

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA
INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE GRADO

***DISEÑO Y CÁLCULO DE LA
INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA
VIVIENDA EN BILBAO***

Alumno: <González, Muruaga, Markel>

Director: <Buigues, Beraza, Garikoitz>

Curso: <2019-2020>

Fecha: <15, Julio, 2020>

DATOS BÁSICOS DEL PROYECTO

- **Alumno:** Markel González Muruaga
- **Director:** Garikoitz Buigues Beraza
- **Departamento:** Departamento de Ingeniería eléctrica
- **Título del trabajo:** Diseño y Cálculo de la Instalación Eléctrica de una Vivienda en Bilbao

RESUMEN + PALABRAS CLAVE

- **Resumen.**

El objetivo del presente trabajo de fin de grado es realizar una instalación eléctrica de una vivienda. Para ello, se debe partir de unas nociones básicas de electricidad y complementarlas mediante el REBT. En primer lugar, se efectúa el diseño de la instalación eléctrica del inmueble mediante el programa AutoCAD y posteriormente, se realizan los cálculos de las secciones y se comprueban las protecciones que se deben instalar.

Palabras clave. Instalación eléctrica, diseño, cálculos, protecciones

- **Laburpena.**

Gradu amaierako lan honen helburua etxe baten instalazio elektrikoa egitea da. Horretarako, elektrizitate oinarritzko nozio batzuetatik abiatu behar da, eta Behe Tentsioko Erreglamendu Elektroteknikoaren bidez osatu. Lehenik eta behin, etxearen instalazio elektrikoa diseinatzen da AutoCAD programaren bidez, eta ondoren, sekzioen kalkuluak egiten dira eta instalatu beharreko babesak egiaztatzen dira.

Gako hitzak. Instalazio elektrikoa, diseinua, kalkuluak, babesak

- **Abstract.**

The aim of this end-of-degree work is to carry out the electrical installation of a house. Basic notions of electricity must be taken as a starting point and complemented by the REBT. Firstly, the design of the electrical installation of the building is carried out using the AutoCAD program and then the calculations of the sections are made and the protections to be installed need to be checked.

Key words. Electrical installation, design, calculations, protections

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	10
2	CONTEXTO.....	11
3	OBJETIVOS Y ALCANCE DEL TRABAJO.....	12
4	BENEFICIOS QUE APORTA EL TRABAJO.....	13
5	ASPECTOS TEÓRICOS.....	14
5.1	Descripción de las instalaciones eléctricas de vivienda.....	14
5.2	Cables y conductores en las instalaciones eléctricas.....	16
5.2.1	Introducción.....	16
5.2.2	Factores esenciales en la selección de un cable.....	19
5.2.3	Sistemas de Instalación.....	21
5.3	Cálculo de Secciones.....	22
5.3.1	Cálculo de Secciones por Intensidad Admisible.....	22
5.3.2	Cálculo de Secciones por Caída de Tensión.....	25
5.3.2.1	Método General.....	26
5.3.2.2	Método Simplificado.....	31
5.4	Protecciones en las Instalaciones Eléctricas.....	32
5.4.1	Protección frente a sobrecargas.....	32
5.4.1.1	Fusibles.....	34
5.4.1.1.1	Clasificación de los fusibles.....	35
5.4.1.2	Interruptores automáticos e interruptores magnetotérmicos.....	35
5.4.1.2.1	Clasificación de los interruptores magnetotérmicos.....	36
5.4.1.2.2	Características de los interruptores magnetotérmicos.....	37
5.4.1.2.3	Selección de los interruptores magnetotérmicos.....	39
5.4.2	Protección frente a contactos directos e indirectos: Interruptor Diferencial.....	40
5.4.2.1	Clasificación de los interruptores diferenciales.....	42
5.4.2.2	Características de los interruptores diferenciales.....	43
5.4.2.3	Selección de los interruptores diferenciales.....	44

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

5.4.3	Protección frente a sobretensiones	45
5.4.3.1	Tipos de sobretensiones.....	45
5.4.3.2	Aparatos de protección frente a sobretensiones.....	46
5.4.3.3	Selección del limitador de sobretensiones	47
5.5	Instalaciones Interiores.....	48
5.5.1	Introducción.....	48
5.5.2	Número de circuitos.....	49
5.5.3	Características eléctricas. Puntos de utilización.....	50
5.5.4	Conductores y sistemas de instalación.....	53
5.5.5	Cálculo de la sección de los conductores.....	54
5.5.6	Calculo de la sección de los tubos.....	56
5.5.7	Cuadro de mando y protección.....	57
5.5.8	Sistema de puesta a tierra.....	58
5.5.9	Locales que contienen una bañera o ducha.....	60
6	DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA.....	65
6.1	Emplazamiento.....	65
6.2	Antecedentes	65
6.3	Suministro eléctrico	66
6.4	Vivienda.....	66
6.4.1	Vestíbulo.....	66
6.4.2	Salón.....	67
6.4.3	Cocina	68
6.4.4	Dormitorio 1.....	69
6.4.5	Dormitorio 2.....	70
6.4.6	Dormitorio 3.....	71
6.4.7	Dormitorio 4.....	72
6.4.8	Baño 1.....	73

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

6.4.9	Baño 2.....	74
6.4.10	Pasillo	75
6.4.11	Terraza.....	76
6.4.12	Total.....	76
6.5	Cableado.....	77
7	CÁLCULOS EN LOS CIRCUITOS.....	77
7.1	Cálculo de las secciones de los conductores.....	77
7.2	Comprobación de protecciones	95
7.3	Cálculo del diámetro del tubo.....	99
8	DESCRIPCIÓN DE TAREAS.....	100
8.1	Fases del proyecto.....	100
8.1.1	Fase 1. Ingeniería.....	100
8.1.2	Fase 2: Redacción de la MTD.....	101
8.1.3	Fase 3: Ejecución de la instalación.	101
8.1.4	Fase 4: Verificación de la instalación.	102
8.1.5	Fase 5: Redacción del Certificado de Instalación	102
8.1.6	Fase 6: Presentación de la documentación.....	102
8.1.7	Fase 7: Puesta en servicio.	103
8.2	Duración total del proyecto.	103
8.3	Hitos.	103
8.4	Diagrama de Gantt.	104
9	ASPECTOS ECONÓMICOS.....	106
10	CONCLUSIONES	108
11	BIBLIOGRAFÍA.....	109
	ANEXO I. NORMATIVA.....	110
	ANEXO II. PLANOS Y ESQUEMA UNIFILAR.....	113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.1. Circuitos Interiores de vivienda. Fuente: Elaboración propia	16
Tabla 5.2. Secuencia de designación de los cables eléctricos de BT de tensión asignada 450/750 V. Fuente: Facel	18
Tabla 5.3. Temperatura máxima de funcionamiento según tipo de aislamiento. Fuente: Elaboración propia	23
Tabla 5.4. Tabla de intensidades admisibles para una temperatura ambiente de 40 °C. Fuente: UNE 20460-5-523	24
Tabla 5.5. Valores del coeficiente de la resistividad del material con la temperatura. Fuente: Elaboración propia	27
Tabla 5.6. Valores de la resistencia inductiva en función de la sección del conductor. Fuente: Elaboración propia	28
Tabla 5.7. Valores de conductividad. Fuente: Elaboración propia.....	31
Tabla 5.8. Valores de la constante k. Fuente: Norma UNE 20460-4-434.....	34
Tabla 5.9. Valores de la tensión asignada en función del magnetotérmico. Fuente: Elaboración propia.	37
Tabla 5.10. Rangos de disparo. Fuente: Norma UNE-EN-60898.....	38
Tabla 5.11. Valores de intensidad para interruptores magnetotérmicos. Fuente: Norma UNE-EN 60898.....	39
Tabla 5.12. Características de sobretensiones. Fuente: Elaboración propia	46
Tabla 5.13. Categorías de sobretensiones. Fuente: CEI 60364	47
Tabla 5.14. Circuitos del grado de electrificación básico. Fuente: Elaboración propia	49
Tabla 5.15. Circuitos del grado de electrificación elevado. Fuente: Elaboración propia	50
Tabla 5.16. Características eléctricas de los circuitos. Fuente: ITC-BT-25	51
Tabla 5.17. Puntos de utilización mínimos de cada estancia de la vivienda. Fuente: ITC-BT-25...52	
Tabla 5.18. Colores de identificación de los conductores. Fuente: Elaboración propia	53
Tabla 5.19. Sistemas de instalación posibles en viviendas. Fuente: ITC-BT-26.....	54
Tabla 5.20. Diámetro de tubos en canalizaciones fijas en superficie. Fuente: ITC-BT-21.....	56
Tabla 5.21. Diámetro de tubos en canalizaciones empotradas. Fuente: ITC-BT-21	57
Tabla 5.22. Características de cada volumen. Fuente: ITC-BT-27	61
Tabla 6.1. Circuitos del vestíbulo. Fuente: elaboración propia.....	67
Tabla 6.2. Circuitos del salón. Fuente: Elaboración propia	67
Tabla 6.3. Circuitos de la cocina. Fuente: Elaboración propia	68
Tabla 6.4. Circuitos del dormitorio 1. Fuente: Elaboración propia	69

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

Tabla 6.5. Circuitos del dormitorio 2. Fuente: Elaboración propia	70
Tabla 6.6. Circuitos del dormitorio 3. Fuente: Elaboración propia	71
Tabla 6.7. Circuitos del dormitorio 4. Fuente: Elaboración propia	72
Tabla 6.8. Circuitos del baño 1. Fuente: Elaboración propia	73
Tabla 6.9. Circuitos del baño 2. Fuente: Elaboración propia	74
Tabla 6.10. Circuitos del pasillo. Fuente: Elaboración propia	75
Tabla 6.11. Circuitos de la terraza. Fuente: Elaboración propia.	76
Tabla 6.12. Circuitos de la vivienda. Fuente: Elaboración propia	77
Tabla 7.1. Cálculo de la caída de tensión del circuito 1. Fuente: Elaboración propia	79
Tabla 7.2. Cálculo de la caída de tensión del circuito 2. Fuente: Elaboración propia	81
Tabla 7.3. Cálculo de la caída de tensión en el circuito 5. Fuente: Elaboración propia	89
Tabla 7.4. Cálculo de la caída de tensión en el circuito 7 para $S=1,5 \text{ mm}^2$. Fuente: Elaboración propia	91
Tabla 7.5. Cálculo de la caída de tensión en el circuito 7 para $S=2,5 \text{ mm}^2$. Fuente: Elaboración propia	91
Tabla 7.6. Cálculo de la caída de tensión en el circuito 8. Fuente: Elaboración propia	93
Tabla 7.7. Potencia total instalada. Fuente: Elaboración propia	99
Tabla 7.8. Diámetro del tubo de cada circuito. Fuente: Elaboración propia	100
Tabla 9.1. Horas internas. Fuente: Elaboración propia	106
Tabla 9.2. Amortizaciones. Fuente: Elaboración propia	106
Tabla 9.3. Gastos. Fuente: Elaboración propia	107
Tabla 9.4. Presupuesto. Fuente: Elaboración propia	107

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2.1. Esquema del sistema eléctrico de potencia. Fuente: Red Eléctrica Española (REE)	12
Ilustración 5.1. Esquema de las instalaciones de enlace para varios usuarios con colocación de contadores de forma centralizada en un lugar. Fuente: ITC-BT-12	15
Ilustración 5.2. Partes que constituyen un cable en baja tensión. Fuente: Blog fullwat	17
Ilustración 5.3. Diferencia entre conductor unipolar y multipolar. Fuente: Voltimum.	19
Ilustración 5.4. Características de los cables contra el fuego. Fuente: Prefire blog	20
Ilustración 5.5. Caída de tensión para una única centralización de contadores Fuente: Área tecnología	26
Ilustración 5.6. Circuito monofásico. Fuente: Universitas Miguel Hernández	29
Ilustración 5.7. Circuito monofásico equivalente. Fuente: Prysmianclub	30
Ilustración 5.8. Fusible. Fuente: Sapiensman	34
Ilustración 5.9. Interruptor magnetotérmico. Fuente: Escuela de Ingeniería de Ecuador	36
Ilustración 5.10. Tipos de magnetotérmicos. Fuente: Onulec	37
Ilustración 5.11. Curva característica de disparo de magnetotérmicos. Fuente: UCLM	38
Ilustración 5.12. Diferencia entre contacto directo e indirecto. Fuente: Slideplayer	41
Ilustración 5.13. Interruptor Diferencial. Fuente: Slideplayer	42
Ilustración 5.14. Clases de interruptores diferenciales. Fuente: VMC	42
Ilustración 5.15. Formas de onda de cada tipo de ID. Fuente: Googlesites	43
Ilustración 5.16. Curvas de disparo normalizadas. Fuente: Googlesites	44
Ilustración 5.17. Ejemplos de sobretensión. Fuente: Jemaelectroblog	46
Ilustración 5.18. Tecnologías de limitadores de sobretensión. Fuente: Docplayer	47
Ilustración 5.19. Mapa de caída de rayos en España. Fuente: Libro de Tecnología eléctrica (Felipe Uriondo)	48
Ilustración 5.20. Colores de identificación de los conductores. Fuente: IEC	54
Ilustración 5.21. Cuadro de mando y protección. Fuente: Tecnologías CP	58
Ilustración 5.22. Sistema de puesta a tierra. Fuente: Tecnología eléctrica UPV (Felipe Uriondo)	60
Ilustración 5.23. Bañera. Fuente: ITC-BT-27	62
Ilustración 5.24. Bañera con pared fija. Fuente: ITC-BT-27	62
Ilustración 5.25. Ducha. Fuente: ITC-BT-27	63
Ilustración 5.26. Ducha con pared fija. Fuente: ITC-BT-27	63
Ilustración 5.27. Ducha sin plato. Fuente: ITC-BT-27	63
Ilustración 5.28, Ducha sin plato pero con pared fija, difusor fijo. Fuente: ITC-BT-27	64

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

Ilustración 5.29. Cabina de ducha prefabricada. Fuente: ITC-BT-27	64
Ilustración 6.1. Emplazamiento de la vivienda. Fuente: Google Maps	65
Ilustración 6.2. Plano de planta del vestíbulo. Fuente: Elaboración propia	66
Ilustración 6.3. Plano de planta del salón. Fuente: Elaboración propia.....	67
Ilustración 6.4. Plano de planta de la cocina. Fuente: Elaboración propia	68
Ilustración 6.5. Plano de planta del dormitorio 1. Fuente: Elaboración propia.....	69
Ilustración 6.6. Plano de planta del dormitorio 2. Fuente: Elaboración propia.....	70
Ilustración 6.7. Plano de planta del dormitorio 3. Fuente: Elaboración propia.....	71
Ilustración 6.8. Plano de planta del dormitorio 4. Fuente: Elaboración propia.....	72
Ilustración 6.9. Plano de planta del baño 1. Fuente: Elaboración propia	73
Ilustración 6.10. Plano de planta del baño 2. Fuente: Elaboración propia	74
Ilustración 6.11. Plano de planta del pasillo. Fuente: Elaboración propia.....	75
Ilustración 6.12. Plano de planta de la terraza. Fuente: Elaboración propia.....	76
Ilustración 8.1. Diagrama de Gantt. Fuente: Elaboración propia.....	105

LISTA DE ACRÓNIMOS

BT: Baja Tensión

CA: Corriente Alterna

CC: Corriente Continua

CCo: Centralización de Contadores

CGP: Caja General de Protección

DI: Derivación Individual

EPR: Etileno Propileno

ETSI: Escuela Técnica superior de Ingeniería

ICP: Interruptor de Control de Potencia

ID: Interruptor Diferencial

IGA: Interruptor General Automático

IGM: Interruptor General de Maniobra

LGA: Línea General de Alimentación

PIA: Pequeño Interruptor Automático

PVC: Policloruro de Vinilo

REBT: Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión

REE: Red Eléctrica Española

SEP: Sistema Eléctrico de Potencia

UPV: Universidad del País Vasco

XLPE: Polietileno Reticulado

1 INTRODUCCIÓN.

En el presente documento se va a llevar a cabo la elaboración del trabajo de fin de grado “Diseño y Cálculo de la Instalación Eléctrica de una Vivienda en Bilbao” en el grado de Ingeniería en Tecnología Industrial de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ETSI) de la Universidad del País Vasco (UPV-EHU).

El proyecto consiste en ejecutar la instalación eléctrica de una vivienda de 108,8 m² situada en el barrio de Sarriko en la localidad de Bilbao. Para su elaboración, se va a dividir en varios apartados, que se van a exponer brevemente a continuación.

