la indemnización correspondiente.

#### **4.21 Derecho del propietario a rescisión del contrato.**

El Propietario podrá rescindir el Contrato de ejecución en los casos escogidos en el capítulo correspondiente a las Condiciones de Índole Económica. y en cualquiera de los siguientes:

- Se declare en bancarrota o insolvencia.
- Desestime o viole cláusulas importantes de los documentos del contrato o instrucciones del Ingeniero-Director, o deje proseguir el trabajo de acuerdo con lo convenido en el Plan de obra.

- Deje de proveer un representante cualificado, trabajadores o subcontratistas competentes, o materiales apropiados, o deje de efectuar el pago de sus obligaciones con ello.

#### **4.22 Forma de rescisión del contrato por parte de la propiedad.**

Después de diez (10) días de haber enviado notificación escrita al Contratista de su intención de rescindir el contrato, el Propietario tomará posesión del trabajo, de todos los materiales, herramientas y equipos, aunque sea propiedad de la Contrata y podrá finalizar el trabajo por cualquier medio y método que elija.

#### **4.23 Derechos del contratista para cancelar el contrato.**

El Contratista podrá suspender el trabajo o cancelar el contrato después de diez (10) días de la notificación al Propietario y al Ingeniero-Director de su intención, en el caso de que por orden de cualquier tribunal u otra autoridad se produzca una parada o suspensión del trabajo por un período de noventa (90) días seguidos y por causas no imputables al Contratista o a sus empleados.

#### **4.24 Causas de rescisión del contrato.**

Se considerarán causas suficientes de rescisión de contrato, las que a continuación se detallan:

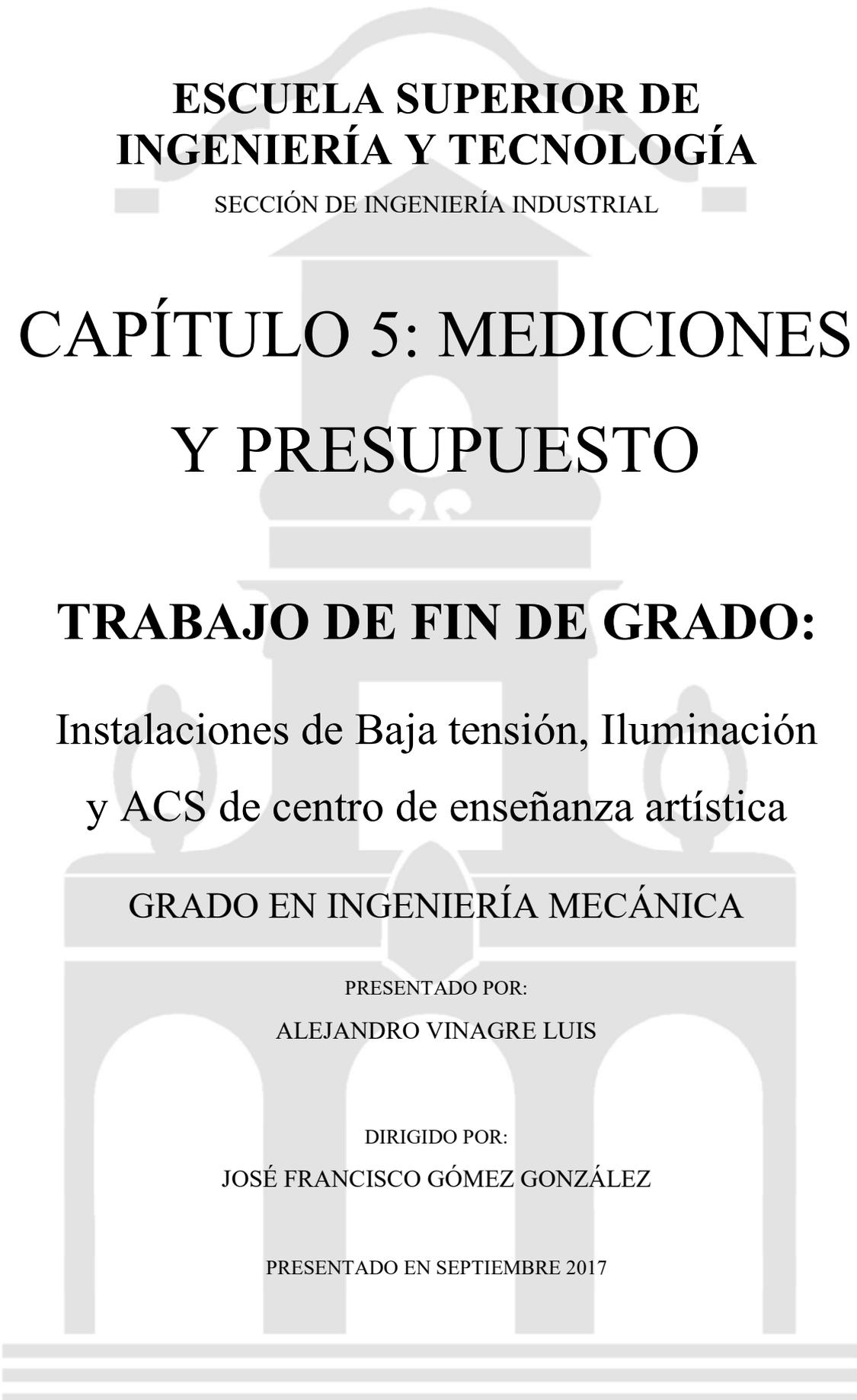
El Contratista observará todas las ordenanzas, leyes, reglas, regulaciones estatales, provinciales y municipales, incluyendo sin limitación las relativas a salarios y Seguridad Social.

El Contratista se procurará de todos los permisos, licencias e inspecciones necesarias para el inicio de las obras, siendo abonadas por la Propiedad.

El Contratista una vez finalizadas las obras y realizada la recepción provisional tramitará las correspondientes autorizaciones de puesta en marcha, siendo de su cuenta los gastos que ello ocasione.

El Contratista responde, como patrono legal, del cumplimiento de todas las leyes y disposiciones vigentes en materia laboral, cumpliendo además con lo que el Ingeniero-Director le ordene para la seguridad y salud de los operarios y viandantes e instalaciones, sin que la falta de tales órdenes por escrito lo eximan de las responsabilidades que, como patrono legal, corresponden exclusivamente al Contratista.





**ESCUELA SUPERIOR DE  
INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA**

SECCIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**CAPÍTULO 5: MEDICIONES  
Y PRESUPUESTO**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO:**

Instalaciones de Baja tensión, Iluminación  
y ACS de centro de enseñanza artística

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

PRESENTADO POR:

ALEJANDRO VINAGRE LUIS

DIRIGIDO POR:

JOSÉ FRANCISCO GÓMEZ GONZÁLEZ

PRESENTADO EN SEPTIEMBRE 2017



## Índice de contenidos.

1. Capítulo de Iluminación. ....	246
2. Capítulo de Instalación de Baja Tensión. ....	246
3. Capítulo de Instalación de ACS.....	248
4. Resumen del presupuesto.....	250



### 1. Capítulo de Iluminación.

Partida	Descripción	Ud.	Cantidad	Precio unitario [€/ud]	Importe [€]
01.01	Alumbrado interior				
	PHILLIPS DN560B LED8S/840 PSE-E-F WH	Ud	10	205,00	2050
	PHILLIPS FBS120 1xPL-R/4P14W HF	Ud	17	80,00	1360
	PHILLIPS RC415B G2 PSD W15L125 1xLED20S/830	Ud	42	293,00	12306
	PHILLIPS RC461B G2 PSD W30L120 1xLED40S/840	Ud	33	523,00	17259
01.02	Alumbrado de emergencia				
	LEGRAND 661620 URA ONE NM 70 LM 1H IP42 STD	Ud	46	56,47	2597,62
	LEGRAND 661621 URA ONE NM 100 LM 1H IP42 STD	Ud	17	67,97	1155,49
	LEGRAND 661622 URA ONE NM 160 LM 1H IP42 STD	Ud	9	67,97	611,73
				Subtotal materiales	37339,84
01.03	Mano de obra				
	Oficial de 1ª Electricista	h	18	16,58	298,44
	Oficial de 3ª electricidad	h	18	14,14	254,52
				Subtotal mano de obra	552,96
Total capítulo de iluminación					37892,80

### 2. Capítulo de Instalación de Baja Tensión.

Partida	Descripción	Ud.	Cantidad	Precio unitario [€/ud]	Importe [€]
02.01	Líneas				
	RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 25 mm². Unipolar	m	10	3,18	31,80
	RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 10 mm². Unipolar	m	62,5	1,41	88,13
	H07V Cobre Flexible, 2.5 mm². Unipolar	m	921	0,62	571,02
	H07V Cobre Flexible, 4 mm². Unipolar	m	255	0,98	249,90
	H07V Cobre Flexible, 1.5 mm². Unipolar	m	495	0,37	183,15
	H07V Cobre Flexible, 10 mm². Unipolar	m	252	1,39	350,28