En primer lugar, se realiza un resumen sobre el sistema eléctrico de potencia hasta llegar a las instalaciones interiores de vivienda. Tras ello, se explican todos los aspectos teóricos relevantes para la realización del trabajo, entre los que se encuentran, la elección adecuada de los cables, las condiciones necesarias para seleccionar las protecciones o la manera de calcular las secciones de los conductores.

En segundo lugar, se expone la vivienda que se ha seleccionado para el proyecto, y por medio del programa AutoCAD se completan todos sus planos. En dicho dibujo se van a representar los circuitos del inmueble, así como los mecanismos (punto de luz, interruptor, toma de corriente...) que va a ser necesario instalar.

Posteriormente, se realiza el cálculo reglamentario de las secciones de los circuitos de la vivienda, así como la comprobación de todas las protecciones teniendo en cuenta las condiciones explicadas en el primer apartado.

Por último, se completa el proyecto representando tanto el presupuesto como las tareas necesarias para llevar a cabo la correcta instalación.

2 CONTEXTO.

En este capítulo se pretende llevar a cabo la contextualización de las instalaciones eléctricas de viviendas dentro de todos los tipos de instalaciones existentes.

La definición de instalación eléctrica viene detallada en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) y se entiende por todo conjunto de aparatos y de circuitos asociados en previsión de un fin particular: producción, conversión, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica.

Además, se pueden clasificar en varios tipos, teniendo en cuenta la tensión:

- Instalaciones de Muy Baja Tensión.
Menor de 24 V en lugares húmedos o menor de 50 V en lugares secos.
- Instalaciones de Baja Tensión.
Menor de 1000 V (CA) o menor de 1500 V (CC).
- Instalaciones de Media Tensión.
Menor de 36 kV.
- Instalaciones de Alta Tensión.
A partir de 30 kV.

Las instalaciones eléctricas de viviendas se encuentran ubicadas en baja tensión (BT) ya que, la tensión que se necesita en ellas se encuentra entre 220 V (monofásico) y 400 V (trifásico).

Otro punto de interés es conocer cómo llega la electricidad hasta las viviendas. Para ello existe el Sistema Eléctrico de Potencia (SEP) que es el encargado de generar la cantidad demandada de energía en las centrales de generación (central eólica, central nuclear...), transportarla y distribuirla hasta los usuarios finales que, en el caso del presente trabajo, son las personas que viven en un inmueble.

La ilustración 2.1 representa la configuración del sistema eléctrico de potencia.

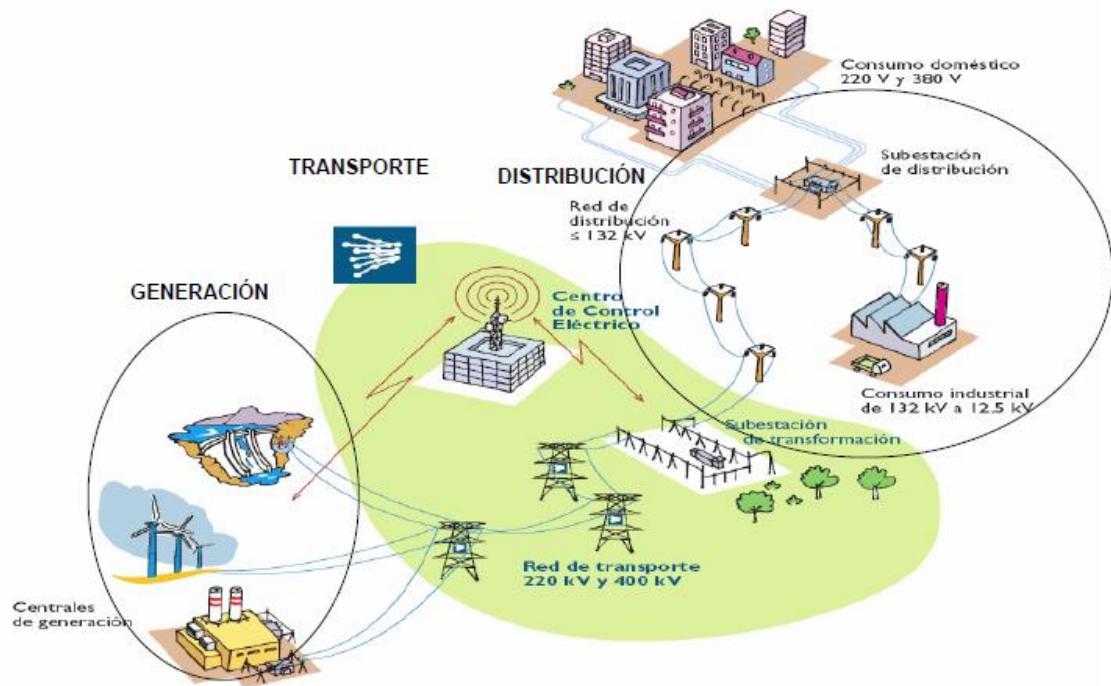


Ilustración 2.1. Esquema del sistema eléctrico de potencia. Fuente: Red Eléctrica Española (REE)

3 OBJETIVOS Y ALCANCE DEL TRABAJO.

El objetivo principal de este trabajo es realizar una correcta instalación eléctrica en una vivienda con grado de electrificación elevado, para lo que será necesario aplicar la normativa existente.

El alcance del proyecto se puede resumir en los siguientes aspectos:

- La elección adecuada del cableado y del tipo de la instalación.
- El correcto diseño de los circuitos eléctricos de la vivienda.
- El cálculo preciso de las secciones de los conductores.
- La selección de las protecciones necesarias para asegurar la seguridad y la integridad de la instalación.

4 BENEFICIOS QUE APORTA EL TRABAJO.

En cuanto a los beneficios que aporta la realización del presente trabajo de fin de grado, se pueden dividir en distintas variantes.

En primer lugar, cabe destacar los beneficios académicos, ya que este proyecto permite aplicar el conocimiento adquirido en la asignatura “Tecnología Eléctrica” impartida en cuarto curso, tanto en el apartado de las protecciones como en el del cálculo de las secciones.

Por otro lado, también se pueden poner en práctica los conocimientos alcanzados en las asignaturas de “Gráficos de Ingeniería” y “Ampliación de Gráficos de Ingeniería” a la hora de elaborar el diseño de la vivienda mediante el programa AutoCAD.

Por último, también se puede emplear lo aprendido en la asignatura “Proyectos de Ingeniería” para la realización del presupuesto, la descripción de las tareas y la elaboración de un correcto informe.

En cuanto a los beneficios personales se refiere, este proyecto ayuda a comprender como se debe realizar un proyecto de ingeniería que se ajuste a lo que en un futuro van a demandar a los alumnos en el mundo laboral.

Además, gracias a ello se ha aprendido que todo trabajo requiere de una buena planificación, para la que será necesaria definir unos hitos para poder llevarlo a cabo en los plazos deseados.

5 ASPECTOS TEÓRICOS.

5.1 Descripción de las instalaciones eléctricas de vivienda.

En el apartado del contexto se ha visto cómo llega la electricidad hasta las instalaciones eléctricas de los edificios de viviendas. Estas instalaciones se caracterizan, respecto a otros tipos de instalaciones eléctricas, puesto que su configuración, componentes y características están perfectamente definidas y normalizadas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT). Sin embargo, comparten muchos conceptos de diseño como, el cálculo de secciones o la selección de las protecciones. (Asunción León Blasco, 2013)

En el REBT se expone que la instalación eléctrica de un edificio de viviendas se compone de:

A. Acometida

Según la instrucción ITC-BT-11, es la parte de la red de distribución que alimenta a la Caja General de Protección (CGP).

B. Instalaciones de enlace.

Se encuentran ubicadas tras la acometida y unen la CGP con las instalaciones interiores de cada vivienda (ITC-BT-12). Estas instalaciones están constituidas por las siguientes partes:

- Caja General de Protección (CGP).

Caja que aloja los elementos de protección de la Línea General de alimentación y que se suele instalar sobre las fachadas exteriores de los edificios (ITC-BT-13).

- Línea General de Alimentación (LGA).

Línea que enlaza la CGP con la Centralización de Contadores (ITC-BT-14).

- Centralización de Contadores (CCo).

Se trata de dispositivos para medir la energía eléctrica, en los que a su entrada se debe colocar un Interruptor General de Maniobra de corte omnipolar para poder desconectar la instalación en el caso de que fuera necesario.

Dentro de ellos se ubican los aparatos de medida, mando, control y protección de todas las derivaciones individuales (ITC-BT-16).

- Derivación Individual (DI).

Línea que parte desde la LGA hasta el ICP situado en la vivienda (ITC-BT-15).

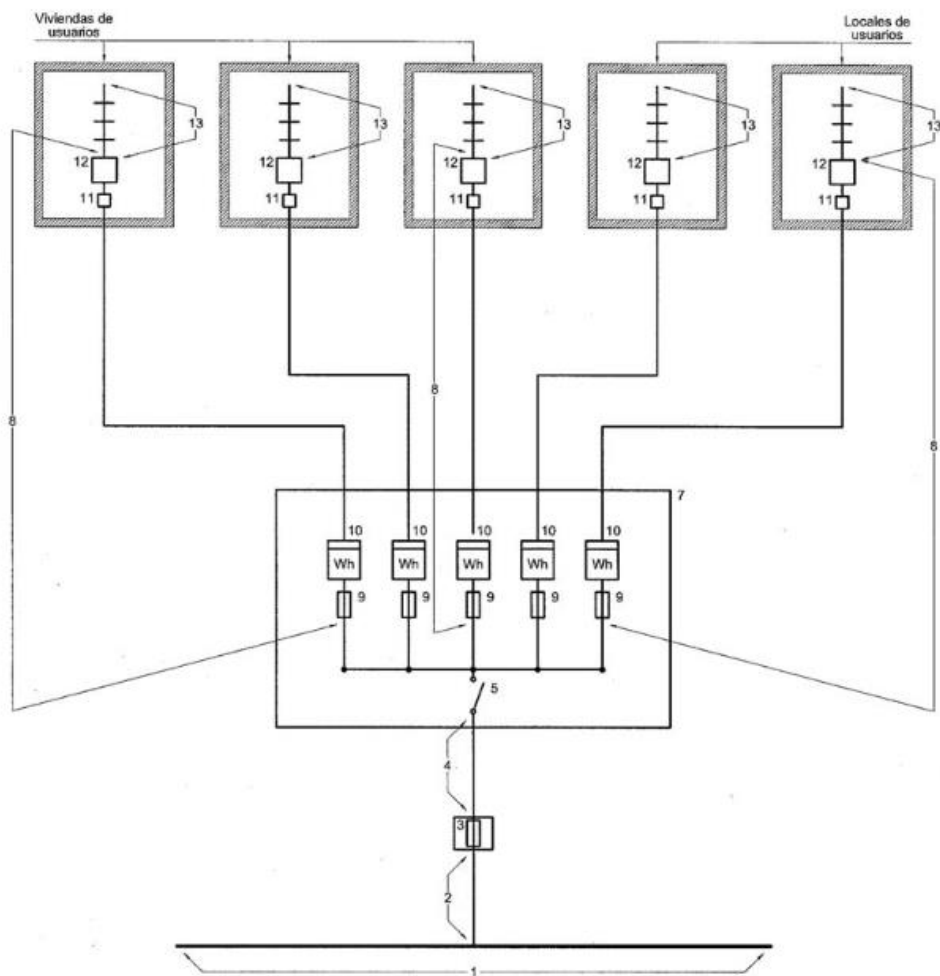
- Interruptor de Control de Potencia (ICP).

Interruptor magnetotérmico que controla el consumo de potencia.

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

- Dispositivos Generales de Mando y Protección.
 - ✓ Interruptor General Automático (IGA).
 - ✓ Interruptor Diferencial (ID).
 - ✓ Pequeños Interruptores Automáticos (PIAs).
 - ✓ Dispositivos de Protección contra Sobretensiones.

A continuación, se muestra el esquema de las instalaciones destinadas a edificios de viviendas con colocación de contadores en forma centralizada en un lugar:



Leyenda

- | | |
|------------------------------------|--|
| 1 Red de distribución. | 8 Derivación individual. |
| 2 Acometida. | 9 Fusible de seguridad. |
| 3 Caja general de protección. | 10 Contador. |
| 4 Línea general de alimentación. | 11 Caja para interruptor de control de potencia. |
| 5 Interruptor general de maniobra. | 12 Dispositivos generales de mando y protección. |
| 6 Caja de derivación. | 13 Instalación interior. |
| 7 Emplazamiento de contadores. | |

Ilustración 5.1. Esquema de las instalaciones de enlace para varios usuarios con colocación de contadores de forma centralizada en un lugar. Fuente: ITC-BT-12

C. Instalaciones interiores

Son los circuitos que parten desde cada PIA hasta los puntos de luz, tomas de corriente, lavadora, calefacción... En la tabla 5.1 se observan los distintos circuitos posibles que se pueden hallar en una instalación interior:

Tabla 5.1. Circuitos Interiores de vivienda. Fuente: Elaboración propia

Número	Descripción
C1	Iluminación
C2	Tomas de corriente
C3	Cocina y horno
C4	Lavadora, lavavajillas y termo eléctrico
C5	Tomas de corriente de cuarto de baño y auxiliares de cocina
C6	Adicional de iluminación
C7	Adicional de tomas de corriente
C8	Calefacción eléctrica
C9	Aire acondicionado
C10	Secadora
C11	Sistema de automatización
C12	Adicional de los tipos C3, C4 o C5

D. Instalaciones de servicios generales

Se consideran servicios generales aquellos consumos eléctricos que son comunes a todos los usuarios del edificio, como, por ejemplo, ascensores y aparatos elevadores, centrales de calor y frío, grupos de presión, alumbrado de portal, caja de escalera, alumbrado auxiliar y espacios comunes. (Asunción León Blasco, 2013)

E. Instalación de puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra se establece para garantizar la seguridad de las personas y asegurar la actuación de las protecciones (ITC-BT-18).

5.2 Cables y conductores en las instalaciones eléctricas.

5.2.1 Introducción.

Uno de los apartados más importantes a la hora de diseñar una instalación eléctrica es la selección de los cables y su forma de instalación, cuya determinación debe ir encaminada a garantizar las demandas de potencia previstas en circunstancias de seguridad absoluta.

Generalmente, los cables de BT están constituidos por los siguientes elementos:

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

- **Conductor:** Conforme a la ITC-BT-01 consiste en la parte de un cable que tiene la función específica de conducir corriente. Debido a ello, se utilizan materiales con buena conductividad eléctrica.
- **Aislante:** Según la ITC-BT-01 es la substancia o cuerpo cuya conductividad es nula, o en la práctica muy débil. Por ello, se emplean materiales con elevada rigidez dieléctrica.
- **Cubierta:** Elementos que dotan de protección eléctrica o mecánica al cable, aunque su uso es no es obligatorio.



Ilustración 5.2. Partes que constituyen un cable en baja tensión. Fuente: Blog fullwat

Debido a las múltiples combinaciones posibles de los componentes anteriores existe una gran variedad de cables eléctricos, por lo que, es necesario una nomenclatura normalizada para denominarlos. Se emplean diferentes denominaciones en función de la tensión de aislamiento del cable.

Los cables se pueden diferenciar según su tensión, y en el caso de instalaciones de BT, nos podemos encontrar con:

- Cables de BT entre 450/750 V: Se utilizan en diversas aplicaciones. (Top cable, 2017)
- Cables de BT entre 0,6/1 kV: Se emplean en instalaciones industriales de potencia. (Top cable, 2017)

En el caso de los cables de tensión asignada hasta 450/750 V se denominan en función de las especificaciones de la norma UNE 20434 «Sistema de Designación de los cables». Este sistema posee 3 partes y en su totalidad es una secuencia de símbolos que, según su posición, adquiere un significado previamente establecido en la norma: (FACEL, 2015)

- ❖ Primera parte: Comprende tanto la correspondencia con la normalización como la tensión de aislamiento asignada.
- ❖ Segunda parte: Abarca el aislamiento, revestimientos metálicos, cubierta, elementos constitutivos y el material y la forma del conductor.
- ❖ Tercera parte: Se manifiesta el número y la sección nominal de los conductores.

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

Tabla 5.2. Secuencia de designación de los cables eléctricos de BT de tensión asignada 450/750 V. Fuente: Facel

PORTE	ELEMENTOS FUNDAMENTALES DE LA DESIGNACIÓN	POSICIÓN Nº ³⁾	REFERENCIA A:	SÍMBOLO	SIGNIFICADO		
1	Aspectos generales	1	Correspondencia con la normalización	H ES-N ó ES	Cable según normas armonizadas Cable de tipo nacional (no existe norma armonizada)		
		2	Tensión asignada	01 03 05 07	100/100V 300/300V 300/500V 450/750V		
2	Constitución del cable, generalmente según una secuencia radial, partiendo del material de aislamiento;	3	Aislamiento	B G N2 R S V V2 V3 V4 Z Z1	Goma de etileno-propileno Etileno-acetato de vinilo Mezcla especial de policloropreno Goma natural/o goma de estireno-butadieno Goma de silicona Policloruro de vinilo Mezcla de PVC (servicio de 90°C) Mezcla de PVC (servicio baja temperatura) Policloruro de vinilo (reticulado) Mezcla reticulada a base de poliolefinas con baja emisión de gases corrosivos y humos Mezcla termoplástica a base de poliolefinas, con baja emisión de gases corrosivos y humos		
				4	Revestimientos metálicos ¹⁾	C4	Pantalla de cobre en forma de trenza, sobre el conjunto de los conductores aislados reunidos
		5	Cubierta y envolvente no metálica ¹⁾	B G J N N4 N8 Q R S T V V2 V4 V5 Z Z1	Goma de etileno-propileno Etileno-acetato de vinilo Trenza de fibra de vidrio Policloropreno (o producto equivalente) Polietileno clorosulfurado Policloropreno especial, resistente al agua Poliuretano Goma natural o goma de estireno-butadieno Goma de silicona Trenza textil, impregnada o no, sobre conductores aislados Policloruro de vinilo Mezcla de PVC (servicio de 90°C) Policloruro de vinilo (reticulado) Mezcla de PVC (resistente al aceite) Mezcla reticulada a base de poliolefinas con baja emisión de gases corrosivos y humos Mezcla termoplástica a base de poliolefinas con baja emisión de gases corrosivos y humos		
				6	Elementos constitutivos y construcciones especiales	D3	Elemento portador constituido por uno o varios componentes (metálicos o textiles) situados en el centro de un cable redondo o repartidos en el interior de un cable plano
						Ninguno H H2 H6 H7 H8	Cable cilíndrico Cables planos, con o sin cubierta, cuyos conductores aislados pueden separarse Cables planos cuyos conductores aislados no pueden separarse Cables planos comprendiendo tres conductores aislados o más Doble capa de aislamiento extruida Cable extensible
		7	Forma del conductor	-D -E -F -H -K -R -U -Y	Flexible para uso en cables de máquinas de soldar Muy flexible para uso en cables de máquinas de soldar Flexible para servicios móviles (clase 5 de UNE-EN 60228) Extraflexible (clase 6 de UNE-EN 60228) Flexible para instalaciones fijas (clase 5 de UNE-EN 60228) Rígido, de sección circular, de varios alambres cableados Rígido, de sección circular, de un solo alambre Formado por cintas de cobre arrolladas en hélice alrededor de un soporte textil (Cropel)		
3	Número y sección nominal de los conductores	8	Nº de conductores	N	Número de conductores		
		9	Símbolo o signo de multiplicación	x G	Signo "X" en ausencia de conductor amarillo/verde, Símbolo "G" si existe un conductor amarillo/verde		
		10	Sección nominal	mm ²	Sección nominal ²⁾		

1) En la designación puede cambiarse la posición de estos símbolos con el fin de tener en cuenta la construcción del cable

2) En caso de conductores "oropel" se utiliza el símbolo "Y". No se especifica la sección nominal

3) En la denominación de un cable no deben constar necesariamente dígitos en las diez posiciones posibles de los símbolos, sino que sólo se utilizan los estrictamente necesarios para reflejar las características esenciales del cable.

5.2.2 Factores esenciales en la selección de un cable.

En la fase de diseño es necesario tomar una serie de decisiones sobre la composición y las propiedades del cable seleccionado. Estos factores son 4 y son los siguientes:

✓ La tipología del cable.

Los conductores se pueden construir según las siguientes maneras:

- Cable unipolar. Según la ITC-BT-01 es aquel cable que tiene un solo conductor aislado.
- Cable multipolar. Según la ITC-BT-01 es aquel cable que incluye más de un conductor, algunos de los cuáles pueden no estar aislados.

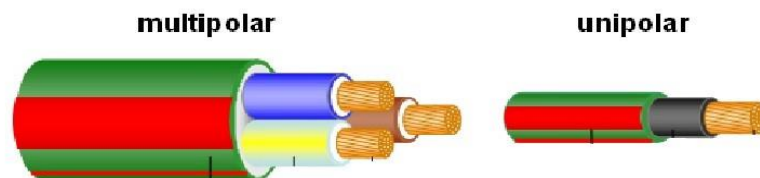


Ilustración 5.3. Diferencia entre conductor unipolar y multipolar. Fuente: Voltimum.

✓ El material conductor y su grado de flexibilidad.

En las instalaciones eléctricas de BT los dos materiales más empleados son el cobre y aluminio. Sin embargo, en las instalaciones interiores de vivienda, oficina... predomina el uso del cobre debido a su mejor conductividad eléctrica y el aluminio se emplea mayormente en instalaciones industriales con elevadas previsiones de carga. (ITC-BT-19)

Otra variable que sirve para diferenciar unos cables de otros es la flexibilidad y es en la norma UNE-EN 60228 donde se exponen las diferentes variantes posibles:

- Clase 1: conductor rígido de un solo cable (-U)
- Clase 2: conductor rígido de varios alambres cableados (-R)
- Clase 5: conductor flexible de varios alambres finos:
 - No apto para usos móviles (-K)
 - Apto para usos móviles (-F)
- Clase 6: conductor extra-flexible para usos móviles (-H)

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

✓ La tensión de aislamiento.

Tensión a partir de la cual no está garantizada la integridad del material dieléctrico. Los aislantes aseguran la protección frente a contactos directos y evitan el cortocircuito entre elementos a distinta tensión, y su espesor debe estar evaluado para una determinada tensión de aislamiento. (Asunción León Blasco, 2013)

El REBT impone unos valores de tensión mínimos para cada parte de la instalación eléctrica, siendo la ITC-BT-26 la que regula este valor para los circuitos interiores de vivienda con un valor de 450/750 kV.

✓ El tipo de aislamiento empleado y su comportamiento frente al fuego.

Existe un listado de cables en función de su conducta contra el fuego, debido a que su combustión puede constituir un peligro adicional. En ella se pueden hallar los cables no propagadores de la llama (norma UNE-EN 60332-1-2), los cables libres de halógenos (norma UNE-EN 50267), los cables con baja emisión de humos (norma UNE-EN 61034), los cables no propagadores de incendios (norma UNE-EN 50266) asignados como AS y los cables con resistencia intrínseca al fuego (norma UNE-EN 50200) asignados como AS+. (Blog Prefire, 2019)

Características de los diferentes tipos de cable				
	Convencional	Alta seguridad		
			(AS)	(AS+)
Resistente al fuego ¹⁾				
No propagador del incendio ²⁾				
Bajo emisión humos ³⁾				
Libre de halógenos ⁴⁾				
No propagador de la llama ⁵⁾				

1) ensayo realizado según la norma UNE-EN 50200
 2) ensayo realizado según la norma UNE-EN 50266
 3) ensayo realizado según la norma UNE-EN 61034
 4) ensayo realizado según la norma UNE-EN 50267
 5) ensayo realizado según la norma UNE-EN 60332-1-2

Ilustración 5.4. Características de los cables contra el fuego. Fuente: Prefire blog

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

La ITC-BT-19 regula las exigencias que deben cumplir los cables en cuanto al comportamiento frente al fuego en los circuitos interiores. En dicha instrucción se establece que las imposiciones van a depender de la instalación.

5.2.3 Sistemas de Instalación

El sistema de instalación de los conductores es otro apartado importante dentro la fase de diseño. Todas las opciones posibles vienen recogidas en la ITC-BT-20, aunque se van a destacar varias de ellas:

- Conductores aislados bajo tubos protectores: Los cables empleados son de tensión de asignada no inferior a 450/750 V y se pueden alojar de distintas formas (tubos en canalizaciones empotradas, tubos en canalizaciones fijas en superficie, con los tubos al aire o tubos en canalizaciones enterradas).
- Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes: La instalación se hará con cables de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV.
- Conductores aislados enterrados: Se establecen de acuerdo a lo impuesto en la ITC-BT-07 y en la ITC-BT-21 y pueden estar directamente enterrados con cubierta (con tensión de aislamiento mínimo 0,6/1 kV) o bajo tubo.
- Conductores aislados directamente empotrados en estructuras: En este caso los cables están equipados de aislamiento y cubierta, y la temperatura máxima y mínima de servicio es entre -5 y 90 °C.
- Conductores aéreos: Cumplen lo impuesto en la ITC-BT-06.
- Conductores aislados en el interior de huecos de la construcción (muros, vigas...): El cable usado debe tener una tensión asignada no inferior a 450/750 V.
- Conductores aislados bajo canales protectoras: La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadoras o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable.
Pueden ser de grado de protección IP4X o superior (tensión mínima asignada 450/750 V) o de grado de protección inferior a IP4X (tensión mínima asignada 300/600 V).
- Conductores aislados bajo molduras: Cables alojados en ranuras bajo molduras y con tensión asignada no inferior a 450/750 V.
- Conductores aislados en bandeja o soportes de bandeja: Sólo se podrán utilizar conductores aislados con cubiertas según norma UNE 20460.

- Canalizaciones eléctricas prefabricadas: Deben llevar un grado de protección adecuado al local en el que se instalan.

Los sistemas de instalación admisibles en los circuitos interiores de vivienda se desarrollan en la ITC-BT-26 y se expondrán en los próximos capítulos.

5.3 Cálculo de Secciones.

Una de las partes más esenciales del diseño de una instalación eléctrica es el cálculo de las secciones, puesto que el grosor que va a tener el conductor, determina la cantidad de corriente que va a ser capaz de soportar el cable. Este cálculo es muy importante ya que asegura la seguridad de la instalación. (Top Cable, s.f.)

Como se va a poder observar en los siguientes capítulos, el REBT fija unos valores mínimos de sección.

Antes de proceder con el cálculo de la sección y teniendo en cuenta los apartados anteriores, debe seleccionarse el tipo de cable que se va a utilizar y su forma de instalación. A partir de entonces, y para el cálculo de instalaciones interiores de BT, se comienza el cálculo de las secciones empleando dos criterios:

- Intensidad máxima admisible (criterio térmico en régimen permanente)
- Caída de tensión

5.3.1 Cálculo de Secciones por Intensidad Admisibile

Debido a que los materiales conductores poseen una pequeña resistencia eléctrica, la circulación de corriente a través de ellos genera un calor (Q_g) cuyo valor se expresa mediante la siguiente expresión:

$$Q_g = R \times I^2 \times t$$

Una parte del calor Q_g es evacuado por medio de la superficie del aislante, mientras que lo restante se acumula en el interior del cable aportando un aumento de temperatura. Esta temperatura se va aumentando hasta alcanzar un equilibrio en el cuál el calor evacuado y el generado se hacen iguales. (Asunción León Blasco, 2013)

Como se ha dicho anteriormente, el conductor está recubierto por un aislante y cada uno de ellos posee un límite de temperatura, a partir del cual se produce el deterioro del cable. En la tabla siguiente se pueden observar esos valores límites para cada tipo de aislante:

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

Tabla 5.3. Temperatura máxima de funcionamiento según tipo de aislamiento. Fuente: Elaboración propia

Aislamiento	Límite de Temperatura
Polietileno Reticulado (XLPE) y Etileno propileno (EPR)	90 °C
Policloruro de Vinilo (PVC)	70 °C
Mineral (con cubierta de PVC o desnudo y accesible)	70 °C
Mineral (desnudo e inaccesible)	105 °C

Tras lo expuesto, se concluye que la temperatura que se alcanza en el cable depende únicamente de la intensidad de corriente que circula a través de él, y si se limita la temperatura en los aislantes se consigue acotar un valor máximo de intensidad por encima del cual no se garantiza la seguridad. Por ello, se han elaborado las tablas de intensidad admisible que plasman los valores máximos para cada sección normalizada bajo ciertas condiciones de instalación. (Asunción León Blasco, 2013)

Para el diseño de instalaciones interiores, la tabla que se va a emplear se encuentra en la ITC-BT-19, extraída de la norma UNE 20460-5-523. Para saber utilizarla se deben diferenciar los siguientes métodos de instalación:

- Métodos de instalación de referencia: aquellos cuya intensidad máxima admisible ha sido determinada.
 - A1: Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes.
 - A2: Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes.
 - B1: Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra.
 - B2: Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra.
 - C: Cables multiconductores directamente sobre la pared.
 - D: Cables multiconductores en conductos enterrados.
 - E: Cables multiconductores al aire libre. Distancia a la pared no inferior a $0,3 \cdot D$.
 - F: Cables unipolares en contacto mutuo. Distancia a la pared no inferior a D.
 - G: Cables unipolares separados mínimo D.
- Otros métodos de instalación: cualquiera que no se encuentre en el grupo anterior.

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

La tabla empleada en la ITC-BT-19 indica las intensidades admisibles para una temperatura ambiente de 40 °C, para los distintos métodos de instalación de referencia y los distintos aislamientos plásticos. Dicha tabla se puede observar a continuación:

Tabla 5.4. Tabla de intensidades admisibles para una temperatura ambiente de 40 °C. Fuente: UNE 20460-5-523

	Diagrama	Descripción	3x PVC		2x PVC		3x XLPE o EPR		2x XLPE o EPR				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes											
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
B		Conductores aislados en tubos ²⁾ en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos ²⁾ en montaje superficial o empotrados en obra		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR		2x XLPE o EPR				
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared ³⁾					3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre ³⁾ . Distancia a la pared no inferior a 0.3D ³⁾						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo ⁴⁾ . Distancia a la pared no inferior a D ⁵⁾						3x PVC				3x XLPE o EPR ¹⁾	
G		Cables unipolares separados mínimo D ⁵⁾									3x PVC ¹⁾	3x XLPE o EPR	
Cobre		mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
		4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
		6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
		10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
		16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
		25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
		35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
		50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
		70				149	160	171	188	202	224	244	321
		95				180	194	207	230	245	271	296	391
		120				208	225	240	267	284	314	348	455
	150				236	260	278	310	338	363	404	525	
	185				268	297	317	354	386	415	464	601	
	240				315	350	374	419	455	490	552	711	
	300				360	404	423	484	524	565	640	821	

Entonces, sabiendo el método de instalación de referencia, el número de conductores y el tipo de aislamiento, la sección válida será la primera que cumpla la condición de que la intensidad transportada por la línea (I_b) sea menor o igual que la intensidad máxima admisible (I_2).

Para hallar el valor de la intensidad transportada por la línea se va a emplear la siguiente fórmula, dependiendo si se encuentra en monofásico o trifásico:

$$MONOFÁSICO: I_b = \frac{P}{V \times \cos \phi} \qquad TRIFÁSICO: I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \phi}$$

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

Dónde: I_b : Intensidad transportada por la línea (A)

P: Potencia máxima prevista del circuito (W)

V: Tensión nominal monofásica (230 V) o trifásica (400 V)

$\cos \varphi$: Factor de potencia característico del receptor a alimentar.

Sin embargo, existe un inconveniente, ya que las tablas de intensidad máxima admisible están elaboradas para unas condiciones estándar (temperatura ambiente de 40 °C y para un solo sistema de instalación). Por ello, cuando la situación es diferente, se siguen empleando las tablas, pero a la hora de obtener la intensidad admisible se aplica un factor de corrección, de manera que: (Asunción León Blasco, 2013)

$$I'_z = I_z \times F_c$$

Donde:

I'_z : Intensidad máxima admisible en condiciones diferentes de estándar (A)

I_z : Intensidad máxima admisible en condiciones estándar (A)

F_c : Factor de corrección (adimensional)

Los factores de corrección se encuentran en forma de tabla en el REBT, concretamente en las ITC-BT-06 e ITC-BT-07, y son así:

- Factor de corrección para temperatura ambiente diferente de 40 °C.
- Factor de corrección para temperatura ambiente del terreno diferente de 20 °C.
- Factor de corrección para cables en conductos enterrados de resistividad diferente de 2,5 K·m/W.
- Factor de corrección por agrupamiento de cables o circuitos.