02.02	Canalizaciones				
	Tubo canalización enterrada (EN/UNE 50086). DN: 90 mm	m	10	3,15	31,50
	Tubo aislante canalización empotrada (EN/UNE 50086). DN: 32 mm	m	2,5	1,25	3,13
	Tubo aislante canalización empotrada (EN/UNE 50086). DN: 20 mm	m	392	1,07	419,44
	Tubo aislante canalización empotrada (EN/UNE 50086). DN: 16 mm	m	165	1,06	174,90
	Tubo aislante canalización empotrada (EN/UNE 50086). DN: 25 mm	m	84	1,09	91,56
02.03	Protecciones				
	Fusible IEC60269 gL/gG In: 40 A; Un: 400 V; Icu: 100 kA; Tipo gL/gG	ud	6	136,10	816,60
	Magnetotérmico EN60898 10kA Curva C In: 40 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 10 kA; Tipo C; Categoría 3 Tripolar	ud	1	20	20,00
	Magnetotérmico EN60898 6kA Curva C In: 10 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 Bipolar	ud	17	13,39	227,63
	Magnetotérmico EN60898 6kA Curva C In: 16 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 Bipolar	ud	8	13,61	108,88
	Magnetotérmico EN60898 6kA Curva C In: 25 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 Bipolar	ud	2	14,24	28,48
	Diferencial IEC60947-2 Instantáneos In: 40 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I) Tripolar-Tetrapolar	ud	1	82,39	82,39
	Diferencial IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 230 V; Id: 30 mA; (I) Bipolar	ud	6	53,67	322,02
	ICP Ie: 40 A; Ue: 400 V; Icm: 10 kA Unipolar	ud	1	36,50	36,05
	Contador de activa	ud	1	89,90	89,90
	Sobretensiones Familia EN61643-11 tipo III (Clase D) Modo diferencial; Int. imp./máx.:8 kA; Nivel de protección:1.25 kV	ud	1	61,50	61,50
02.04	Cuadros eléctricos				
	Caja empotrable con puerta opaca, para alojamiento del interruptor de control de potencia (ICP) en compartimento independiente y precintable y de los interruptores de protección de la instalación, 1 fila de 4 módulos (ICP) + 1 fila de 18 módulos. Fabricada en ABS autoextinguible, con grado de protección IP 40, doble aislamiento (clase II), color blanco RAL 9010. Según UNE-EN 60670-1.	ud	1	24,77	24,77

	Caja de distribución en superficie IP65	ud	6	24,57	147,42
02.05	Mecanismos				
	Interruptor simple	ud	29	9,50	275,50
	Conmutador	ud	6	12,72	76,32
	Conmutador de cruzamiento	ud	3	13,55	40,65
02.06	Tomas de corriente				
	Toma de corriente bipolar, para empotrar, gama media, intensidad asignada 16A	ud	53	7,73	409,69
02.08	Costes indirectos				
	Pérdidas de material	%	8	4962,61	397,01
				Subtotal materiales	5359,62
02.07	Mano de obra				
	Oficial de 1ª electricista	h	32	16,58	530,56
	Oficial de 2ª electricista	h	32	16,56	529,92
				Subtotal mano de obra	1060,48
Total capítulo de instalación de baja tensión					6420,10

### 3. Capítulo de Instalación de ACS.

Partida	Descripción	Ud.	Cantidad	Precio unitario [€/ud]	Importe [€]
03.01	Circuito hidráulico				
	Tubería de cobre de DN 18 mm en barras de 5 m de longitud.	m	20	5,72	114,4
	Aislamiento KFLEX SOLAR HT tubos de 2 m HT40x018 (caja de 16)	m	5	25,02	125,1
	Aislamiento KFLEX SOLAR HT tubos de 2 m HT30x018 (caja de 11)	m	1	11,92	11,92
	Codo de 90º redondeado cobre hembra hembra DN 18 mm. Bolsa de 10 uds	ud	2	0,62	1,24
	Te igual hembra, cobre DN 18 mm, bolsa de 10 uds	ud	2	1,31	2,62
	Válvula de bola soldar 18 mm caja de 8 uds	ud	2	7,66	15,32
	Válvula mezcladora paso T ¾" caja de 60 uds	ud	1	38,43	38,43
	Vaso de expansión IBAINDO 35 CMR-P	ud	1	94,63	94,63

	Bomba circuladora WILO STRATOS 25/1-4	ud	1	743,00	743
03.02	Captación solar				
	Captador solar WAGNER SOLAR EURO L20 AR	ud	8	800,23	6401,84
	Soporte kit WAGNER SOLAR TRIC F	ud	8	104,12	832,96
03.03	Acumulación				
	Interacumulador LLOGIL VSF 1500	ud	1	3830,00	3830
03.04	Sistema auxiliar				
	Caldera ecoTEC Plus 806 VAILANT VM ES 806/5-5	ud	1	5265,00	5265
03.05	Sistema de control				
	Sistema de regulación y control RESOL DeltaSol CS/4	ud	1	169,00	169
03.06	Costes indirectos				
	Pérdidas de material	%	8	17645,46	1411,64
				Subtotal materiales	19057,10
03.07	Mano de obra				
	Oficial de 1ª fontanería	h	40	16,58	663,20
	Oficial de 2ª fontanería	h	40	16,56	662,40
				Subtotal mano de obra	1325,60
Total capítulo de instalación de acs					20382,70

#### 4. Resumen del presupuesto.

	Capítulo	Importe [€]
A	Iluminación	37892,80
B	Instalación de Baja Tensión	6420,10
C	Instalación de ACS	20382,70
<b>D =A+B+C</b>	<b>Total ejecución material</b>	<b>64695,60</b>
E=D·0,13	Gastos generales (13%)	8410,43
F=D·0,07	Beneficio industrial (7%)	4528,69
<b>G=D+E+F</b>	<b>Total base</b>	<b>77634,72</b>
H=G·0,07	IGIC (7%)	5434,43
<b>I=G+H</b>	<b>Total presupuesto general</b>	<b>83069,15</b>

El presupuesto total asciende a la cantidad de OCHENTA Y TRES MIL SESENTA Y NUEVE euros con QUINCE céntimos.



**ESCUELA SUPERIOR DE  
INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA**

SECCIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**CAPÍTULO 6: FICHAS  
TÉCNICAS**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO:**

Instalaciones de Baja tensión, Iluminación  
y ACS de centro de enseñanza artística

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

PRESENTADO POR:

ALEJANDRO VINAGRE LUIS

DIRIGIDO POR:

JOSÉ FRANCISCO GÓMEZ GONZÁLEZ

PRESENTADO EN SEPTIEMBRE 2017

# Captador solar EURO L20 AR



Figura 1 EURO L20 AR

## Resumen de las ventajas

### Alto rendimiento

- Cubierta del captador con cristal antirreflexivo sunarc® con factor de transmitancia del 96%
- Absorbedor de aluminio soldado por láser para una transmisión óptima de calor
- Aislamiento térmico de 60 mm en la parte posterior

### Materiales de alta calidad y prolongada vida útil

- Marco de aluminio anodizado
- Pared trasera de aluminio macizo
- Absorbedor de superficie de aluminio con registro de tubo de cobre
- Lana mineral resistente a las temperaturas y con pocos aglutinantes del grupo conductor térmico 040

### Detalles estructurales consolidados

- Aislamiento alrededor del marco
- Uniones 1/2" rosca exterior de conexión segura de forma permanente y con junta plana
- Perfil hermético de vidrio EPDM resistente a los rayos UV con unión de esquina vulcanizado

### Posibilidades de montaje flexibles

- Adecuado para el montaje sobre cubierta inclinada, integrado en el tejado y en tejados planos

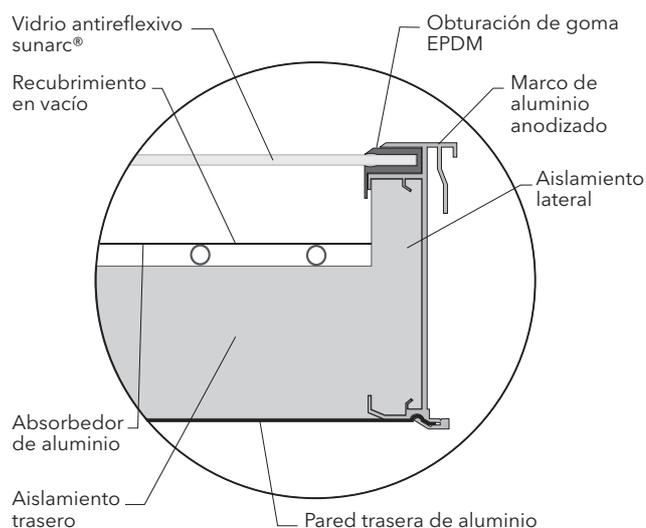


Figura 2 Estructura del captador

# 1. Datos técnicos

Tab. 1 Característica	EURO L20 AR
Área bruta / área de apertura (según DIN 12975)	2,61 / 2,39 m <sup>2</sup>
Formato (Largo x Alto x Ancho)	2.151 x 1.215 x 110 mm
Rendimiento del captador (según EN 12975)	$\eta_o = 84,4\%$ ; $k_1 = 3,48 \text{ W/m}^2\text{K}$ ; $k_2 = 0,0154 \text{ W/m}^2\text{K}^2$
Factores de corrección angular (50°)	$k_{dir} = 95\%$ , $k_{diff} = 88\%$
Carcasa de captador	Marco de aluminio anodizado, pared trasera de aluminio, aislamiento térmico de 60 mm en la parte trasera, tiras de aislamiento continuas en los bordes
Capacidad térmica específica	4,7 kJ/(m <sup>2</sup> K)
Cubierta de vidrio y transmisión	Vidrio solar de seguridad de 4 mm con revestimiento antireflexivo sunarc®; $\tau = 96\%$
Absorbedor	Absorbedor de doble arpa de chapa de aluminio de alta conductividad térmica y tubo de cobre soldado por láser
Recubrimiento del absorbedor	Recubrimiento en vacío altamente selectivo, $\alpha = 95\%$ , $\epsilon = 5\%$
Volumen del absorbedor	1,5 litros
Medio caloportador	DC20 (propilenglicol con inhibidores), ¡concentración según necesidad!
Presión máxima de servicio admisible	máx. 10 bar
Temperatura de estancamiento (EN 12975)	219 °C
Conexión sonda de temperatura	Vaina de inmersión con diámetro interior de 6 mm
Conexión de captador	Rosca exterior de 1/2"
Certificado/características	SolarKeymark; distintivo CE
Cargas de presión / succión permitidas	2,25 kN/m <sup>2</sup>
Tipo de montaje	Colocación sobre el tejado y en cubierta plana en formato vertical y horizontal (10 - 85°); integrado en el tejado en formato vertical (inclinación 20° - 85°)
Peso	48 kg