5.3.2 Cálculo de Secciones por Caída de Tensión

Debido a la circulación de corriente eléctrica a través del conductor se produce una caída de tensión que debe estar delimitada, para asegurar un correcto funcionamiento. El límite de caída de tensión para instalaciones interiores lo establece el REBT y es del 3%.

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

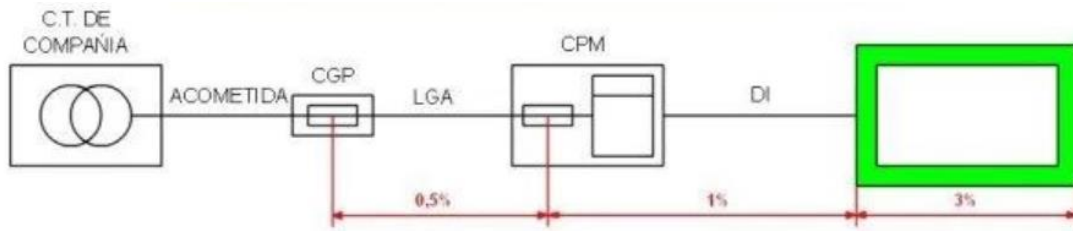


Ilustración 5.5. Caída de tensión para una única centralización de contadores Fuente: Área tecnología

La aplicación de esta condición supone cumplir que:

$$v(\%)_{línea} \leq v(\%)_{límite}$$

Donde:

$v(\%)_{línea}$: Caída de tensión (en %) producida en la sección

$v(\%)_{límite}$: Caída de tensión (en %) máxima admisible para este tipo de instalación

En los siguientes apartados se explican las formas que existen para solucionar el problema de caída de tensión.

5.3.2.1 Método General.

Consiste en comprobar, que, con la sección hallada por el criterio de intensidad admisible, la caída de tensión es menor que el 3 %.

Los cables eléctricos se pueden representar como la unión en serie de una resistencia eléctrica y una reactancia inductiva:

❖ Resistencia Eléctrica.

La resistencia de un conductor se obtiene aplicando la siguiente expresión:

$$R = c \cdot \rho_{\theta} \cdot \frac{L}{S}$$

Siendo: R: Resistencia del conductor (Ω)

c: Coeficiente adimensional que engloba los efectos peculiar y proximidad

ρ_{θ} : Resistividad del conductor a la temperatura de servicio θ ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)

L: Longitud del conductor (m)

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

S: Sección del conductor (mm²)

En el valor de la sección se introducirá el valor de la sección hallada por el criterio de intensidad admisible. Por lo tanto, se deben seguir estos pasos para hallar la resistencia:

- I. Determinación de la temperatura del conductor correspondiente a la sección elegida.

La temperatura alcanzada en el conductor se obtiene de la siguiente expresión:

$$\theta = \left(\frac{I_b}{I_z}\right)^2 \cdot (\theta_{m\acute{a}x} - \theta_o) + \theta_o$$

Dónde: θ : Temperatura real del conductor para la sección escogida (°C)

I_b : Intensidad que circula por el conductor (A)

I_z : Intensidad máxima admisible de la sección del conductor (A)

$\theta_{m\acute{a}x}$: Temperatura máxima de servicio del cable (depende del aislamiento, 70 o 90 °C)

θ_o : Temperatura ambiente de la instalación (al aire 40 °C)

- II. Cálculo de la resistividad a la temperatura de servicio.

La resistividad se debe calcular a la temperatura real del conductor (θ) mediante la expresión siguiente:

$$\rho_{\theta} = \rho_{20\text{ °C}} \cdot (1 + \alpha \cdot (\theta - 20))$$

Dónde: ρ_{θ} : Resistividad del conductor a la temperatura de servicio θ ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)

$\rho_{20\text{ °C}}$: Resistividad del conductor a 20 °C ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)

α : Coeficiente de variación de la resistividad del material con la temperatura ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)

Tabla 5.5. Valores del coeficiente de la resistividad del material con la temperatura. Fuente: Elaboración propia

Material	α ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)	ρ_{20} ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	ρ_{70} ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	ρ_{90} ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)
Cu	0,00392	0,018	0,021	0,023
Al	0,00403	0,029	0,033	0,036

- III. Cálculo de la resistencia a la temperatura de servicio.

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

Se calcula resolviendo la fórmula de la resistencia eléctrica en la que el coeficiente adimensional c toma el valor de 1,02 para instalaciones interiores.

❖ Reactancia Inductiva.

Este fenómeno no tiene una gran influencia en los conductores de BT. Por lo que, es posible despreciarlo o considerarlo según la expresión:

$$X_L = K \cdot R$$

Dónde: X_L : Reactancia inductiva de la línea (Ω)

R: Resistencia obtenida según el apartado anterior (Ω)

K: Constante adimensional que depende de la sección

Tabla 5.6. Valores de la resistencia inductiva en función de la sección del conductor. Fuente: Elaboración propia

Sección	Reactancia Inductiva (X_L)	K
$S \leq 120 \text{ mm}$	0	0
$S = 150 \text{ mm}$	$0,15 \cdot R$	0,15
$S = 185 \text{ mm}$	$0,2 \cdot R$	0,2
$S \geq 240 \text{ mm}$	$0,25 \cdot R$	0,25

La caída de tensión en una línea monofásica o trifásica es diferente, por lo que a continuación se van a diferenciar ambas:

➤ Caída de Tensión en una Línea Monofásica.

A continuación, se expone el circuito equivalente de una línea monofásica con una tensión en el origen (V_1) y a cuya carga le llega una tensión (V_2), debido a la caída de tensión producida por la impedancia (Z_L): (Rocamora, s.f.)

$$Z_L = R + jX_L$$

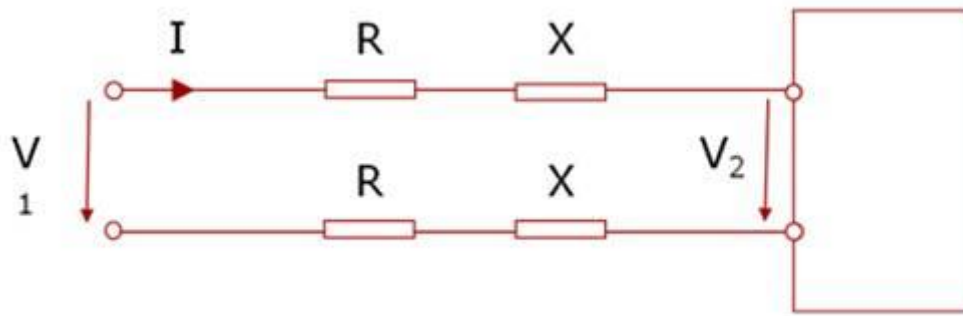


Ilustración 5.6. Circuito monofásico. Fuente: Universitat Miguel Hernández

Tras aplicar la 2ª Ley de Kirchhoff, se obtiene la siguiente fórmula de caída de tensión:

$$\Delta V = V_1 - V_2 = 2 \cdot I \cdot (R + jX) = 2 \cdot I \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$$

Dónde: V_1 : Tensión en el origen (V)

V_2 : Tensión en bornes del receptor (V)

R: Resistencia del conductor (Ω)

X: Reactancia inductiva del conductor (Ω)

I: Intensidad que circula a través del conductor (A)

$\cos \varphi$: Factor de potencia de la carga

Expresando la ecuación en función de la potencia (P):

$$\Delta V = V_1 - V_2 = \frac{2 \cdot P}{V_1} (R + X \cdot \operatorname{tg} \varphi)$$

Por último, se calcula la caída de tensión porcentual de la línea para poder comprobar si supera los límites:

$$v(\%)_{\text{línea}} = \frac{\Delta V}{V} \times 100$$

Dónde: $v(\%)_{\text{línea}}$: Caída de tensión (%)

V: Tensión nominal de la línea (en instalaciones de BT monofásicas es 230 V)

➤ Caída de Tensión en una Línea Trifásica.

En primer lugar, se expone el circuito monofásico equivalente del sistema trifásico, en el que se representa una única fase y el conductor neutro: (Rocamora, s.f.)

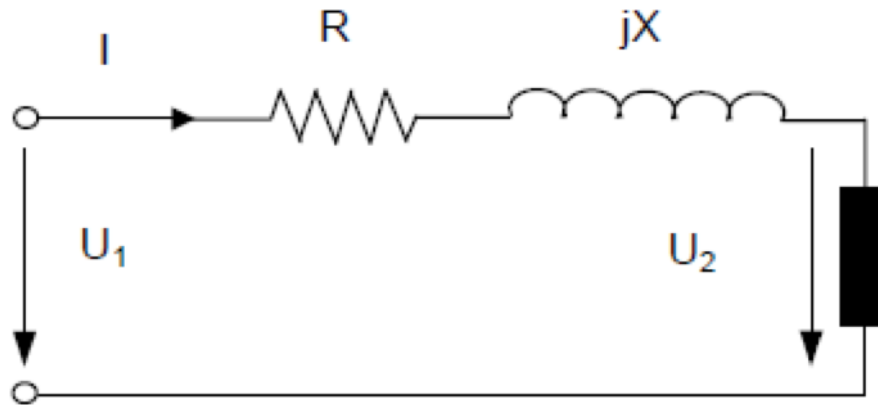


Ilustración 5.7. Circuito monofásico equivalente. Fuente: Prysmianclub

Tras aplicar la 2ª Ley de Kirchhoff, se obtiene la siguiente fórmula de caída de tensión simple (fase-neutro):

$$\Delta V = V_1 - V_2 = I \cdot (R + jX) = I \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \text{sen } \varphi)$$

Dónde: V_1 : Tensión en el origen (V) V_2 : Tensión en bornes del receptor (V)

R : Resistencia del conductor (Ω) X : Reactancia inductiva del conductor (Ω)

I : Intensidad que circula a través del conductor (A)

$\cos \varphi$: Factor de potencia de la carga

Por lo tanto, la caída de tensión compuesta (fase-fase) es:

$$\Delta U = U_1 - U_2 = \sqrt{3} \cdot \Delta V = \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \text{sen } \varphi)$$

Expresando la ecuación en función de la potencia activa de la carga trifásica (P):

$$\Delta U = U_1 - U_2 = \frac{2 \cdot P}{V_1} (R + X \cdot \text{tg } \varphi)$$

Por último, e igual que ocurre en el caso de las líneas monofásicas, se calcula la caída de tensión porcentual de la línea para poder comprobar si supera los límites:

$$u(\%)_{\text{línea}} = \frac{\Delta U}{U} \times 100$$

Dónde: $u(\%)_{\text{línea}}$: Caída de tensión (%)

U : Tensión nominal de la línea (en instalaciones de BT trifásicas es 400 V)

5.3.2.2 Método Simplificado.

La Guía-BT-Anexo 2 indica que en la práctica en las instalaciones interiores de BT no se tiene en cuenta el efecto piel ni el efecto proximidad ($c = 1$) y la reactancia inductiva es nula ($X = 0$) debido a que las secciones empleadas son muy pequeñas. Además, se trabaja con el inverso de la resistividad, la conductividad (γ):

Por lo que, tras haber realizado las pertinentes simplificaciones se obtienen las siguientes expresiones:

- ✓ Sección por caída de tensión en una línea monofásica.

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

- ✓ Sección por caída de tensión en una línea trifásica.

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

Dónde: S: Sección del conductor (mm²)

γ : Conductividad del conductor (m · Ω /mm²)

Tabla 5.7. Valores de conductividad. Fuente: Elaboración propia

Material	γ_{20}	γ_{70}	γ_{90}
Cobre	56	48	44
Aluminio	35	30	28
Temperatura	20 °C	70 °C	90 °C

L: Longitud del conductor (m)

V: Tensión nominal de la línea (monofásico 230 V, trifásico 400 V)

e: Caída de tensión máxima admisible según la expresión (V)

$$e = \frac{v^{(\%)}_{\text{limite}}}{100} \cdot V$$

Los valores que se obtienen a partir de las siguientes expresiones deben redondearse a la sección normalizada superior.

5.4 Protecciones en las Instalaciones Eléctricas.

Toda instalación eléctrica debe disponer de una serie de elementos de protección que garanticen tanto la integridad de la propia instalación y sus elementos, como la seguridad de las personas que la utilizan. Las averías que pueden poner en riesgo a la instalación son: (Asunción León Blasco, 2013)

- ✓ **Sobreintensidades.** Corrientes superiores al valor nominal (ITC-BT-01). Pueden ocurrir debido a:
 - Cortocircuito: Circuito que se produce, generalmente de manera accidental, por contacto entre dos conductores de polos opuestos y suele ocasionar una descarga. (RAE, s.f.)
 - Sobrecarga: Exceso de carga en el circuito.
- ✓ **Defectos de aislamiento.** Fallos en el aislamiento de la instalación en zonas que se hallan a una tensión diferente. Dos casos:
 - Contacto directo: Fallo del aislamiento entre partes activas.
 - Contacto indirecto: Fallo entre una parte activa y una masa.
- ✓ **Sobretensiones.** Tensiones superiores a los valores nominales de la instalación y que están ocasionadas por caídas de rayos en líneas eléctricas, ejecución de maniobras en la red o la conexión o desconexión de transformadores.

Las protecciones que se deben utilizar en instalaciones de BT según la normativa del REBT son estas:

- Fusibles.
- Interruptores automáticos magnetotérmicos.
- Interruptores diferenciales.
- Limitadores de sobretensión.

En los próximos apartados se van a explicar los requisitos de protección que deben satisfacer cada una de las averías indicadas anteriormente. Además, se va a seleccionar un tipo de protección para cada caso.

5.4.1 Protección frente a sobreintensidades

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

Los aparatos que protegen frente a sobrecorrientes, son los interruptores magnetotérmicos y fusibles. Cada tipo de avería dispone de unas condiciones de protección diferentes que se deben constatar. (Asunción León Blasco, 2013)

La norma UNE 20460-4-433 fija dos requerimientos relativos a la protección frente a sobrecargas:

- a) $I_b \leq I_n \leq I_z$
- b) $I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$

Con: I_b : Intensidad de diseño del circuito

I_z : Intensidad admisible de la línea a proteger

I_n : Intensidad nominal del dispositivo protector

I_2 : Intensidad que asegura el correcto funcionamiento del dispositivo protector

Mientras que, en el caso de la protección frente a cortocircuitos, la norma UNE 20460-4-434 impone otros dos requisitos:

- c) El poder de corte¹ del elemento protector debe ser menor o igual que la corriente de cortocircuito máxima prevista en su instalación.

$$I_{ccm\acute{a}x} \leq I_{cn} = \text{Poder de Corte}$$

- d) El tiempo de corte de toda corriente resultante de un cortocircuito en un punto cualquiera no debe ser mayor que el tiempo que se tarda en alcanzar el límite de temperatura máxima admisible.

Para aquellos cortocircuitos en los que la duración máxima sean 5 segundos, se calcula el tiempo como:

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

Dónde: t: Duración (segundos)

S: Sección (mm²)

I: Corriente de cortocircuito efectiva

k: Constante que depende del tipo de conductor y del aislante

¹ Poder de corte: Intensidad de corriente que un dispositivo es capaz de cortar, bajo una determinada tensión de restablecimiento, y en las condiciones prescritas de funcionamiento.

Tabla 5.8. Valores de la constante k. Fuente: Norma UNE 20460-4-434

Conductor	k
Conductores de cobre aislados con PVC	115
Conductores de cobre aislados con XLPE y EPR	135
Conductores de aluminio aislados con PVC	74
Conductores de aluminio aislados con XLPE y EPR	87

5.4.1.1 Fusibles

El fusible o cortacircuito es el aparato de conexión que provoca la apertura del circuito, por fusión producida por el Efecto Joule, cortando la corriente cuando ésta sobrepasa un determinado valor durante un tiempo. (Automatismo Industrial, s.f.)

Como se puede apreciar en la siguiente imagen, un fusible consta de los siguientes aparatos:

- Base portafusibles. Parte fija que contiene los elementos que garantizan el aislamiento.
- Cartucho fusible. Parte que incluye el elemento fusible.