Pérdida de carga [mbar]

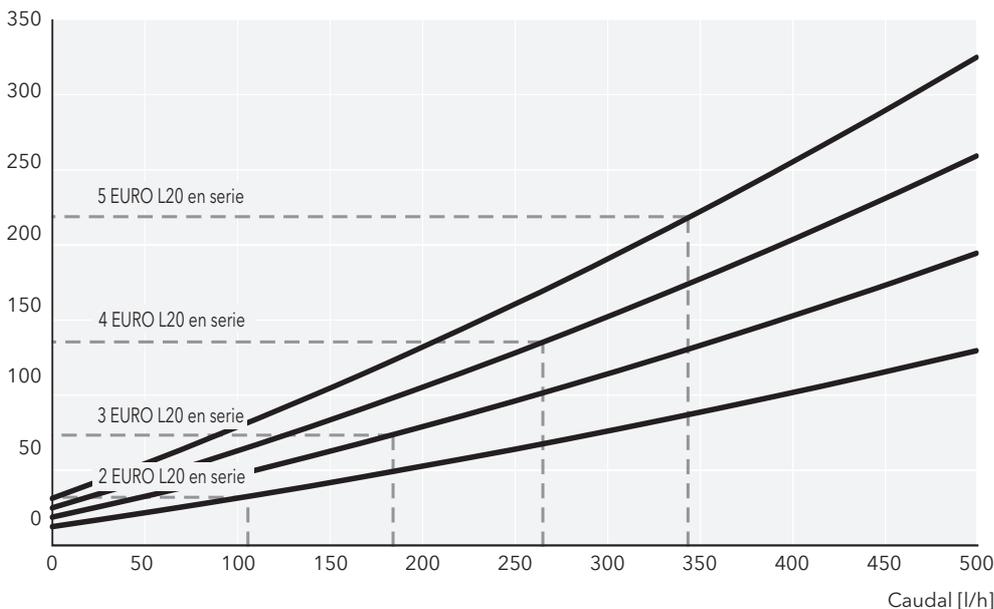


Figura 3 Pérdidas de presión de varios captadores conectados en serie en función del caudal; líquido caloportador: 40% glicol/60% agua a 30 °C; datos de pérdidas de presión sin mangueras de unión y conexión

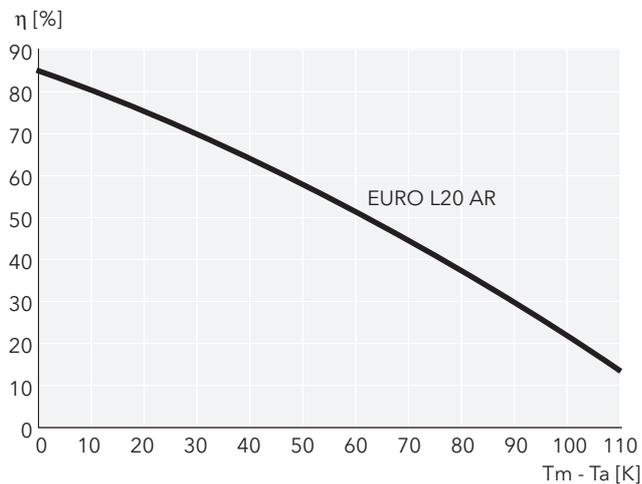


Figura 4 Curva de rendimiento según DIN EN 12975



Figura 5 Dimensiones (mm)

## 2. Indicaciones de planificación

### 2.1 Carga de nieve y viento

Para cargas de viento y nieve se aplica la normativa vigente: CTE DB SE-AE, basada en el Eurocódigo 1: Acciones en estructuras y el Eurocódigo 9: Estructuras de aleación de aluminio. En la tabla 2 se exponen algunos ejemplos de diseño. Debe tenerse en cuenta además la información técnica.

Tab. 2 Ejemplos de diseño para zona de cargas de nieve 4 \* / categoría del terreno IV / Altura sobre el nivel del mar 600<sup>1</sup>

Altura del edificio (m)	Zona de carga de viento	Montaje sobre cubierta plana (número de triángulos / captador)	Colocación libre de cargas (superficie de captador kg/m <sup>2</sup> )	
			Formato horizontal	Formato vertical
8	A	2	129	157
8	B	2	139	169
8	C	2	161	197
15	A	2	165	202
15	B	2	177	215
15	C	2	206	252

<sup>1</sup> 45° de inclinación sin tener en cuenta el montaje en la zona del borde y las esquinas del tejado

## 2.2 Cálculo de la distancia para evitar sombras

La siguiente tabla es válida para un ángulo de sombra  $\beta$  de 25°. En los meses de invierno puede sombrearse la zona inferior de los captadores.

Tab. 3 Distancias para evitar sombras (latitud 40.39°)						
Distancias en m (véase figura 7)	Ángulo de colocación del captador $\alpha$					
	Formato horizontal			Formato vertical		
	35°	45°	50°	35°	45°	50°
A	1,391	1,715	1,858	2,463	3,036	3,289
B	0,995	0,859	0,781	1,762	1,521	1,383
C	3,381	3,433	3,420	5,986	6,078	6,054

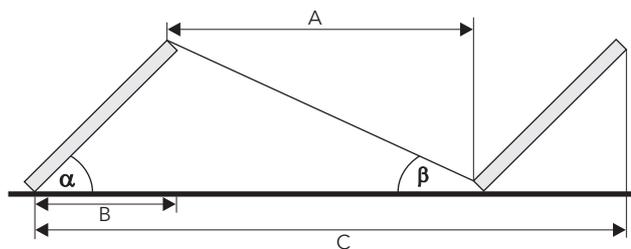


Figura 6 Distancias para evitar sombras en captadores dispuestos unos tras otros con un ángulo de colocación  $\alpha$  y una incidencia solar  $\beta$

## 2.3 Posibilidades de conexión

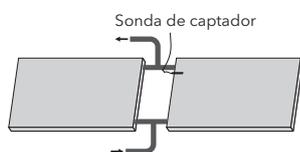


Figura 7 Conexión en paralelo de 2 x EURO L20 en formato horizontal a caudal  $Q = 35 \text{ l/m}^2\text{h}$ . Está disponible un set complementario para el montaje sobre el tejado (n° art. 190 202 40).

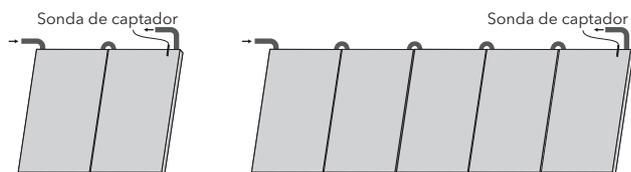


Figura 8 Conexión en serie en formato vertical a caudal  $Q = 35 \text{ l/m}^2\text{h}$  (máx. 5 x EURO L20 en serie)

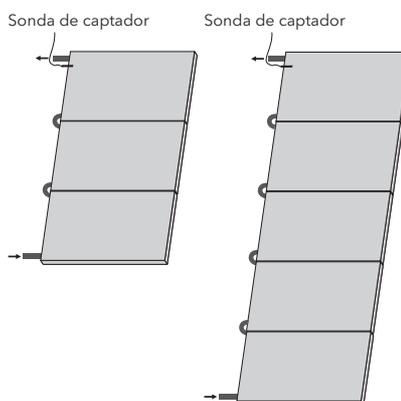


Figura 9 Conexión en serie en formato horizontal a caudal  $Q = 35 \text{ l/m}^2\text{h}$  (máx. 5 x EURO L20 en serie)

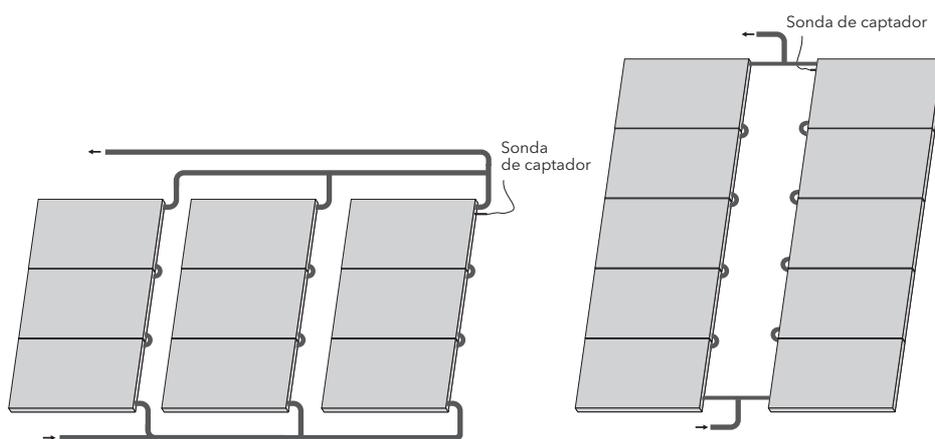


Figura 10 Combinación de conexión en serie y en paralelo en el formato horizontal a caudal  $Q = 35 \text{ l/m}^2\text{h}$



## TRIC F Flat Roof Racking System

We placed particular emphasis on racking versatility when developing the TRIC F system. Be it a flat roof, a sloping one or complex demands, such as slanted positioning on sloping roofs – none is a problem.

### Highest-Level Mechanical Innovation

With TRIC F solar panels can be freely racked on almost all even and sloping surfaces. The system impresses with high-quality materials, smart detail solutions and a coherent overall concept.

### Less is More

Root-and-branch reworking and consistent alignment of all components further optimized the system and achieved significant reductions in the materials needed. Hence fewer racking elements are required and assembly of up to two panels per racking triangle is possible. Fast, simple and safe installation is guaranteed.

### TRIC F Racking System for Flat and Sloping Roof Installation

- Completely pre-assembled racking triangles of bend-resistant Wagner profiles
- Connecting elements of stainless steel and aluminum
- Flexible fastening with mounting groove in the ground rail

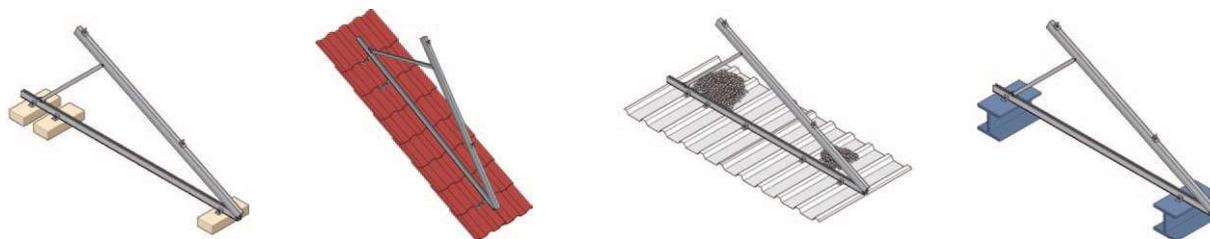
#### FOLDED

The TRIC F racking triangles are delivered folded up. That saves space and costs, easing transportation. At the installation site they are simply unfolded to the desired angle and screwed together.

The angle can be set steplessly. Angles from 15° to 60° can be set with the systems TRIC F 15, 30 and 45.



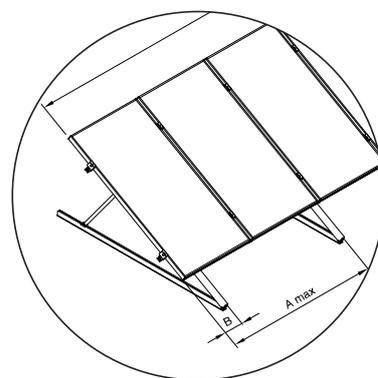
# TRIC F Flat Roof Racking System



## TRIC F 15/30/45

- Optimal stability, up to 2 modules vertical per support triangle (depending on location and module type)
- Angle steplessly adjustable within the stated range
- Fastening the modules additionally requires the TRIC A HDC racking system

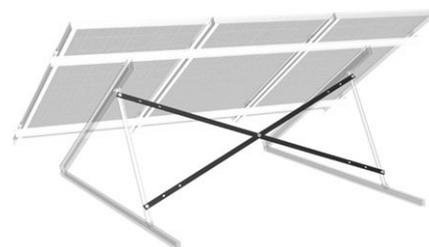
TRIC F 15/30/45	Angle of Inclination	Part no.
TRIC F 15	15° - 22°	219 050 01
TRIC F 30	22° - 38°	219 050 02
TRIC F 45	38° - 60°	219 050 03



## TRIC F Diagonal Strutting Set

- For additional stability, 1 set per module row
- Indispensable for sloping roof racking
- Maximum distance between support triangles 1,500 mm

TRIC F Diagonal Strutting Set	
Part no.	219 050 41



### Spacing racking triangles for snow and wind conditions\*

SLZ	WZ	H = 0 - 300 m	H = 300 - 500 m	H = 500 - 700 m	H = 700 - 900 m
		A <sub>max</sub> [mm]	A <sub>max</sub> [mm]	A <sub>max</sub> [mm]	A <sub>max</sub> [mm]
1a	1	1,720	1,500	1,200	920
2	2	1,500	1,090	860	630
2	4	1,090	920	710	550
2a	2	1,330	1,000	710	520
3	2	1,200	860	630	460
3	4	1,000	750	570	410

TRIC F 30° / Building height < 10m / H = Height above NN / SLZ/WZ = snow load zones/wind zones

\* Please note: The table above is based on German wind and snow load zones which need to be adapted to your country specific values. The figures in the table are calculated for Germany and are not applicable for any other country. Please contact our technical support team for further information.

# TRIC F Flat Roof Racking System

## TRIC F horizontal

- 2 support triangles for 1 module installed horizontally
- Inclination angle 18° - 43°, steplessly adjustable



TRIC F horizontal	Part no.
for SANYO module	219 050 10
for SCHOTT module	219 050 39
for REC module	219 050 60
for EVERGREEN module	219 050 40
for HYUNDAI module	219 050 42

## Gravel Board Installation Set

- Steel gravel board for fastening the racking system to the ground
- Ground area 2,000 x 1,035 mm, for 1 racking triangle (TRIC F 15/30/45) resp. for 1 horizontal panel (TRIC F horizontal)

Gravel Board Installation Set	
Part no.	219 050 27

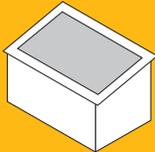
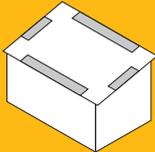
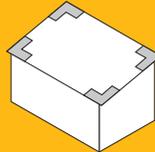
## Concrete Slab Installation Set

- For fastening the TRIC F racking system to concrete slabs
- For 1 racking triangle, 8 aluminum clamping angle, dowels, stainless steel screws



Concrete Slab Installation Set	
Part no.	219 203 45

### Gravel ballast loading G [kg] per m² module area (incl. safety co-efficients according to DIN 1055-100)\*

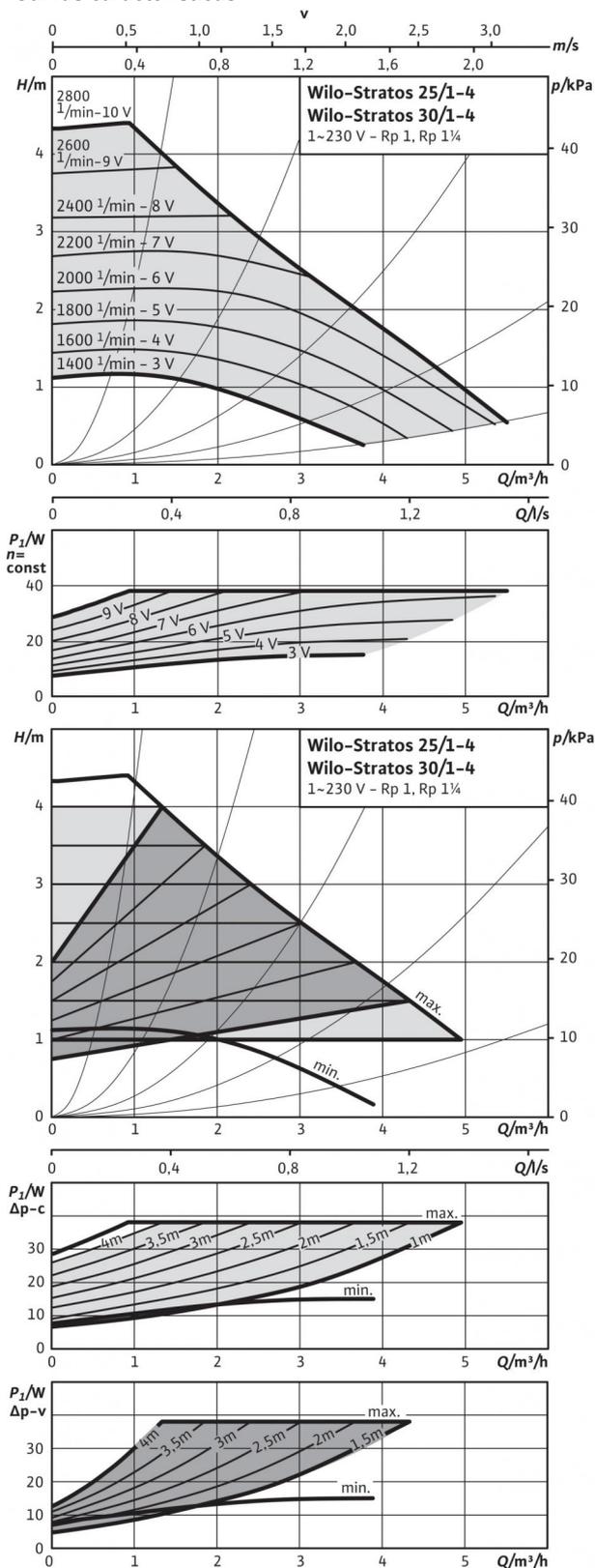
Wind zone			
1	105	172.5	232.5
2	135	217.5	285
3	172.5	270	352.5
4	210	330	427.5

TRIC F 30° / Building height < 10 m / inland, 800 m altitude

\* Please note: The table above is based on German wind and snow load zones which need to be adapted to your country specific values. The figures in the table are calculated for Germany and are not applicable for any other country. Please contact our technical support team for further information.

## Ficha técnica: Stratos 25/1-4

### Curvas características



### Fluidos admisibles (se pueden solicitar otros)

Agua de calefacción (según VDI 2035)

Mezclas de agua/glicol (máx. 1:1; a partir de un 20 % de aditivo se deben comprobar los datos de impulsión)

### Campo de aplicación autorizado

Rango de temperaturas con temperatura ambiente máx. +40 °C

Presión de trabajo máxima admisible  $P_{max}$

### Conexiones de tubería

Racor

Rosca

Longitud efectiva  $l_0$

### Motor/componentes electrónicos

Índice de eficiencia energética (IEE)

Emisión de interferencias

Resistencia a interferencias

Regulación de la velocidad

Tipo de protección

Clase de aislamiento

Alimentación eléctrica

Potencia nominal del motor  $P_2$

Velocidad  $n$

Consumo de potencia  $P_1$

Intensidad absorbida  $I$

Protección de motor

Prensaestopas  $PG$

### Materiales

Carcasa de la bomba

Rodete

Eje de la bomba

Cojinete

Altura de entrada mín. en la boca de aspiración para evitar la cavitación a la temperatura de impulsión del agua  
Altura de entrada mín. a 50/95/110 °C

### Información de pedido

Marca

Tipo

Ref.