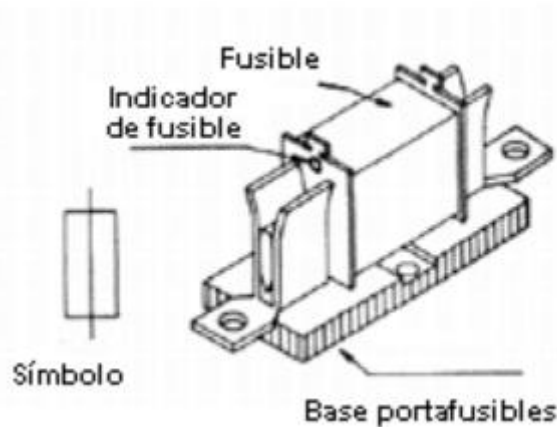


Ilustración 5.8. Fusible. Fuente: Sapiensman

Por otro lado, los parámetros más característicos de un cortacircuito fusible según la norma UNE-EN 60269 son los siguientes:

- Corriente asignada (I_n): Valores desde 2 hasta 1250 A
- Corriente convencional de fusión (I_f)
- Corriente convencional de no fusión (I_{nf})
- Poder de corte (I_{cn}): Valores desde 6 hasta 120 kA
- Tensión asignada: Valores de 230, 400, 500 y 690 V

- Característica tiempo-corriente: Indicadas por fabricante

5.4.1.1.1 Clasificación de los fusibles

Los fusibles más empleados en BT se organizan según dos criterios: (Uriondo, 2019)

1. Según su forma constructiva.

- ✓ Fusibles de cuchillas (tipo “NH”)
- ✓ Fusibles cilíndricos (tipo “B”)
- ✓ Fusibles Neozed

2. Según sus características de funcionamiento.

Se identifican mediante 2 letras, la primera minúscula y la segunda mayúscula.

- ✓ Primera letra: indica el margen de corte.
 - “g”: Se les denomina «de uso general» y protegen frente a sobrecarga y cortocircuito.
 - “a”: Se les denomina «de acompañamiento» y únicamente protegen frente a cortocircuitos.
- ✓ Segunda letra: indica la categoría de utilización.
 - “G”: Líneas y receptores en general.
 - “R”: Semiconductores.
 - “M”: Motores.
 - “Tr”: Transformadores.
 - “B”: Minería.

Los más habituales son los “gG”, “gM” o “aM”.

En las instalaciones eléctricas de BT los fusibles más empleados son los “gG”, en cualquiera de las tres formas constructivas expuestas anteriormente.

5.4.1.2 Interruptores automáticos e interruptores magnetotérmicos

Un interruptor automático es un aparato electromecánico utilizado para la protección frente a sobrecargas y cortocircuitos pero que, a diferencia de los fusibles, ofrece reconexión manual, una mayor seguridad y mejores prestaciones generalmente. (Asunción León Blasco, 2013)

Un interruptor automático dispone de los siguientes componentes:

- Disparador térmico: Reacciona ante las sobrecargas.

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

Disponen de una lámina bimetálica (2 metales de diferente coeficiente de dilatación) por la que circula la corriente, que, al calentarse, se deforman produciendo el disparo. (Uriondo, 2019)

- Disparador magnético: Reacciona ante cortocircuitos.
Dispone de una bobina magnética que actúa si la corriente aumenta por encima de un determinado valor provocando el disparo. Además, posee un tiempo de respuesta muy corto. (Asunción León Blasco, 2013)
- Cámara apagachispas: Recinto donde se extingue el arco eléctrico. (Uriondo, 2019)
- Contacto fijo y móvil

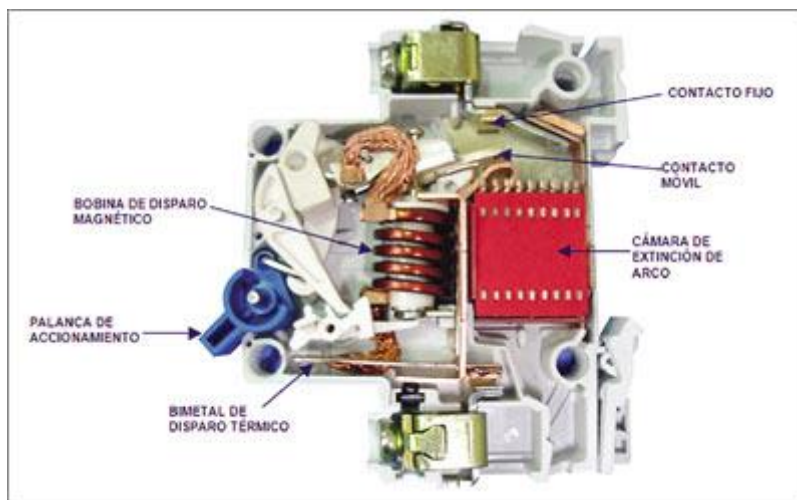


Ilustración 5.9. Interruptor magnetotérmico. Fuente: Escuela de Ingeniería de Ecuador

Mientras que un interruptor magnetotérmico, según la norma UNE-EN 60898, es un pequeño interruptor automático (PIA) de calibre reducido (hasta 125 A) y poder de corte limitado (hasta 25 kA) empleados en instalaciones de baja potencia.

5.4.1.2.1 Clasificación de los interruptores magnetotérmicos

Se clasifican según el número de polos:

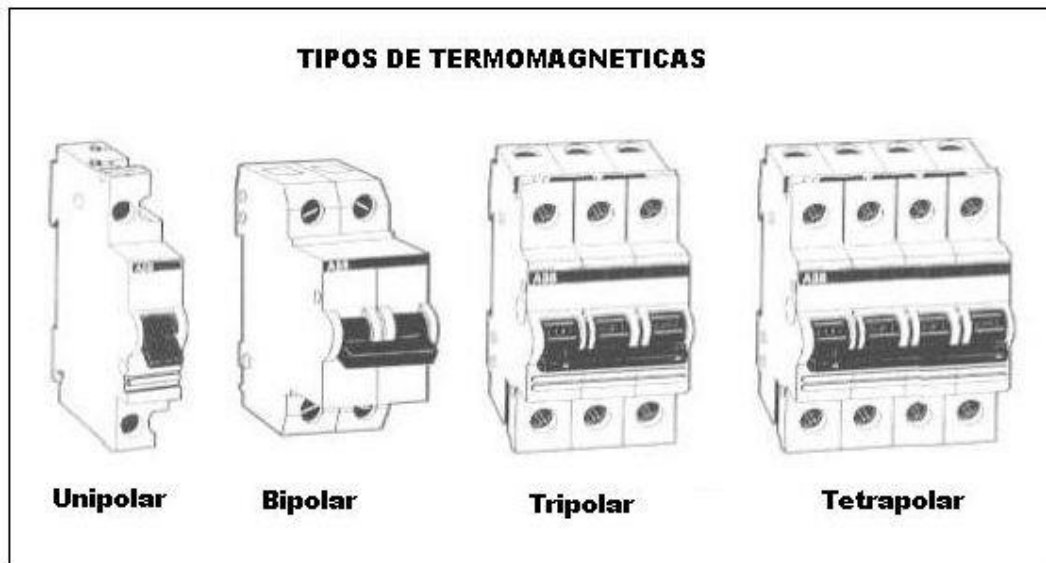


Ilustración 5.10. Tipos de magnetotérmicos. Fuente: Onulec

Cabe destacar que en los bipolares y tetrapolares, un polo puede estar designado al conductor neutro.

5.4.1.2.2 Características de los interruptores magnetotérmicos

Los parámetros característicos de un interruptor magnetotérmico según la norma UNE-EN 60898 son los siguientes:

- Tensión asignada

Tabla 5.9. Valores de la tensión asignada en función del magnetotérmico. Fuente: Elaboración propia.

Tensión asignada	Magnetotérmico
230 V	Unipolares y bipolares
230/400 V	Unipolares
400 V	Bipolares, tripolares y tetrapolares

- Número de polos (n)
- Corriente asignada (I_n): Valores desde 6 hasta 125 A
- Poder de corte (I_{cn}): Valores desde 1 hasta 25 kA
- Curva característica de $I^2 \cdot t$: Dada por fabricante

Además, los magnetotérmicos se pueden clasificar también según un parámetro muy importante. Este parámetro es la curva de disparo y se pueden diferenciar 3 zonas:

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

- Zona A: comportamiento del disparador térmico
- Zona B: comportamiento del disparador magnético
- Zona C: disparo provocado por el térmico o el magnético

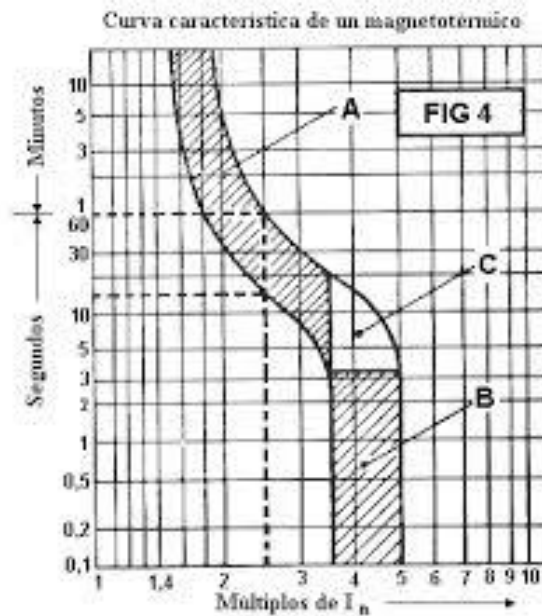


Ilustración 5.11. Curva característica de disparo de magnetotérmicos. Fuente: UCLM

Estas curvas se encuentran normalizadas según la norma UNE-EN 60898. Para el disparo magnético:

Tabla 5.10. Rangos de disparo. Fuente: Norma UNE-EN-60898

Tipo de curva	Margen inferior	Margen superior
B	$3 \cdot I_n$	$5 \cdot I_n$
C	$5 \cdot I_n$	$10 \cdot I_n$
D	$10 \cdot I_n$	$20 \cdot I_n$
Tiempo límite	$t \geq 0,1$ segundos	$t \leq 0,1$ segundos

Mientras que la curva del disparo térmico también se normaliza por medio de los siguientes parámetros:

- Tiempo convencional (t_c)
- Intensidad convencional de no desconexión (I_{nt})
- Intensidad convencional de disparo (I_t)

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

Los interruptores magnetotérmicos con curvas tipo B, C y D poseen los siguientes valores de I_n e I_{nt} :

Tabla 5.11. Valores de intensidad para interruptores magnetotérmicos. Fuente: Norma UNE-EN 60898

	t_c	I_{nt}	I_t
$I_n \leq 63 \text{ A}$	1 hora	$1,13 \cdot I_n$	$1,45 \cdot I_n$
$I_n > 63 \text{ A}$	2 horas	$1,13 \cdot I_n$	$1,45 \cdot I_n$

Los interruptores magnetotérmicos con curva tipo C se utilizan para proteger líneas con algún consumo, como la iluminación, que suponga un valor moderado de corriente de arranque. Por ello son los más importantes en este trabajo, ya que se utilizan en los dispositivos generales de mando y protección de los cuadros de una vivienda. (Asunción León Blasco, 2013)

5.4.1.2.3 Selección de los interruptores magnetotérmicos

La elección del magnetotérmico adecuado se debe realizar teniendo en cuenta las cuatro condiciones expuestas en el apartado 5.4.1. Estas condiciones se explican para interruptores magnetotérmicos en la Guía-BT-22:

La primera condición permite seleccionar el calibre del interruptor (I_n). $I_b \leq I_n \leq I_z$

En la segunda condición, hay que tener en cuenta que I_2 es igual a I_t , y se calcula de la forma:

$$I_t = 1,45 \cdot I_n$$

Y como se ha podido observar anteriormente los magnetotérmicos con curva tipo B, C o D, siempre lo cumplen.

En la tercera condición se debe considerar que el poder de corte de los magnetotérmicos suele tener valores en torno a los 25 kA, como se ha expuesto con anterioridad:

$$I_{ccm\acute{a}x} \leq I_{cn} = \text{Poder de Corte}$$

Por último, la cuarta condición se verifica si se cumplen las dos siguientes pautas: (Asunción León Blasco, 2013)

d1) *Energía que deja pasar el magnetotérmico < Energía que soporta el conductor*

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

La primera se calcula a partir de la curva característica de $I^2 \cdot t$ en el valor máximo de la intensidad de cortocircuito. Mientras que, la energía del condensador es:

$$E_{COND} = k^2 \cdot S^2$$

siendo k la constante de la tabla 5.8 y S la sección.

$$d2) I_{ccmin} > I_{d0,1}$$

dónde: $I_{d0,1}$: Intensidad de desconexión del magnetotérmico para $t = 0,1$ segundos

I_{ccmin} : Valor eficaz de la mínima corriente de cortocircuito que puede generarse aguas abajo del magnetotérmico. Se calcula igual que para los fusibles:

$$I_{ccmin} = \frac{0,8 \cdot V}{L \cdot |\overline{Z}_L \cdot \overline{Z}_N|}$$

Con: V : Tensión simple (230 V)

Z_L : Impedancia de la línea a su máxima temperatura de servicio ($\Omega \cdot m$)

Z_N : Impedancia del neutro a su máxima temperatura de servicio ($\Omega \cdot m$)

L : Longitud de la línea (m)

5.4.2 Protección frente a contactos directos e indirectos: Interruptor Diferencial

En primer lugar, se va a diferenciar un contacto directo de un contacto indirecto, según la ITC-BT-01:

- ✓ Contacto directo: contacto de personas o animales con partes activas de los materiales y equipos
- ✓ Contacto indirecto: contacto de personas o animales domésticos con partes que se han puesto bajo tensión como resultado de un fallo de aislamiento.

Debido al esquema de la REE (TT²), ambos contactos están asociados a una corriente de defecto a través de tierra.

² El neutro del transformador está conectado a tierra y las masas de BT están puestas a tierra.

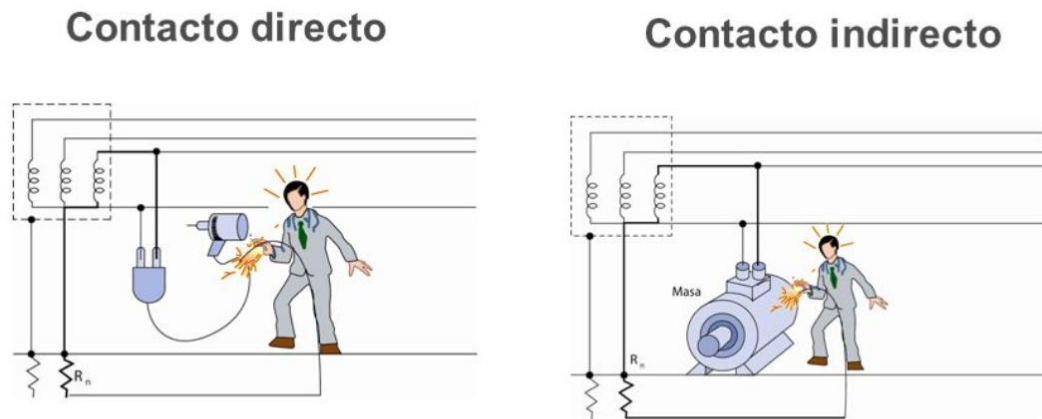


Ilustración 5.12. Diferencia entre contacto directo e indirecto. Fuente: Slideplayer

Como dichos contactos son peligrosos para las personas, y la presencia de las corrientes de fuga a tierra también supone un riesgo en la instalación, va a ser necesario disponer de un interruptor diferencial.

El objetivo de este último, es detectar las corrientes de defecto y actuar interrumpiendo el circuito cuando estas intensidades superen un cierto valor que sea considerado peligroso. (Asunción León Blasco, 2013)

El interruptor diferencial está compuesto de un núcleo toroidal a través del cual pasan los conductores activos (fases y neutro), y sobre el núcleo, se coloca un arrollamiento auxiliar. Cuando no hay corriente de defecto, la suma de las intensidades que atraviesan el núcleo toroidal es cero ($i_1(t) + i_2(t) + i_3(t) + i_N(t) = 0$). Sin embargo, si aparece la corriente de fuga a tierra, la suma de estas corrientes deja de ser nula ($i_D(t) = i_1(t) + i_2(t) + i_3(t) + i_N(t)$) provocando que se induzca un fuerza electromotriz en el arrollamiento auxiliar que va a poder emplearse para dar la orden de disparo en el dispositivo cuando se alcance un cierto valor. (Asunción León Blasco, 2013)



Ilustración 5.13. Interruptor Diferencial. Fuente: Slideplayer

5.4.2.1 Clasificación de los interruptores diferenciales

Se pueden clasificar de distintas maneras: (Uriondo, 2019)

- Según el tipo de corriente diferencial que es capaz de detectar:
 - Clase AC: Son los dispositivos estándar y más habituales, y detectan las corrientes alternas senoidales puras.
 - Clase A: Se utilizan para localizar las corrientes alternas senoidales y continuas pulsantes.
 - Clase A Superinmunizados: Disfrutan de un núcleo toroidal mejor que los de clase A.
 - Clase B: Se emplean para las mismas corrientes que la clase A, y también, para las rectificadas.