Peso aprox.  $m$

•
•

-10...+110 °C
10 bar

Rp 1
G 1½
180 mm

≤ 0,20
EN 61800-3:2004+A1:2012/entorno residencial (C1)
EN 61800-3:2004+A1:2012 /industrial environment (C2)
Convertidor de frecuencia
IP X4D
F
1-230 V, 50/60 Hz
30,00 W
1400 - 2800 rpm
9 - 38 W
0,13 - 0,35 A
integrada
1x7/1x9/1x13,5

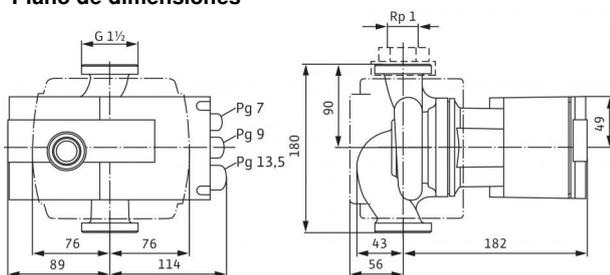
Fundición gris (EN-GJL-200)
Plástico (PPE - 30% GF)
Acero inoxidable (X39CrMo17-1)
Carbono, impregnado de metal

3 / 10 / 16 m
---------------

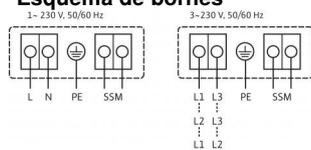
Wilo
Stratos 25/1-4
2104225
4,1 kg

## Ficha técnica: Stratos 25/1-4

### Plano de dimensiones



### Esquema de bornes



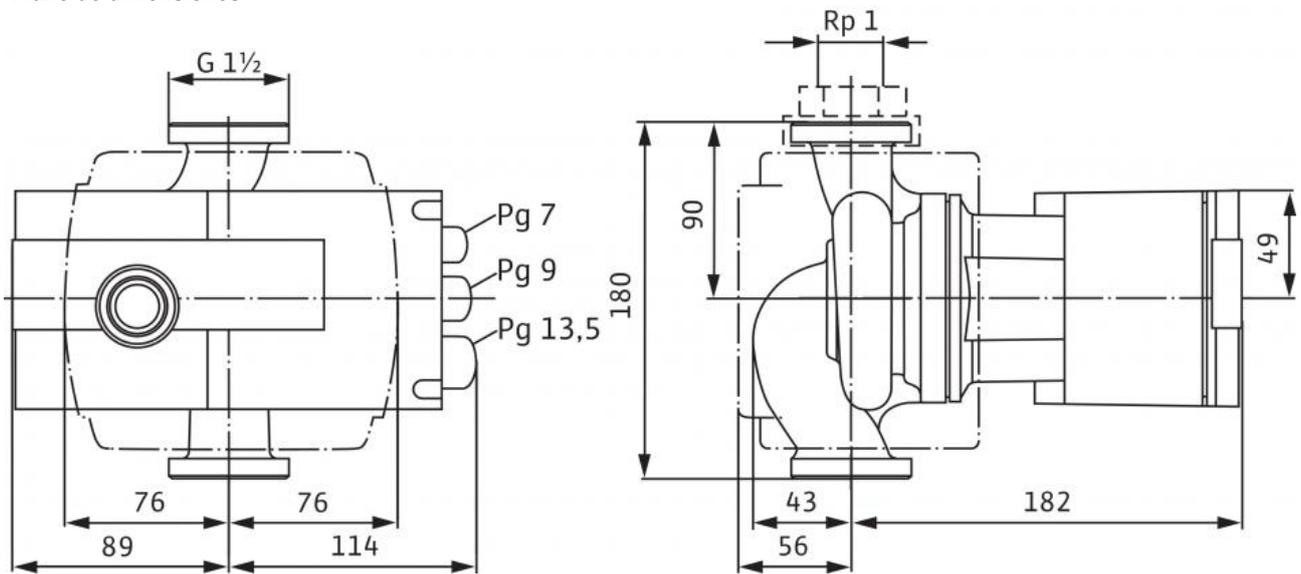
SSM:

Aviso general de avería

(Contacto de apertura según VDI 3814, capacidad de carga 1 A, 250 V ~)

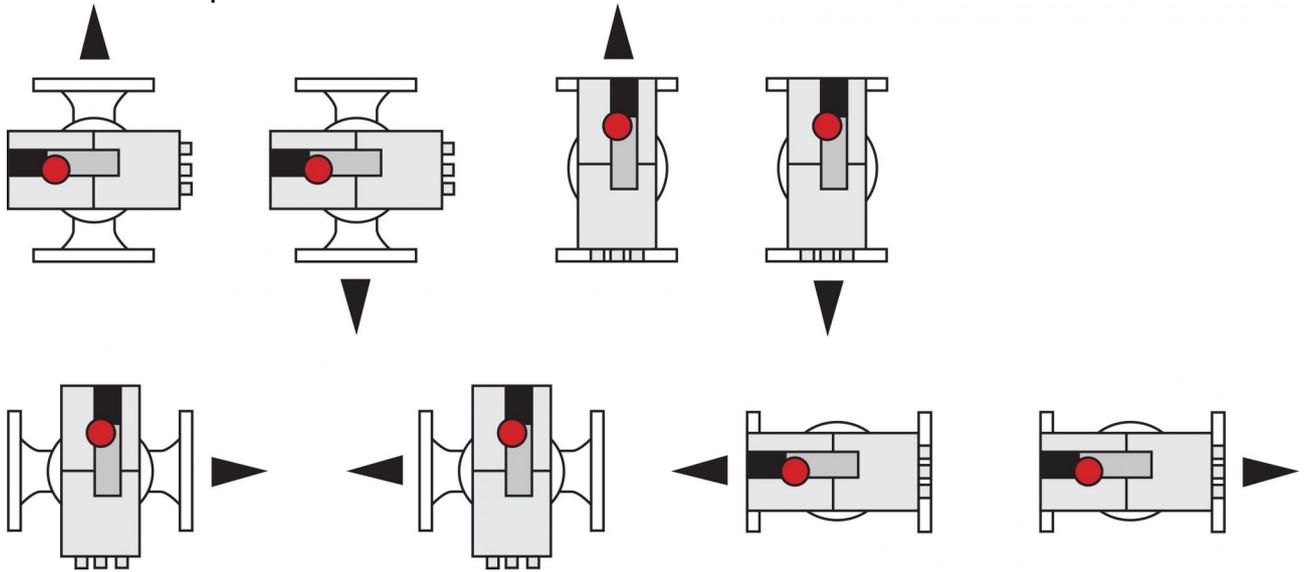
Dimensiones y planos de dimensiones: Stratos 25/1-4

Plano de dimensiones



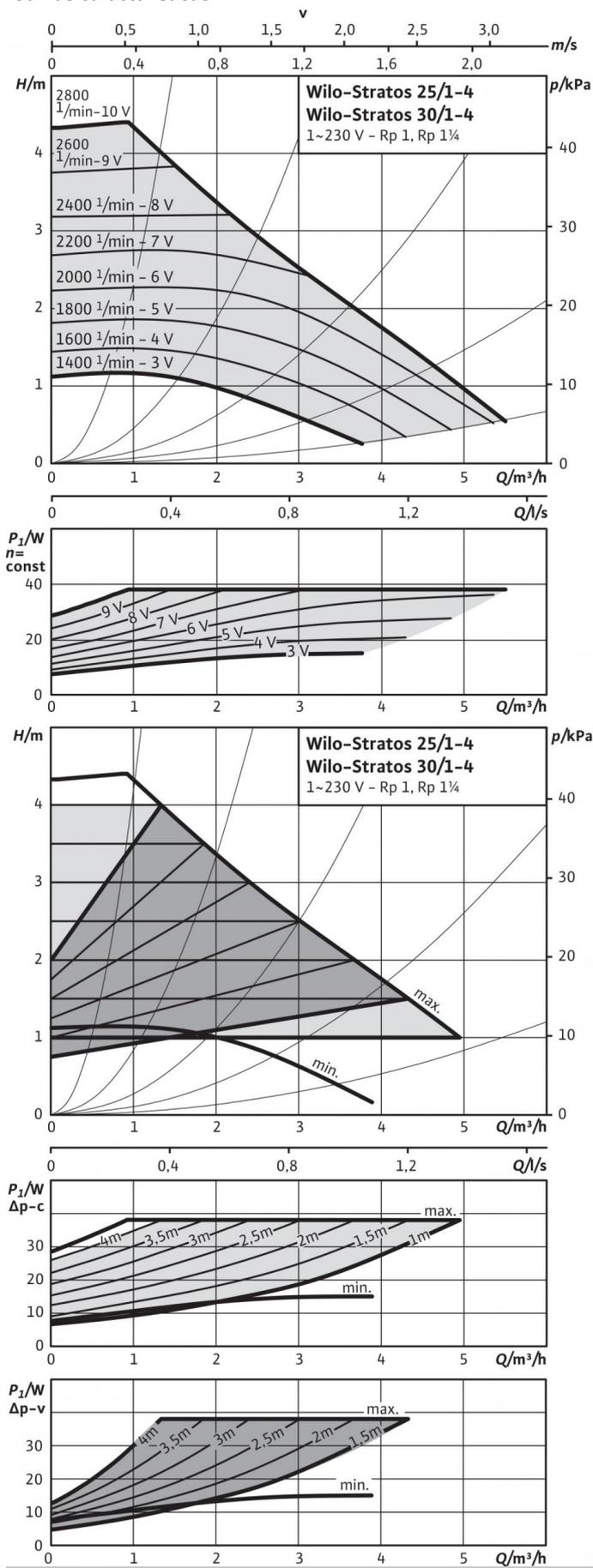
Posición de montaje: Stratos 25/1-4

Información sobre productos



## Curvas características: Stratos 25/1-4

### Curvas características



## Información de producto según se establece en las Normativas de la UE nº 811/2013 y nº 813/2013

### Ficha de producto (según la Norma de la UE nº 811/2013)

(a) Nombre del proveedor o marca comercial	<i>Vaillant</i>				
(b) Identificador del modelo del proveedor	<i>VM ES 806/5-5</i>				
(c) Clase de Eficiencia energética estacional en calefacción	<i>A</i>				
(d) Potencia térmica nominal, incluyendo la potencia de cualquier generador suplementario	<i>74</i>	<i>kW</i>			
(e) Eficiencia energética estacional en calefacción	<i>92</i>	<i>%</i>			
(f) Consumo anual de energía	<i>63917</i>	<i>kWh</i>	<i>y / o</i>	<i>230</i>	<i>GJ</i>
(g) Nivel de potencia sonora, dentro	<i>54</i>	<i>dB(A)</i>			
(h) Precauciones específicas para el montaje, instalación y mantenimiento	Antes de proceder al montaje, instalación o mantenimiento deben leerse los manuales de usuario e instalación y seguir las instrucciones				

**Requisitos de información de producto** (según la Norma de la UE nº 813/2013)

Modelo	VM ES 806/5-5		
Caldera de condensación	si		
Caldera de baja temperatura**	si		
Caldera atmosférica tipo B1	no		
Generador de calor por cogeneración	no	En caso afirmativo, equipado con generador suplementario	
Generador mixto	no		

artículo	Símbolo	Valor	Unidad	artículo	Símbolo	Valor	Unidad
<b>Potencia calorífica [kW]</b>	$P_{rated}$	74	kW	<b>Eficiencia energética estacional en calefacción</b>	$\eta_s$	92	%
Para calderas de calefacción y calderas mixtas Potencia útil				Para calderas de calefacción y calderas mixtas Rendimiento útil			
A potencia nominal y a régimen de alta temperatura (*)	$P_4$	73,8	kW	A potencia nominal y a régimen de alta temperatura (*)	$\eta_4$	87,5	%
Al 30% de potencia y a régimen de baja temperatura (**)	$P_1$	24,7	kW	Al 30% de potencia y a régimen de baja temperatura (**)	$\eta_1$	97,1	%
<b>Consumo de electricidad auxiliar</b>				<b>Generador suplementario</b>			
A carga total	$e_{lmax}$	0,103	kW	Potencia calorífica [kW]	$P_{sup}$	0,0	kW
A carga parcial	$e_{lmin}$	0,018	kW	Tipo de energía de entrada	sin valor		
En modo reposo	$P_{SB}$	0,002	kW	<b>Otros artículos</b>			
<b>Datos de contacto</b>				Pérdidas de calor en reposo $P_{stby}$ 0,082 kW			
Vaillant, Vaillant GmbHBerghauser Str. 4042859 RemscheidGermany				Consumo de potencia del quemador de encendido $P_{ign}$ 0,000 kW			
				Emisión de óxidos de nitrógeno $NO_x$ 35 mg/kWh			

(\*) Régimen de alta temperatura significa 60 ° C de temperatura de retorno en la entrada del generador y 80 ° C de temperatura a la salida hacia emisores.

(\*\*) Baj temperatura significa, para calderas de condensación 30 °C de temperatura de retorno, para las de baja temperatura 37 °C y 50 °C para el resto (en la entrada del generador).

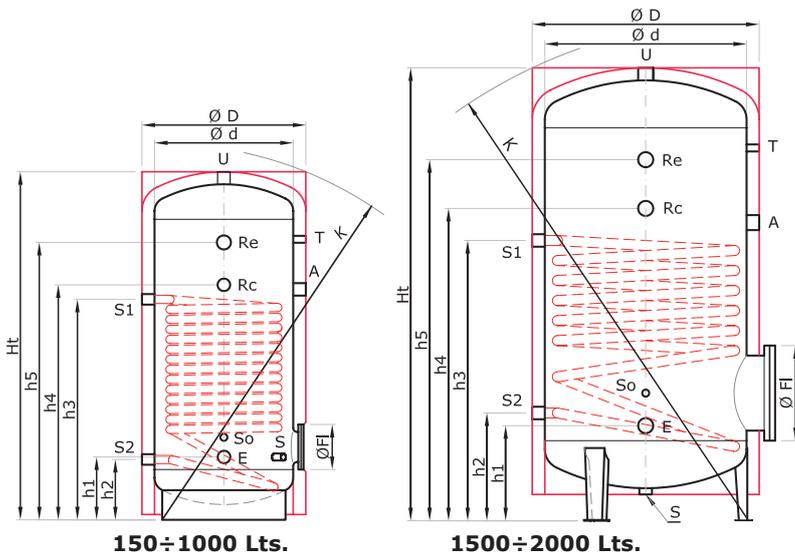
**Se tomarán precauciones específicas para el montaje, instalación o mantenimiento del generador/ información importante para el desmontaje, reciclado y/o eliminación al final de su vida**

Antes de proceder al montaje, instalación o mantenimiento deben leerse los manuales de usuario e instalación y seguir las instrucciones. Antes del desmontaje, reciclado

**Para calderas tipo B1 solo calefacción y mixtas**

Esta caldera de tiro natural se conectará únicamente a un shunt comunitario de edificios existentes que evacúa los productos de la combustión al exterior. El aire para la combustión lo toma directamente de la habitación donde se encuentra e incorpora un cortatiro. Debido a su baja eficiencia, no se permite su uso en otro tipo de instalación ya que conllevaría a un alto consumo energético y altos costos operativos.

## Acumuladores con intercambiador espiroidal fijo



Modelo	uds	150	200	300	400	500	750	1000	1500	2000
capacidad efectiva depósito	Lts	150	190	295	420	500	795	925	1435	1980
d diámetro sin aislamiento	mm	450	450	550	650	650	800	800	950	1100
D diámetro con aislamiento flexible "RS"	mm	---	---	---	---	---	1000	1000	1150	1300
D diámetro con aislamiento rígido "RG / RC"	mm	550	550	650	750	750	980	980	1130	1280
Ht altura total	mm	1135	1369	1420	1475	1725	1855	2105	2370	2420
K altura máxima al volcar	mm	1261	1475	1562	1655	1881	2093	2318	2621	2764
h1 altura conexión E	mm	235	209	235	265	265	305	305	405	420
h2 altura conexión S2	mm	245	229	255	285	285	335	335	415	430
h3 altura conexión S1	mm	595	699	815	795	995	835	1035	1270	1345
h4 altura conexión Rc	mm	765	899	895	855	1105	1145	1370	1585	1570
h5 altura conexión Re	mm	875	1129	1145	1175	1425	1465	1715	2005	2020
FI diámetro boca (Ø int./Ø ext.)	mm	120/180	120/180	120/180	120/180	120/180	120/180	400/480	400/480	400/480
SS superficie de intercambio serpentín fijo	m <sup>2</sup>	0,75	1,00	1,60	1,90	2,35	2,65	3,45	4,70	6,05
capacidad del serpentín fijo	Lts.	3,50	4,85	7,60	8,95	11,15	21,20	27,55	37,35	48,20
<b>Conexiones</b>										
E entrada agua fría	gas	1"¼	1"¼	1"¼	1"¼	1"¼	1"¼	1"¼	2"	2"
U salida agua caliente sanitaria	gas	1"¼	1"¼	1"¼	1"¼	1"¼	1"¼	1"¼	2"	2"
Rc recírculo sanitario	gas	1"¼	1"¼	1"¼	1"¼	1"¼	1"¼	1"¼	2"	2"
Re conexión resistencia eléctrica	gas	1"¼	1"¼	1"½	1"½	1"½	1"½	1"½	1"½	1"½
S vaciado (lateral, en la virola)	gas	½"	½"	½"	½"	½"	½"	½"	---	---
S vaciado (en fondo inferior)	gas	---	---	---	---	---	---	---	1"¼	1"¼
A conexión ánodo de magnesio	gas	1"¼	1"¼	1"¼	1"¼	1"¼	1"½	1"½	1"½	1"½
So conexión sonda	gas	½"	½"	½"	½"	½"	½"	½"	½"	½"
T conexión termómetro/termostato	gas	½"	½"	½"	½"	½"	½"	½"	½"	½"
S1-S2 entrada - salida serpentín	gas	1"	1"	1"	1"	1"	1"¼	1"¼	1"¼	1"¼
<b>Datos técnicos</b>										
tratamiento interno anticorrosivo		VITRIFICADO								
Pt presión máxima de trabajo	bar	8	8	8	8	8	8	8	6	6
Pe presión de ensayo	bar	12	12	12	12	12	12	12	9	9
Tt temperatura máxima de trabajo	°C	95	95	95	95	95	95	95	95	95
peso en vacío (6 bar)	kg	---	---	---	---	---	---	---	245	295
peso en vacío (8 bar)	kg	45	55	75	85	100	150	170	---	---

**NOTA:** Pérdidas de carga en serpentín, ver pagina 40.

### DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS:

**VS y VSF:** Acumulador productor para agua caliente sanitaria (A.C.S.) con serpentín espiroidal fijo, construido en acero al carbono (calidad S235JR) mediante soldadura con procesos automáticos, con tratamiento anticorrosivo interior VITRIFICADO, conexiones roscadas y boca de registro (para capacidades de 150 a 750 Lts.) y boca de hombre Ø400 mm. (según el Código Técnico de la Edificación, Sección HE4, Apartado 3.4.2 Acumuladores) para capacidades comprendidas entre 1000 y 2000 Lts.).

Las juntas de la boca son de goma calidad EPDM, los tornillos zincados y la tapa de la boca en acero negro vitrificado o barnizado.

Todos los acumuladores incorporan el ánodo de protección catódica sacrificable de magnesio, y opcionalmente, puede ser de tipo electrónico permanente.

Los aislamientos son:

- **RG (rígidos):** de serie, mediante poliuretano rígido inyectado (no desmontable) de 50 mm. de espesor y terminado en PVC

o funda de skay con base de algodón y cierre por cremallera, con tapa plástica termoconformada superior (para capacidades desde 150 a 500 Lts.)