CLASIFICACIÓN DE PROTECCIÓN DIFERENCIAL

CLASE AC	Detección de corriente residual alterna	
CLASE A	Detección de corriente residual alterna y pulsante	
CLASE B	Detección de corriente residual alterna hasta 1kHz, pulsante y pura continua	

Ilustración 5.14. Clases de interruptores diferenciales. Fuente: VMC

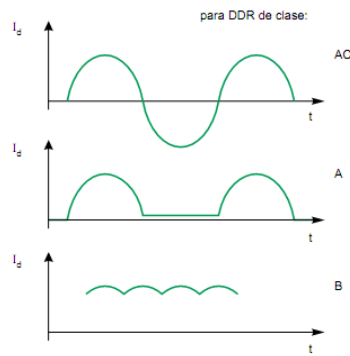


Ilustración 5.15. Formas de onda de cada tipo de ID. Fuente: Googlesites

- Según el tiempo que tarda en disparar:
 - Instantáneos
 - Con retardo (tipo S)

5.4.2.2 Características de los interruptores diferenciales

Los parámetros más característicos de un interruptor diferencial son los siguientes y se exponen en la norma UNE 21302:

- Sensibilidad ($I_{\Delta n}$): Corriente diferencial a partir de la cual actúa el dispositivo y presenta por norma una tolerancia con dos límites: (Uriondo, 2019)
 - $I_{\text{defecto}} > I_{\Delta n}$: siempre se produce la desconexión
 - $I_{\text{defecto}} < 0,5 \cdot I_{\Delta n}$: nunca se produce desconexión (a este valor se le denomina corriente diferencial nominal de no funcionamiento $I_{\Delta nf}$)

Además, se diferencian dos tipos:

- Baja sensibilidad: $I_{\Delta n} > 30 \text{ mA}$ (no son válidos para contactos directos)
- Alta sensibilidad: $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$
- Intensidad nominal: Valores desde 6 hasta 100 A
- Tensión nominal: Entre 230 y 400 V.
- Número de polos: Puede ser bipolar, tripolar o tetrapolar.
- Característica de disparo: Superficie de disparo que está acotada por una curva de no desconexión (la de la izquierda) y otra de desconexión (la de la derecha). El disparo está asegurado a la derecha de la curva de desconexión, mientras que a la izquierda de la curva de no desconexión no se produce. Además, el área que queda entre las dos curvas, es una zona de incertidumbre ya que no se garantiza ni una cosa ni la otra. (Asunción León Blasco, 2013)

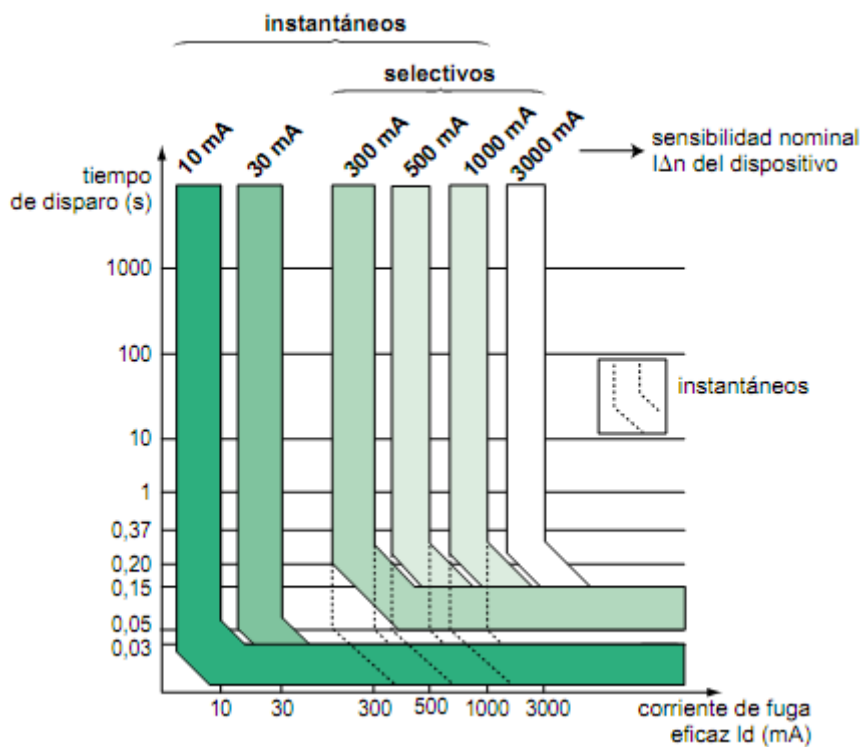


Ilustración 5.16. Curvas de disparo normalizadas. Fuente: Googlesites

5.4.2.3 Selección de los interruptores diferenciales

A la hora de seleccionar un interruptor diferencial se debe tener en cuenta que la tensión máxima que pueden conseguir las masas de los aparatos eléctricos es igual a la tensión límite convencional (U_L). (Asunción León Blasco, 2013)

Esta tensión viene dada por el REBT, en la ITC-BT-24, y es de 50 V.

Además, la tensión de contacto se calcula como:

$$U_d = R_A \cdot I_d = R_A \cdot I_{\Delta n}$$

Dónde: R_A : Resistencia de puesta a tierra de las masas de BT

I_d : Intensidad de fuga a tierra (coincide con la sensibilidad del interruptor diferencial $I_{\Delta n}$)

Por lo tanto, la condición que se debe cumplir para la selección del interruptor diferencial es la siguiente:

$$R_A \cdot I_{\Delta n} \leq U_L = 50 \text{ V}$$

Sin embargo, en la práctica, los interruptores diferenciales se eligen teniendo en cuenta la instalación que van a proteger. Las instalaciones interiores de viviendas se protegen con

diferenciales de alta sensibilidad (30 mA), ya que ese es el valor a partir del cual si se produce un choque eléctrico se provoca la fibrilación ventricular, y, por ende, la electrocución. (Asunción León Blasco, 2013)

Además, también es necesario que los diferenciales estén protegidos frente a sobreintensidades. Por ello, se instala un interruptor magnetotérmico en serie con el diferencial que cumpla que:

$$I_n (\text{diferencial}) \geq I_n (\text{magnetotérmico})$$

Dónde: I_n (diferencial): Corriente nominal del diferencial

I_n (magnetotérmico): Corriente nominal del magnetotérmico

5.4.3 Protección frente a sobretensiones

5.4.3.1 Tipos de sobretensiones

Como se ha indicado anteriormente, las sobretensiones son tensiones de valor superior al valor nominal de funcionamiento, y pueden ser de carácter permanente o transitorio.

Estas últimas son las más frecuentes, ya que presentan una mayor magnitud a pesar de tener una duración muy corta (unos pocos milisegundos), y están originadas principalmente por: (Uriondo, 2019)

- Descargas atmosféricas: Caída directa o indirecta de un rayo.
- Maniobras en la red:
 - ❖ Conmutación en las líneas
 - ❖ Accionamiento de motores

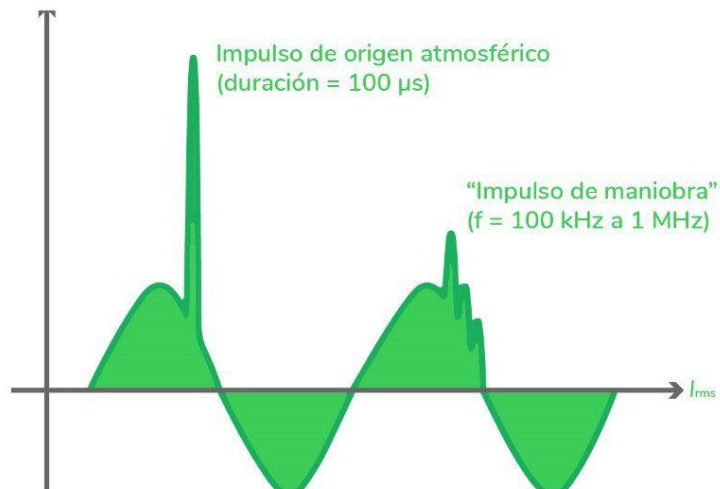


Ilustración 5.17. Ejemplos de sobretensión. Fuente: Jemaelectroblog

Tabla 5.12. Características de sobretensiones. Fuente: Elaboración propia

	Magnitud	Duración	Pendiente de subida
Sobretensiones atmosféricas	100-200 kV	Muy corta (μs)	Muy elevada
Sobretensiones de maniobra	1-3 kV	Corta (ms)	Media

De la tabla y la foto anteriores se puede derivar que las atmosféricas son más peligrosas, mientras que las de maniobra son más habituales.

5.4.3.2 Aparatos de protección frente a sobretensiones

Los dispositivos de protección contra sobretensiones en instalaciones de BT son los limitadores de sobretensiones, cuyo funcionamiento se basa en provocar una descarga a tierra, de intensidad elevada, cuando la tensión supere un cierto valor. (Asunción León Blasco, 2013)

Es posible hallar diferentes tecnologías a la hora de elaborar los limitadores de sobretensión, entre las cuales destacan:

- Descargadores de gas
- Varistores de óxido de zinc
- Diodo Zener

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

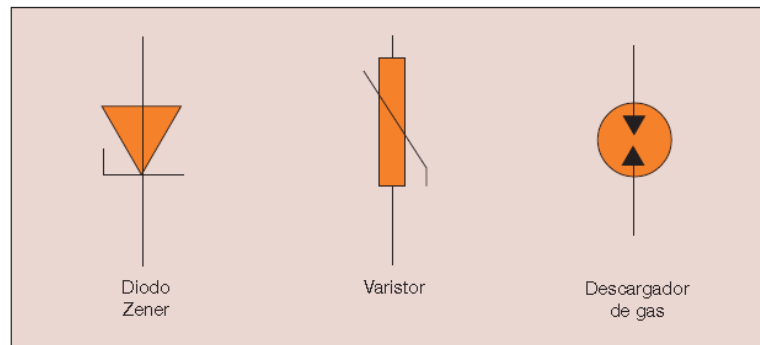


Ilustración 5.18. Tecnologías de limitadores de sobretensión. Fuente: Docplayer

Los dispositivos comerciales más comunes suelen compaginar varias tecnologías de las anteriormente mencionadas, siendo lo más habitual, la combinación de descargadores de gas con varistores. (Asunción León Blasco, 2013)

5.4.3.3 Selección del limitador de sobretensiones

Las características principales que se deben tener en cuenta a la hora de escoger un limitador de sobretensiones son: (Asunción León Blasco, 2013)

- i. Categoría de sobretensión de los equipos a proteger.

Señala el máximo nivel de tensión de una onda tipo rayo que el equipo es capaz de aguantar. Según la norma CEI 60364 se fijan cuatro categorías de sobretensión en función de la máxima tensión soportada, y se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 5.13. Categorías de sobretensiones. Fuente: CEI 60364

Categoría	Nivel de tensión máxima soportada	Tipos de equipos
I	1,5 kV	Aparatos electrónicos muy sensibles
II	2,5 kV	Aparatos de utilización (electrodomésticos...)
III	4 kV	Equipos con conexión permanente a una instalación fija (motores fijos)
IV	6 kV	Equipos próximos al origen de la instalación aguas arriba del cuadro de distribución (contadores)

- ii. Presencia de pararrayos.

La presencia de un pararrayos en el edificio influye en el tipo de limitador a escoger.

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

iii. Probabilidad de caída de rayos.

Se puede observar mediante el siguiente mapa de densidad de caída de rayos en el que se muestra el número de impactos de rayo en la zona por km² y año.

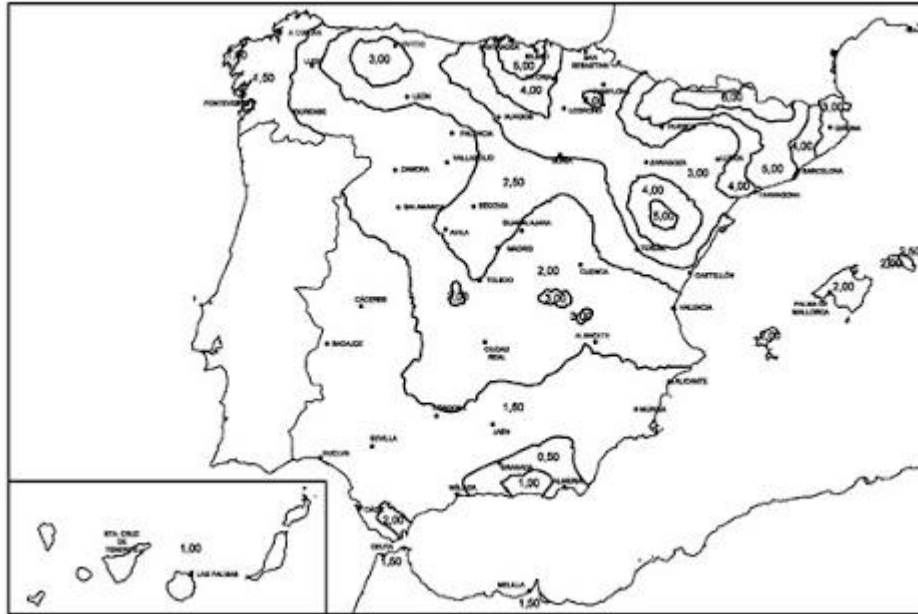


Ilustración 5.19. Mapa de caída de rayos en España. Fuente: Libro de Tecnología eléctrica (Felipe Uriondo)

iv. Tipo de instalación.

En el caso de instalaciones interiores de viviendas, la ITC-BT-23, expone que en edificios con sistema de protección externa contra rayos (Pararrayos, puntas Franklin...) es recomendable el uso de limitadores de sobretensión, pero no obligatorio.

5.5 Instalaciones Interiores.

5.5.1 Introducción.

A pesar de que exista una gran cantidad de viviendas diferentes tanto por su tamaño como por su distribución, hay una serie de electrodomésticos que inevitablemente todas ellas tienen en común, como, por ejemplo, la nevera, la lavadora... Además, normalmente, el encargado de realizar el montaje eléctrico en la casa no va a ser el consumidor final, por lo que no puede saber las necesidades que va a tener el usuario. (Asunción León Blasco, 2013)

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

Debido a esto, el REBT fija unas pautas de diseño referentes a las instalaciones interiores de viviendas. Estas condiciones se pueden observar en las instrucciones técnicas siguientes:

- ITC-BT-25. Instalaciones interiores de viviendas. Número de circuitos y características.
- ITC-BT-26. Instalaciones interiores de viviendas. Prescripciones generales de la instalación.
- ITC-BT-27. Instalaciones interiores de viviendas. Locales con bañera o ducha.

5.5.2 Número de circuitos.

En la ITC-BT-25 se fija el número de circuitos que debe tener una vivienda en función de su grado de electrificación. Por ello, es necesario ver los dos grados de electrificación existentes y que se definen en la ITC-BT-10:

- Grado de electrificación básico.
Sistema mínimo necesario para cubrir las posibles necesidades de uso básico sin necesidad de obras posteriores de adecuación.
Está compuesto de cinco circuitos:

Tabla 5.14. Circuitos del grado de electrificación básico. Fuente: Elaboración propia

Número	Descripción	Nº máximo de tomas
C1	Iluminación	30
C2	Tomas de corriente	20
C3	Cocina y horno	2
C4	Lavadora, lavavajillas y termo eléctrico	3
C5	Tomas de corriente de cuarto de baño y auxiliares de cocina	6

- Grado de electrificación elevado.
Sistema correspondiente a viviendas con una previsión de uso importante de aparatos electrodomésticos, así como con previsión de sistemas de calefacción eléctrica, aire acondicionado, automatización, gestión de la energía y seguridad o con superficies útiles de vivienda superior a 160 m².

En este caso, además de los circuitos básicos, se instalan los siguientes:

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

Tabla 5.15. Circuitos del grado de electrificación elevado. Fuente: Elaboración propia

Número	Descripción	Nº máximo de tomas
C6	Adicional de iluminación	30
C7	Adicional de tomas de corriente	20
C8	Calefacción eléctrica	-
C9	Aire acondicionado	-
C10	Secadora	1
C11	Sistema de automatización, gestión técnica de la energía y de seguridad	-
C12	Adicional de los tipos C3, C4 o C5	-

Por lo que se puede concluir, que el número de circuitos de una vivienda, depende de los siguientes tres aspectos:

1. Los sistemas eléctricos previstos para la vivienda.
2. El número de puntos de uso o tomas de corriente.
3. El grado de electrificación de la vivienda.