- **RS (flexible):** de serie, mediante plancha de poliuretano (desmontable) de 100 mm. de espesor y terminado en funda de skay con cierre por cremallera (para capacidades de 750 a 2000 Lts.).
- **RC (rígidos):** opcionalmente, pueden suministrarse con aislamiento rígido mediante copelas desmontables de 85 mm. de espesor, terminado con funda de skay con base de algodón y cierre por cremallera, con tapa plástica termoconformada superior (para capacidades de 750 a 2000 Lts.).

Los depósitos son fabricados y certificados en conformidad al Apartado 3 del Artículo 3 de la Directiva Europea 97/23/CE.

### EJECUCIONES OPCIONALES BAJO DEMANDA:

Opcionalmente, los acumuladores pueden suministrarse:

- con el aislamiento terminado con lamina de aluminio gofrado de 0,4 mm. para instalaciones al exterior o intemperie (solo para aislamientos RG y RC).
- con resistencias eléctricas de apoyo.
- con cuadro eléctrico de mandos y control.

### APLICACIONES:

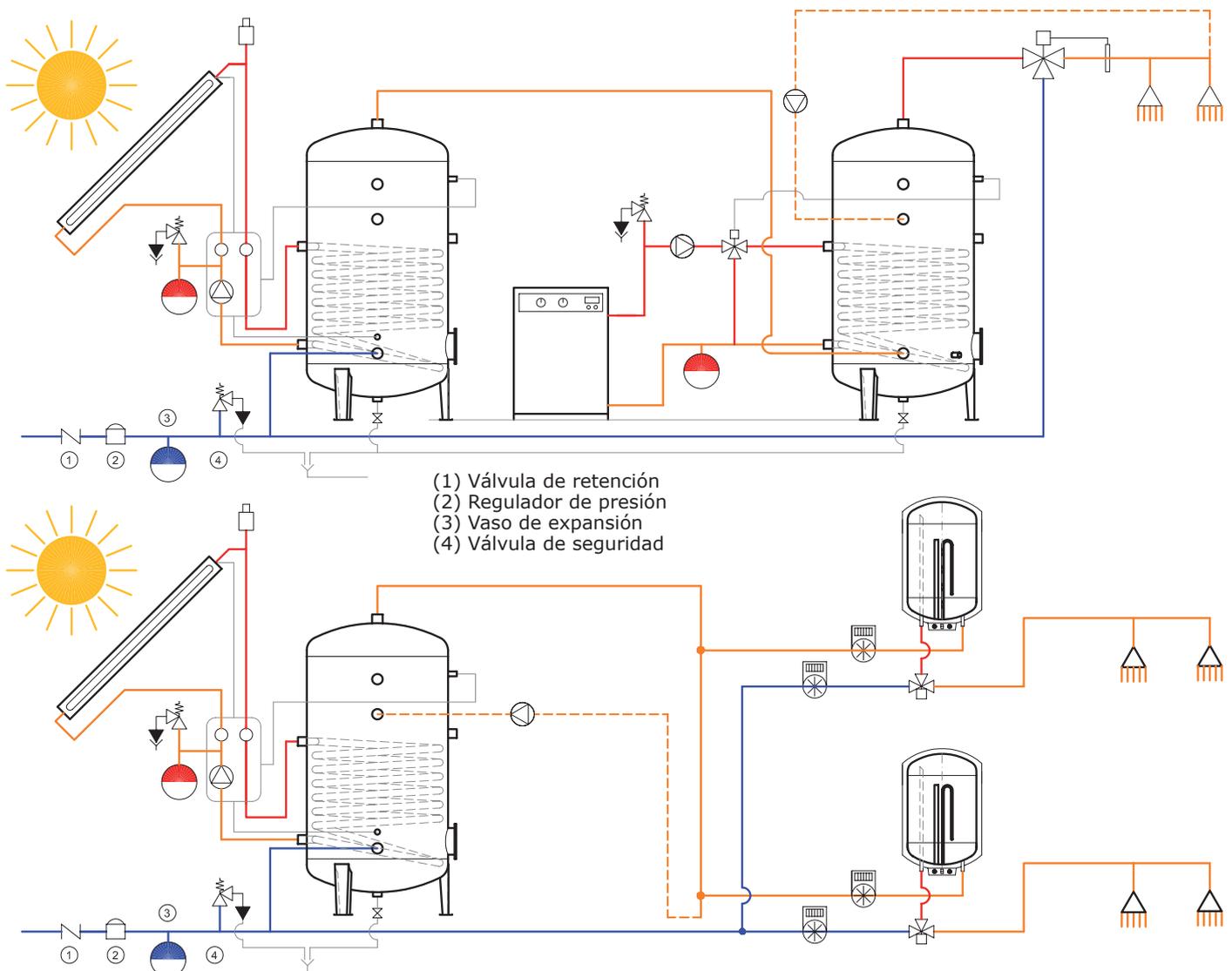
Los acumuladores con intercambiador espiroidal fijo son utilizados para acumulación y producción de agua caliente sanitaria (A.C.S.). La producción se realiza mediante el intercambio de calor a través del propio intercambiador fijo y procedente de una fuente de calor externo. Las fuentes de calor o energía más habituales para el calentamiento son las procedentes de calderas, los paneles solares, bombas de calor, geotermia y en ocasiones, en instalaciones industriales, cualquier energía procedente de los procesos industriales. En ocasiones se acoplan resistencias eléctricas a estos acumuladores como apoyo del calentamiento exterior (en instalaciones pequeñas o medianas).

Estos acumuladores son de gran utilidad y aplicación para instalaciones de energía solar debido a la gran superficie de intercambio que ofrecen sus intercambiadores proporcionando así un alto rendimiento, óptimo para este tipo de instalaciones.

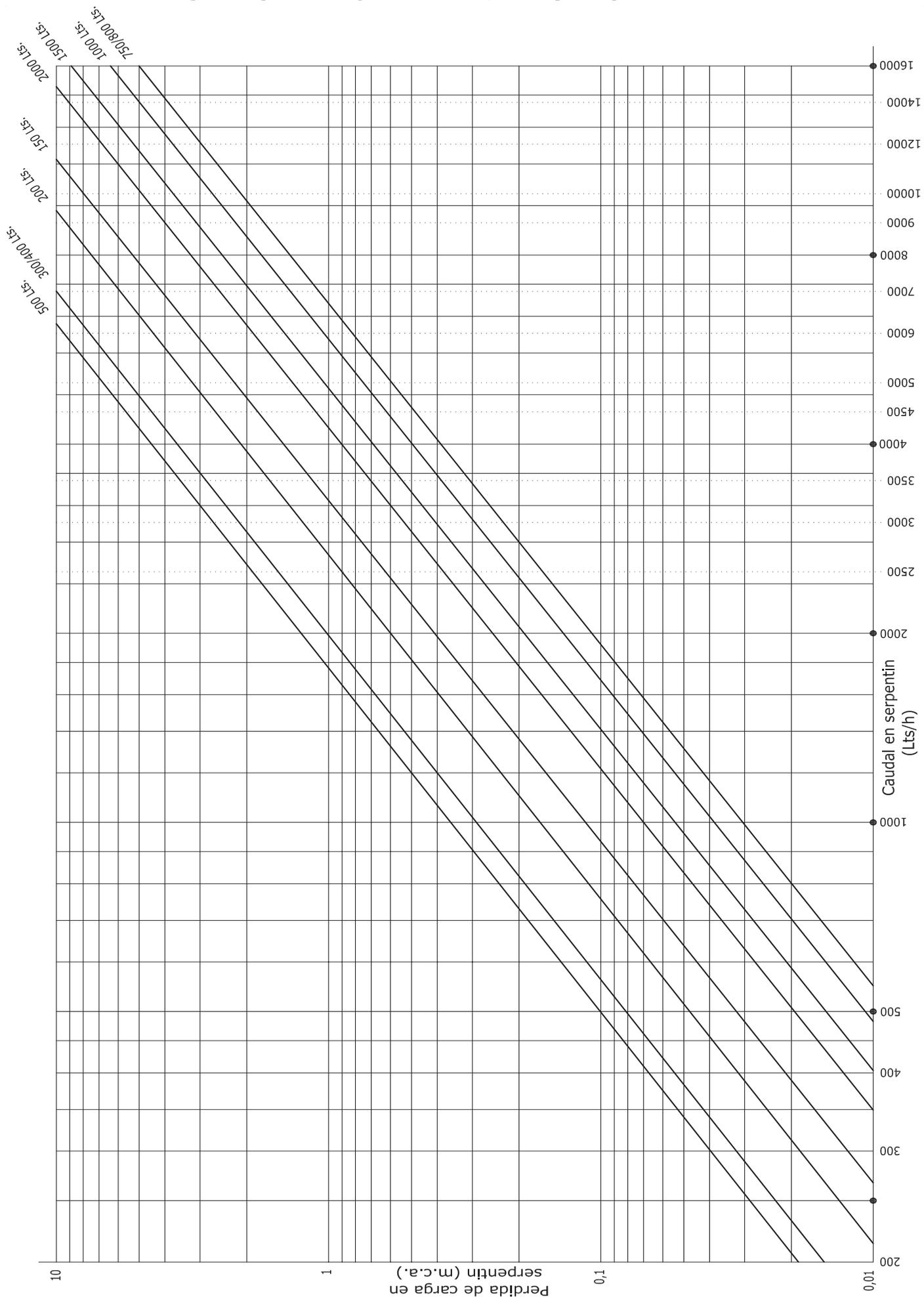
### INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO:

Para la instalación de los acumuladores han de tenerse en cuenta tanto las recomendaciones y exigencias indicadas por el fabricante como todas las normativas vigentes de aplicación.