5.5.3 Características eléctricas. Puntos de utilización.

Entre las características eléctricas de cada circuito se encuentran la sección mínima de los conductores, el calibre del magnetotérmico, el número máximo de puntos de utilización, el diámetro del tubo y el tipo de toma. Todas ellas se pueden hallar en una tabla de la ITC-BT-25, que se representa a continuación:

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

Tabla 5.16. Características eléctricas de los circuitos. Fuente: ITC-BT-25

Circuito de utilización	Potencia prevista por toma (W)	Factor simultaneidad Fs	Factor utilización Fu	Tipo de toma ⁽⁷⁾	Interruptor Automático (A)	Máximo nº de puntos de utilización o tomas por circuito	Conductores sección mínima mm ² ⁽⁵⁾	Tubo o conducto Diámetro mm ⁽³⁾
C ₁ Iluminación	200	0,75	0,5	Punto de luz ⁽⁹⁾	10	30	1,5	16
C ₂ Tomas de uso general	3.450	0,2	0,25	Base 16A 2p+T	16	20	2,5	20
C ₃ Cocina y horno	5.400	0,5	0,75	Base 25 A 2p+T	25	2	6	25
C ₄ Lavadora, lavavajillas y termo eléctrico	3.450	0,66	0,75	Base 16A 2p+T combinadas con fusibles o interruptores automáticos de 16 A ⁽⁸⁾	20	3	4 ⁽⁶⁾	20
C ₅ Baño, cuarto de cocina	3.450	0,4	0,5	Base 16A 2p+T	16	6	2,5	20
C ₈ Calefacción	⁽²⁾	---	---	---	25	---	6	25
C ₉ Aire acondicionado	⁽²⁾	---	---	---	25	---	6	25
C ₁₀ Secadora	3.450	1	0,75	Base 16A 2p+T	16	1	2,5	20
C ₁₁ Automatización	⁽⁴⁾	---	---	---	10	---	1,5	16

(1) La tensión considerada es de 230 V entre fase y neutro.

(2) La potencia máxima permisible por circuito será de 5.750 W

(3) Diámetros externos según ITC-BT 19

(4) La potencia máxima permisible por circuito será de 2.300 W

(5) Este valor corresponde a una instalación de dos conductores y tierra con aislamiento de PVC bajo tubo empotrado en obra, según tabla 1 de ITC-BT-19. Otras secciones pueden ser requeridas para otros tipos de cable o condiciones de instalación

(6) En este circuito exclusivamente, cada toma individual puede conectarse mediante un conductor de sección 2,5 mm² que parta de una caja de derivación del circuito de 4 mm².

(7) Las bases de toma de corriente de 16 A 2p+T serán fijas del tipo indicado en la figura C2a y las de 25 A 2p+T serán del tipo indicado en la figura ESB 25-5A, ambas de la norma UNE 20315.

(8) Los fusibles o interruptores automáticos no son necesarios si se dispone de circuitos independientes para cada aparato, con interruptor automático de 16 A en cada circuito. el desdoblamiento del circuito con este fin no supondrá el paso a electrificación elevada ni la necesidad de disponer de un diferencial adicional.

(9) El punto de luz incluirá conductor de protección.

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

Además, en la ITC-BT-25, también se fijan los puntos de utilización mínimos que debe tener cada estancia de la vivienda. Estos se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 5.17. Puntos de utilización mínimos de cada estancia de la vivienda. Fuente: ITC-BT-25

Estancia	Circuito	Mecanismo	nº mínimo	Superf./Longitud
Acceso	C ₁	pulsador timbre	1	
Vestíbulo	C ₁	Punto de luz	1	---
	C ₁	Interruptor 10.A	1	---
	C ₂	Base 16 A 2p+T	1	---
Sala de estar o Salón	C ₁	Punto de luz	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)
	C ₁	Interruptor 10 A	1	uno por cada punto de luz
	C ₂	Base 16 A 2p+T	3 ⁽¹⁾	una por cada 6 m ² , redondeado al entero superior
	C ₈	Toma de calefacción	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)
Dormitorios	C ₉	Toma de aire acondicionado	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)
	C ₁	Puntos de luz	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)
	C ₁	Interruptor 10 A	1	uno por cada punto de luz
	C ₂	Base 16 A 2p+T	3 ⁽¹⁾	una por cada 6 m ² , redondeado al entero superior
Baños	C ₈	Toma de calefacción	1	---
	C ₉	Toma de aire acondicionado	1	---
	C ₁	Puntos de luz	1	---
Pasillos o distribuidores	C ₁	Interruptor 10 A	1	---
	C ₁	Puntos de luz	1	uno cada 5 m de longitud
	C ₁	Interruptor/Conmutador 10 A	1	uno en cada acceso
Cocina	C ₂	Base 16 A 2p + T	1	hasta 5 m (dos si L > 5 m)
	C ₈	Toma de calefacción	1	---
	C ₁	Puntos de luz	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)
	C ₁	Interruptor 10 A	1	uno por cada punto de luz
	C ₂	Base 16 A 2p + T	2	extractor y frigorífico
	C ₃	Base 25 A 2p + T	1	cocina/horno
	C ₄	Base 16 A 2p + T	3	lavadora, lavavajillas y termo
C ₅	Base 16 A 2p + T	3 ⁽²⁾	encima del plano de trabajo	
Terrazas y Vestidores	C ₈	Toma calefacción	1	---
	C ₁₀	Base 16 A 2p + T	1	secadora
Garajes unifamiliares y Otros	C ₁	Puntos de luz	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)
	C ₁	Interruptor 10 A	1	uno por cada punto de luz
	C ₂	Base 16 A 2p + T	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)

⁽¹⁾ En donde se prevea la instalación de una toma para el receptor de TV, la base correspondiente deberá ser múltiple, y en este caso se considerará como una sola base a los efectos del número de puntos de utilización de la tabla 1.

⁽²⁾ Se colocarán fuera de un volumen delimitado por los planos verticales situados a 0,5 m del fregadero y de la encimera de cocción o cocina

Aspectos a tener en cuenta: (Asunción León Blasco, 2013)

- La toma de corriente para el microondas pertenece al circuito C5.
- La toma de corriente para una bañera de hidromasaje pertenece al circuito C5.
- Un punto de luz es un punto de utilización del circuito de alumbrado con un interruptor independiente.
- El circuito C4 se puede dividir en dos o tres circuitos independientes sin necesidad de pasar a electrificación elevada.
- Los circuitos C1, C2 y C5 se pueden dividir en dos o más circuitos independientes sin necesidad de pasar a electrificación elevada, siempre que se respete el número máximo de puntos de utilización.
- El timbre no se tiene en cuenta como punto de utilización en el circuito C1.
- Si se disponen de varias tomas de corriente para el receptor de televisión, se va a considerar como un solo punto de utilización hasta un máximo de 4.

5.5.4 Conductores y sistemas de instalación.

En la ITC-BT-26 se expone que los conductores activos de la instalación eléctrica han de ser de cobre, aislados y con una tensión asignada mínima de 450/750 V. Mientras que, los conductores de protección deben ser de cobre, con el mismo aislamiento que los conductores activos y deben ir instalados por la misma canalización que estos últimos. Además, y según lo indicado en la ITC-BT-19, para las secciones habituales de los conductores de fase de las instalaciones interiores de vivienda ($S < 16 \text{ mm}^2$), la sección del conductor de protección va a ser la misma.

Teniendo en cuenta lo visto en el apartado 5.2, los cables más utilizados en vivienda interiores son los siguientes: H07V-U, H07V-R y H07V-K.

En cuanto a la identificación de los conductores respecta, estos deben ser fácilmente identificables debido a los colores que presentan sus aislamientos:

Tabla 5.18. Colores de identificación de los conductores. Fuente: Elaboración propia

Conductor	Color
De protección	Amarillo-verde
Neutro	Azul claro
De fase	Marrón
	Negro
	Gris

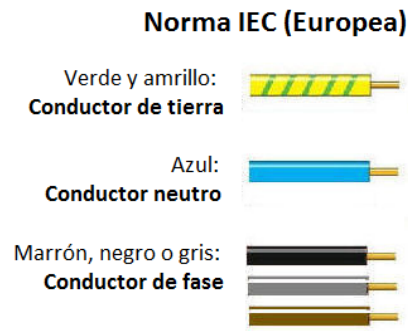


Ilustración 5.20. Colores de identificación de los conductores. Fuente: IEC

De entre todos los sistemas de instalación posibles vistos en el apartado 5.2.3, en la ITC-BT-26 se fijan los permitidos en viviendas:

Tabla 5.19. Sistemas de instalación posibles en viviendas. Fuente: ITC-BT-26

Instalaciones empotradas	Instalaciones superficiales
✓ Cables aislados bajo tubo flexible	✓ Cables aislados bajo tubo curvable
✓ Cables aislados bajo tubo curvable	✓ Cables aislados bajo canales protectoras cerradas
	✓ Canalizaciones prefabricadas

Además, en las instalaciones interiores se deben tener en cuenta algunas condiciones generales que vienen declaradas en la ITC-BT-26:

- No se debe utilizar un mismo conductor neutro para varios circuitos.
- Las tomas de corriente en una misma estancia deben estar conectadas a la misma fase.
- Todo conductor debe poder seccionarse en cualquier punto de la instalación en el que se realice una derivación del mismo.

5.5.5 Cálculo de la sección de los conductores

Como ya se ha explicado en el apartado 5.3, las instalaciones interiores de vivienda deben satisfacer los criterios de intensidad máxima admisible y caída de tensión máxima.

En cuanto al criterio de intensidad máxima admisible respecta, en la tabla 5.16 se establece el calibre del magnetotérmico de cada circuito. Este valor se puede hallar a partir de la siguiente expresión:

$$I = n \cdot I_a \cdot F_s \cdot F_u$$

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

Dónde: I: Intensidad de diseño

F_s : Factor de simultaneidad

F_u : Factor de uso

I_a : Intensidad prevista por toma. Se calcula como: $I_a = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi}$

Por otro lado, en la tabla 5.16 también se fija la sección mínima de los conductores para cada circuito. Estos valores se obtienen a partir de la tabla 5.4, teniendo en cuenta que la intensidad nominal del magnetotérmico es la intensidad de funcionamiento, para una instalación de dos conductores y tierra con cable multiconductor con aislamiento de PVC bajo tubo empotrado en obra; es decir, fila B2, columna 4.

En cuanto al segundo criterio respecta, el REBT impone que la caída máxima de tensión en un circuito de una vivienda es del 3 %, teniendo en cuenta que:

- La intensidad de servicio es la intensidad nominal del magnetotérmico ($I = I_{n \text{ magnetotérmico}}$)
- La distancia es la correspondiente al punto de uso más alejado del circuito.

A partir de la expresión del cálculo de sección para líneas monofásicas obtenida en apartado 5.3.2.2:

$$S = 2 \cdot \frac{P \cdot L \cdot \rho_{\theta \text{ máx}}}{e \cdot V}$$

se puede obtener el máximo valor de la longitud para estas condiciones:

- $V = 230 \text{ V}$
- Caída de tensión máxima (3 %): $e = 0,03 \cdot V$
- Temperatura máxima de servicio para un aislamiento PVC (se puede hallar en la tabla 5.3), lo que implica un valor de resistividad: $\rho_{70^\circ \text{C}} = 0,021 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- Se escoge el máximo factor de potencia ($\cos \varphi = 1$), con lo que: $P = V \cdot I_n$

Entonces, si se despeja la ecuación anterior para obtener la longitud máxima:

$$L_{\text{max}} = \frac{S \cdot e \cdot V}{2 \cdot P \cdot \rho_{70^\circ \text{C}}} = \frac{1150}{7} \cdot \frac{S}{I_n}$$

5.5.6 Cálculo de la sección de los tubos

En la tabla 5.16 también se puede observar el diámetro mínimo de los tubos para cada circuito, bajo la condición de que por su interior pasen tres conductores (fase, neutro y de protección) y su sección sea la impuesta en la misma tabla. Estos valores se han hallado de la instrucción ITC-BT-21, que se simplifica a continuación:

En el caso de tubos en canalizaciones fijas en superficie:

Tabla 5.20. Diámetro de tubos en canalizaciones fijas en superficie. Fuente: ITC-BT-21

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	--
185	50	63	75	--	--
240	50	75	--	--	--

En el caso de tubos en canalizaciones empotradas:

Tabla 5.21. Diámetro de tubos en canalizaciones empotradas. Fuente: ITC-BT-21

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50
50	32	40	50	50	63
70	32	50	63	63	63
95	40	50	63	75	75
120	40	63	75	75	--
150	50	63	75	--	--
185	50	75	--	--	--
240	63	75	--	--	--

5.5.7 Cuadro de mando y protección

Según la ITC-BT-17, el cuadro general de distribución se ubica junto a la puerta de entrada a la vivienda, lo más cercano posible de la derivación individual, a una altura comprendida entre 1,4 y 2 metros.

Se compone de los dispositivos generales e individuales de mando y protección necesarios para proteger la vivienda de sobrecorrientes, contactos indirectos y, si fuera necesario, de sobretensiones. Estos dispositivos se deben seleccionar siguiendo unas condiciones que se han explicado en el apartado 5.4. Adicionalmente, también se va a instalar un interruptor de control de potencia.

Por tanto, el cuadro general de distribución dispone de los siguientes dispositivos:

- Interruptor de Control de Potencia (ICP).
No está considerado como una protección, ya que lo que realiza es controlar que la potencia consumida sea inferior a la contratada. Se coloca en un compartimento independiente, anterior a los dispositivos generales de mando y protección, que se podrá ubicar dentro del cuadro. (ITC-BT-17)
- Dispositivos Generales de Mando y Protección.
 - Interruptor General Automático (IGA).

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

De corte omnipolar con accionamiento manual, de I_n mínima 25 A y poder de corte mínimo 4,5 kA. Debe proteger frente a sobrecargas y cortocircuitos. (ITC-BT-25)

- Limitadores de Sobretensión.

Si fuera necesario, se van a disponer de acuerdo a la ITC-BT-23.

- Interruptor Diferencial (ID).

Se va a instalar un diferencial por cada 5 circuitos, con una sensibilidad de 30 mA y debiendo estar protegido frente a sobrecorrientes por un magnetotérmico (IGA). En el caso de que haya más de 5 circuitos, se deben colocar dos diferenciales, y a pesar de que no sea necesario, se recomienda instalar un diferencial general en serie de intensidad superior a 30 mA (ITC-BT-25).

- Pequeños Interruptores Automáticos (PIAs)

Cada circuito debe estar protegido por un interruptor automático de corte omnipolar, con accionamiento manual y dispositivo de protección frente a sobrecargas y cortocircuitos (ITC-BT-25).

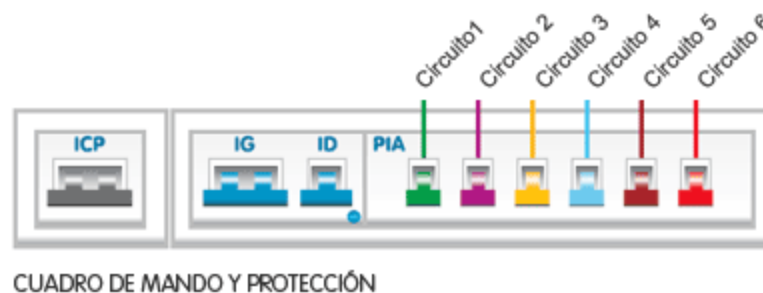


Ilustración 5.21. Cuadro de mando y protección. Fuente: Tecnologías CP

5.5.8 Sistema de puesta a tierra

La ITC-BT-18 establece que la puesta a tierra es la unión eléctrica directa de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo, mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo. Mediante el sistema de puesta a tierra se debe conseguir que el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima al terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de falta.

La puesta a tierra está compuesta por 2 partes:

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

➤ Tomas de tierra.

Es la parte de la instalación encargada de canalizar, absorber y disipar en el terreno las corrientes de falta u origen atmosférico. (Uriondo, 2019)

Se diferencian 4 elementos:

- Terreno.
- Electrodo (picas, placas y conductores enterrados).
- Línea de enlace con tierra.
- Punto de puesta a tierra.

➤ Instalación de tierra.

Instalación que discurre paralela a la instalación normal. (Uriondo, 2019)

- Línea principal de tierra.
- Línea secundaria de tierra.
- Conductores de protección (como se ha dicho anteriormente se dimensionan igual que los conductores activos, debido a que las secciones de los circuitos interiores de viviendas son menores que 16 mm²).