Así mismo, para el mantenimiento y con el fin de alargar al máximo la vida útil de los mismos, deben tenerse en cuenta las instrucciones indicadas por el fabricante como todas las normativas vigentes de aplicación.



## Perdidas de carga serpentín fijo mod. VS/VSF y serpentín inferior mod. VSS



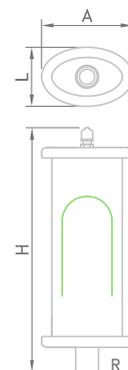
## Vasos de expansión de membrana Sistemas abiertos de agua caliente sanitaria

- Modelos hasta 24 litros: Membrana no recambiable, según EN 13831, apta para agua potable y manguito dieléctrico
- Modelos de 35 a 1000 litros: Membrana recambiable, según EN 13831, apta para agua potable y conexión de agua de acero inoxidable
- Temperatura: -10° C +100° C
- Pintura epoxi blanca
- Precarga de aire: 3 bar
- Certificado CE, conforme a la Directiva 97/23/CE



### Modelos tubulares 8 bar (membrana no recambiable)

Peso (Kg)	Código	Modelo	Capacidad (Lt)	Presión Máx. (bar)	Dimensiones			R Conexión agua
					A (mm)	L (mm)	H (mm)	
2	02002080	2 CMR-T	2	8	125	85	405	3/4"
2,8	02003080	3 CMR-T	3	8	125	85	515	3/4"
3,5	02004080	4 CMR-T	4	8	125	85	620	3/4"



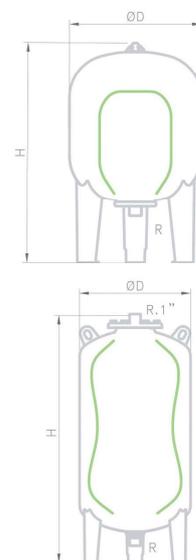
### Modelos sin patas 8 - 10 bar (membrana no recambiable)

Peso (Kg)	Código	Modelo	Capacidad (Lt)	Presión Máx. (bar)	Dimensiones		R Conexión agua
					Ø D (mm)	H (mm)	
0,8	01002012	2 CMR	2	10	110	245	3/4"
2	01005012	5 CMR	5	10	200	250	3/4"
2,5	01008012	8 CMR	8	10	200	340	3/4"
3,2	01011012	11 CMR	11	10	270	310	3/4"
4	01018012	18 CMR	18	10	270	415	3/4"
4,5	01025082	24 CMR	24	8	320	430	3/4"

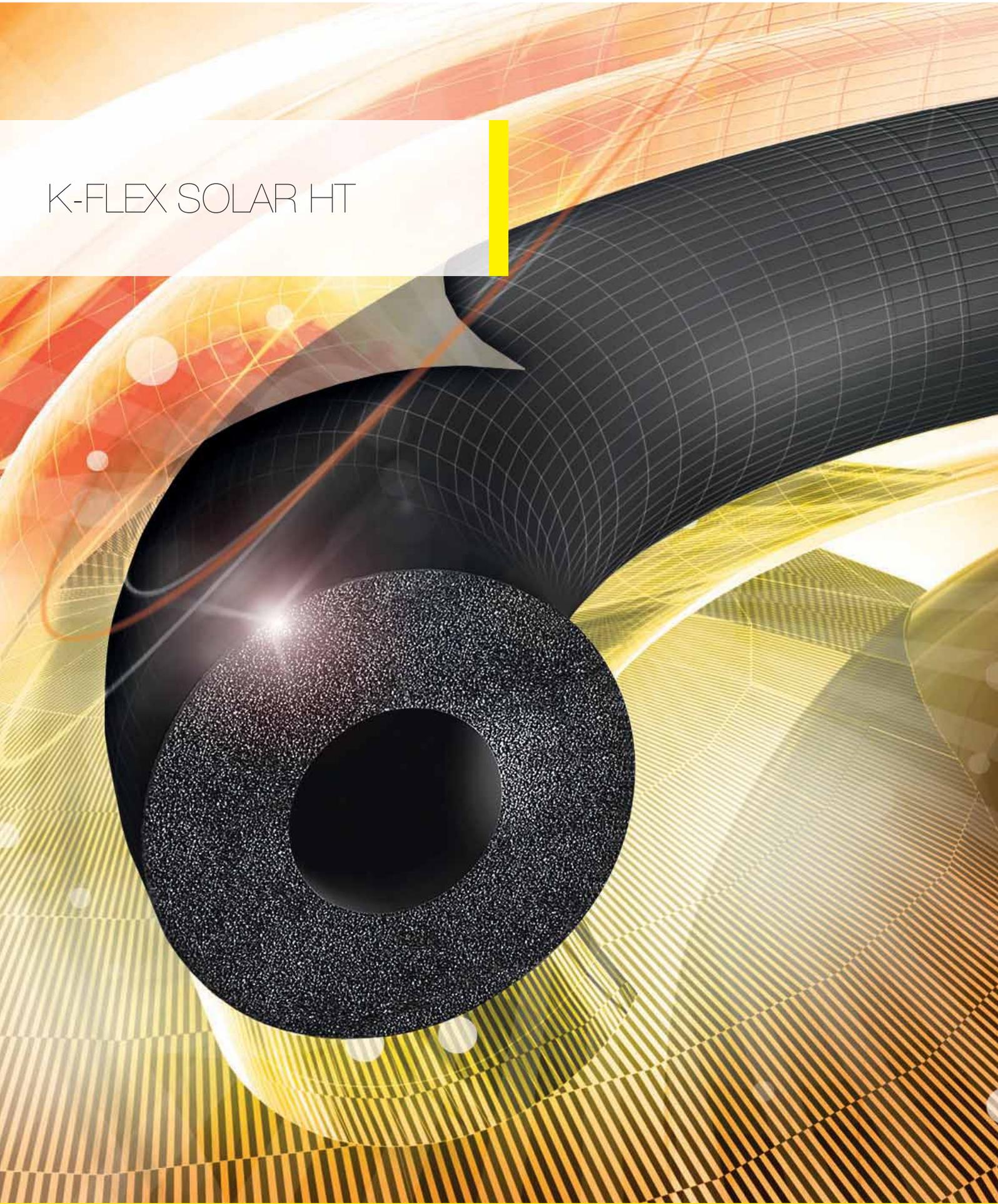


### Modelos con patas 10 bar (membrana recambiable)

Peso (Kg)	Código	Modelo	Capacidad (Lt)	Presión Máx. (bar)	Dimensiones		R Conexión agua
					Ø D (mm)	H (mm)	
10	01035249	35 CMR	35	10	360	615	1"
12	01050249	50 CMR	50	10	360	750	1"
16	03080239	80 CMR	80	10	450	750	1"
18	03100039	100 CMR	100	10	450	850	1"
38	03150039	150 CMR	150	10	485	1155	1 1/2"
49	03220039	220 CMR	200	10	485	1400	1 1/2"
60	03350039	350 CMR	300	10	485	1965	1 1/2"
90	03500039	500 CMR	500	10	600	2065	1 1/2"
158	03700039	700 CMR	700	10	700	2145	1 1/2"
274	03911039	1000 CMR	1000	10	800	2375	1 1/2"



K-FLEX SOLAR HT





## **K-FLEX** SOLAR HT

- ▶ AISLAMIENTO ELASTOMÉRICO PARA ALTAS TEMPERATURAS
- ▶ LA SOLUCIÓN IDÓNEA PARA SISTEMAS INDUSTRIALES Y SOLARES
- ▶ AUMENTAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA
- ▶ EPDM CON PROTECCIÓN UV
- ▶ DISPONIBLE CON RECUBRIMIENTO PARA INSTALACIONES A LA INTEMPERIE

> *Sitio Web* <



> *Man. Montaje* <



## DATOS TÉCNICOS ▶ K-FLEX SOLAR HT



Propiedades	Valores	Método de ensayo
Rango de temperaturas	desde -40 °C a +150 °C	EN 14706 EN 14707
Conductividad térmica $\lambda$ W/(m•K)	0 °C = 0,040 +10 °C = 0,041 +40 °C = 0,044	EN 13787 EN 12667 EN ISO 8497
Problemática de la corrosión	pH neutro (7±0,5)	EN 13468
Reacción al fuego	Euroclase E	EN 13501-1

Consultar los valores técnicos específicos de cada producto en las “Declaraciones de Prestaciones” que encontrarán en la zona de descarga de nuestra web [www.kflex.com](http://www.kflex.com).

**K-FLEX** se reserva el derecho de cambiar cualquier dato o característica sin previo aviso.

## K-FLEX ▶ SOLAR HT

El aislamiento de caucho elastomérico EPDM (monómero etileno propileno dieno), tiene unas propiedades mecánicas excelentes e idóneas para aplicaciones de altas temperaturas, a la vez que una buena resistencia a los rayos UV.

Una solución racional e idónea para instalaciones solares térmicas y procesos industriales hasta 150°C. Un nuevo y revolucionario diseño de caja, ofrece unas ventajas prácticas y económicas, para su uso y distribución.



Aislamiento para alta temperatura

**GAMA** ▶ K-FLEX SOLAR HT

	<b>LONGITUD</b>	<b>ESPESORES NOMINALES</b>	<b>DIÁMETROS</b>
<b>K-FLEX SOLAR HT</b> - Tubos	2 m	9-13-19-25-30-32-40	desde 10 a 89 mm
<b>K-FLEX SOLAR HT</b> - Rollos		13-19	15-18-22 mm

	<b>ESPESORES NOMINALES</b>	<b>ANCHO</b>
<b>K-FLEX SOLAR HT</b> - Planchas	10-13-19-25-32	1000 mm

Acabados SOLAR: SOLAR COLOR SYSTEM - SOLAR AL CLAD SYSTEM - SOLAR IC/IN CLAD SYSTEM



**PROYECTOS** ▶  
K-FLEX SOLAR HT

**Zamo, Polonia**  
Hospital