Según la ITC-BT-26 se deben conectar a tierra:

- Las masas metálicas importantes existentes en la zona de instalación
- Las masas metálicas accesibles de los aparatos receptores
- Las instalaciones de calefacción
- Las instalaciones de agua
- Las instalaciones de gas
- Las antenas de radio y televisión

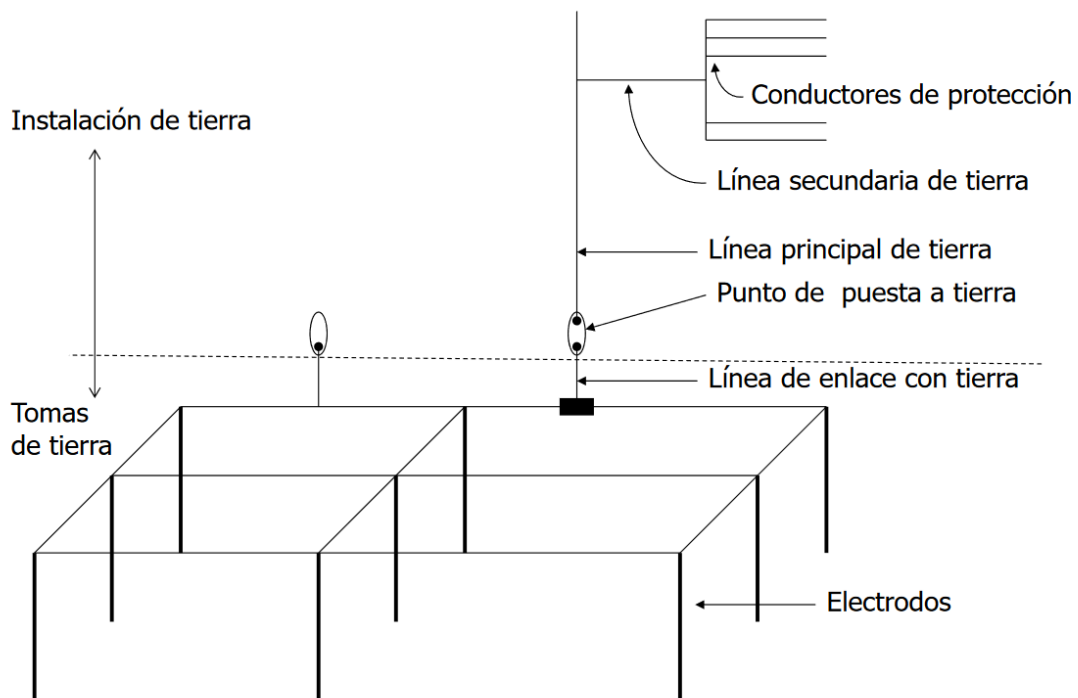


Ilustración 5.22. Sistema de puesta a tierra. Fuente: Tecnología eléctrica UPV (Felipe Uriondo)

5.5.9 Locales que contienen una bañera o ducha

La ITC-BT-27 es una prescripción que se aplica a todas las instalaciones interiores de viviendas que contienen una bañera o una ducha.

En dicha instrucción se puede observar una clasificación de volúmenes, que discurre desde el 0 hasta el 3, siendo el 0 el que menos superficie ocupa y el 3 el que más. Cada volumen posee unas características definidas que se van a observar en la siguiente tabla:

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

Tabla 5.22. Características de cada volumen. Fuente: ITC-BT-27

	Grado de Protección	Cableado	Mecanismos⁽²⁾	Otros aparatos fijos⁽³⁾
Volumen 0	IPX7	Limitado al necesario para alimentar los aparatos eléctricos fijos situados en este volumen	No permitida	Aparatos que únicamente pueden ser instalados en el volumen 0 y deben ser adecuados a las condiciones de este volumen
Volumen 1	IPX4 IPX2, por encima del nivel más alto de un difusor fijo. IPX5, en equipo eléctrico de bañeras de hidromasaje y en los baños comunes en los que se puedan producir chorros de agua durante la limpieza de los mismos ⁽¹⁾ .	Limitado al necesario para alimentar los aparatos eléctricos fijos situados en los volúmenes 0 y 1	No permitida, con la excepción de interruptores de circuitos MBTS alimentados a una tensión nominal de 12V de valor eficaz en alterna o de 30V en continua, estando la fuente de alimentación instalada fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.	Aparatos alimentados a MBTS no superior a 12 V ca ó 30 V cc Calentadores de agua, bombas de ducha y equipo eléctrico para bañeras de hidromasaje que cumplan con su norma aplicable, si su alimentación está protegida adicionalmente con un dispositivo de protección de corriente diferencial de valor no superior a los 30 mA, según la norma UNE 20.460 -4-41.
Volumen 2	IPX4 IPX2, por encima del nivel más alto de un difusor fijo. IPX5, en los baños comunes en los que se puedan producir chorros de agua durante la limpieza de los mismos ⁽¹⁾ .	Limitado al necesario para alimentar los aparatos eléctricos fijos situados en los volúmenes 0, 1 y 2, y la parte del volumen 3 situado por debajo de la bañera o ducha.	No permitida, con la excepción de interruptores o bases de circuitos MBTS cuya fuente de alimentación este instalada fuera de los volúmenes 0, 1 y 2. Se permiten también la instalación de bloques de alimentación de afeitadoras que cumplan con la UNE-EN 60.742 o UNE-EN 61558-2-5	Todos los permitidos para el volumen 1. Luminarias, ventiladores, calefactores, y unidades móviles para bañeras de hidromasaje que cumplan con su norma aplicable, si su alimentación está protegida adicionalmente con un dispositivo de protección de corriente diferencial de valor no superior a los 30 mA, según la norma UNE 20.460 -4-41.
Volumen 3	IPX5, en los baños comunes, cuando se puedan producir chorros de agua durante la limpieza de los mismos.	Limitado al necesario para alimentar los aparatos eléctricos fijos situados en los volúmenes 0, 1, 2 y 3.	Se permiten las bases sólo si están protegidas bien por un transformador de aislamiento; o por MBTS; o por un interruptor automático de la alimentación con un dispositivo de protección por corriente diferencial de valor no superior a los 30 mA, todos ellos según los requisitos de la norma UNE 20.460 -4-41.	Se permiten los aparatos sólo si están protegidos bien por un transformador de aislamiento; o por MBTS; o por un dispositivo de protección de corriente diferencial de valor no superior a los 30 mA, todos ellos según los requisitos de la norma UNE 20.460 -4-41.

⁽¹⁾: Los baños comunes comprenden los baños que se encuentran en escuelas, fábricas, centros deportivos, etc. e incluyen todos los utilizados por el público en general.

⁽²⁾: Los cordones aislantes de interruptores de tirador están permitidos en los volúmenes 1 y 2, siempre que cumplan con los requisitos de la norma UNE-EN 60.669 -1.

⁽³⁾: Los calefactores bajo suelo pueden instalarse bajo cualquier volumen siempre y cuando debajo de estos volúmenes estén cubiertos por una malla metálica puesta a tierra o por una cubierta metálica conectada a una conexión equipotencial local suplementaria según el apartado 2.2.

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

Cada diseño de baño posee unas diferencias en los volúmenes, por eso, en la ITC-BT-27 se fijan figuras de los diferentes casos posibles. Dichas figuras son las siguientes:

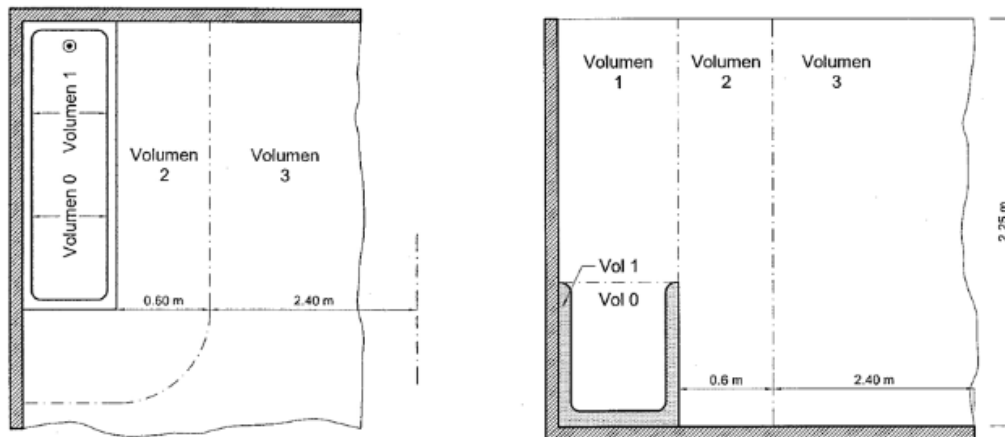


Ilustración 5.23. Bañera. Fuente: ITC-BT-27

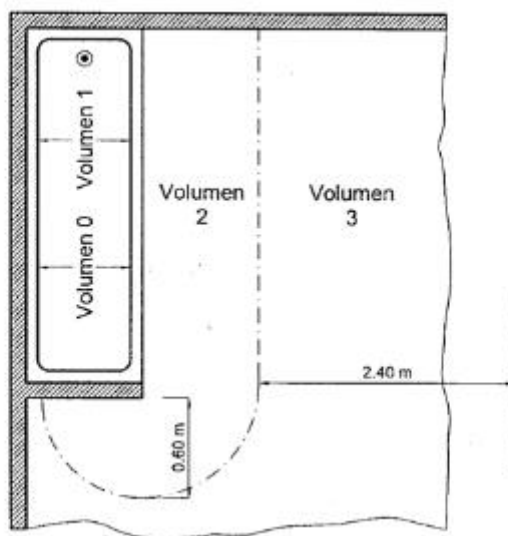


Ilustración 5.24. Bañera con pared fija. Fuente: ITC-BT-27

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

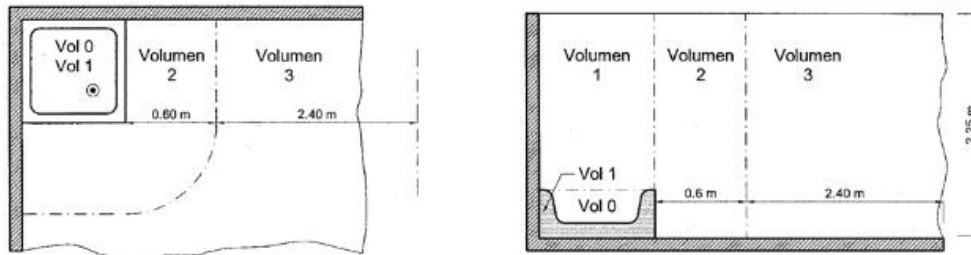


Ilustración 5.25. Ducha. Fuente: ITC-BT-27

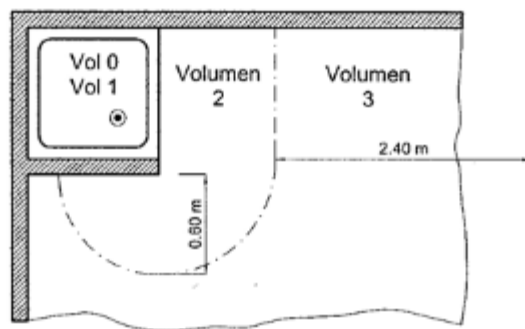


Ilustración 5.26. Ducha con pared fija. Fuente: ITC-BT-27

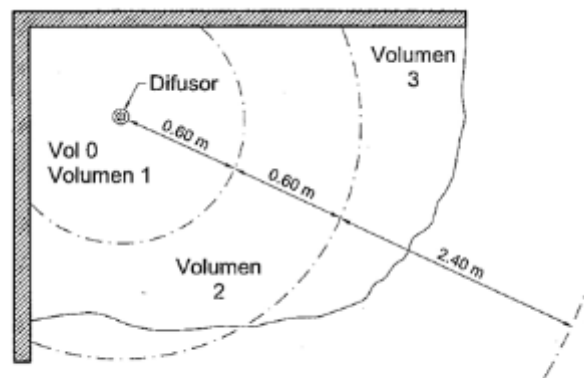


Ilustración 5.27. Ducha sin plato. Fuente: ITC-BT-27

6 DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA.

6.1 Emplazamiento

El domicilio seleccionado se ubica en un edificio de viviendas en el municipio de Bilbao, concretamente en el distrito de Sarriko. Se encuentra situado en la planta tercera y cuenta con una superficie construida de 124 m², de los cuáles, el área útil es 108,8 m².

En la siguiente imagen tomada de Google Maps se puede observar la ubicación exacta:

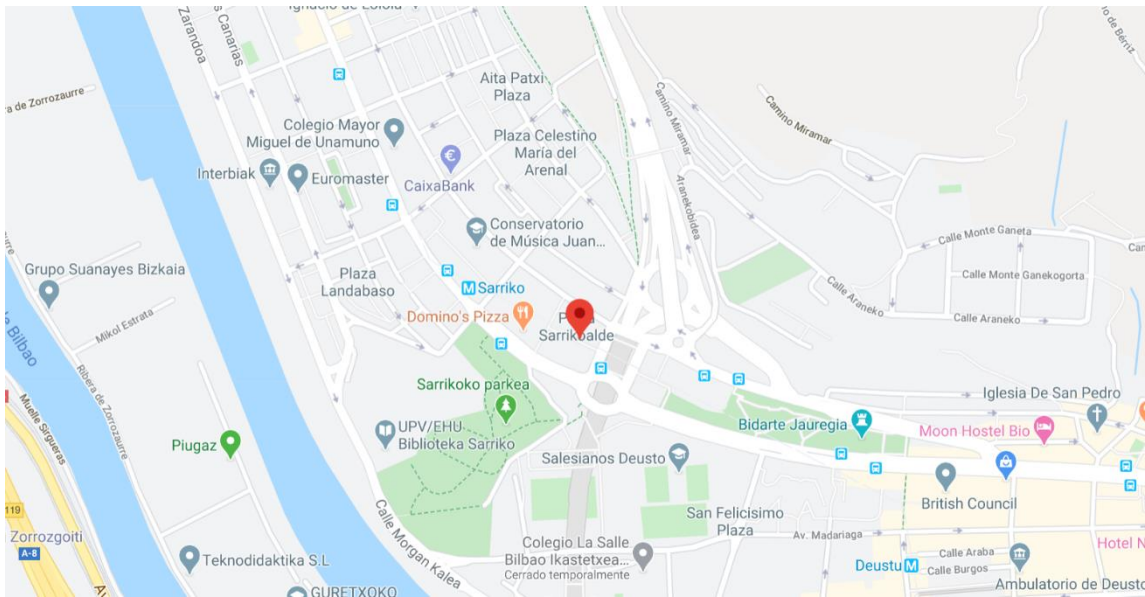


Ilustración 6.1. Emplazamiento de la vivienda. Fuente: Google Maps

6.2 Antecedentes

La fecha de construcción de la vivienda data de 1995, y es por ello que debido a la antigüedad que presenta toda la instalación eléctrica sea necesaria una reforma, que se adapte a los nuevos requisitos que presenta el REBT.

Otro motivo por el cual se quiere hacer un cambio en el montaje eléctrico, es porque se quiere pasar de una calefacción de gas natural a una calefacción eléctrica. Esto se debe, a que hoy en día las energías renovables representan un porcentaje más alto en la generación de electricidad, y es por ello que se puede considerar que la electricidad cada año es una energía más limpia.

Por otro lado, no se precisa el uso del circuito de aire acondicionado debido a que la situación meteorológica de la zona no presenta grandes temperaturas.

Por todas estas razones, se va a rediseñar la instalación eléctrica de la vivienda seleccionada.

6.3 Suministro eléctrico

La energía eléctrica la facilita la empresa suministradora, que, en este caso, es Iberdrola S.A., por medio de la derivación individual que sale de los contadores centralizados del edificio. La electricidad se proporciona en corriente alterna monofásica con neutro, con una tensión entre fase y neutro de 230 V, y a una frecuencia de 50 hz.

6.4 Vivienda

La vivienda se establece con un grado de electrificación elevado debido a que como dice la ITC-BT-10, se prevé el uso de calefacción eléctrica, y la previsión de uso de aparatos electrodomésticos es superior a la electrificación básica.

El plano de la vivienda se puede observar en el anexo 2, pero a continuación se va a analizar cada estancia por separado para ver si se cumplen las prescripciones mínimas.

El plano se ha realizado por medio de la ayuda del programa AUTOCAD.

6.4.1 Vestíbulo

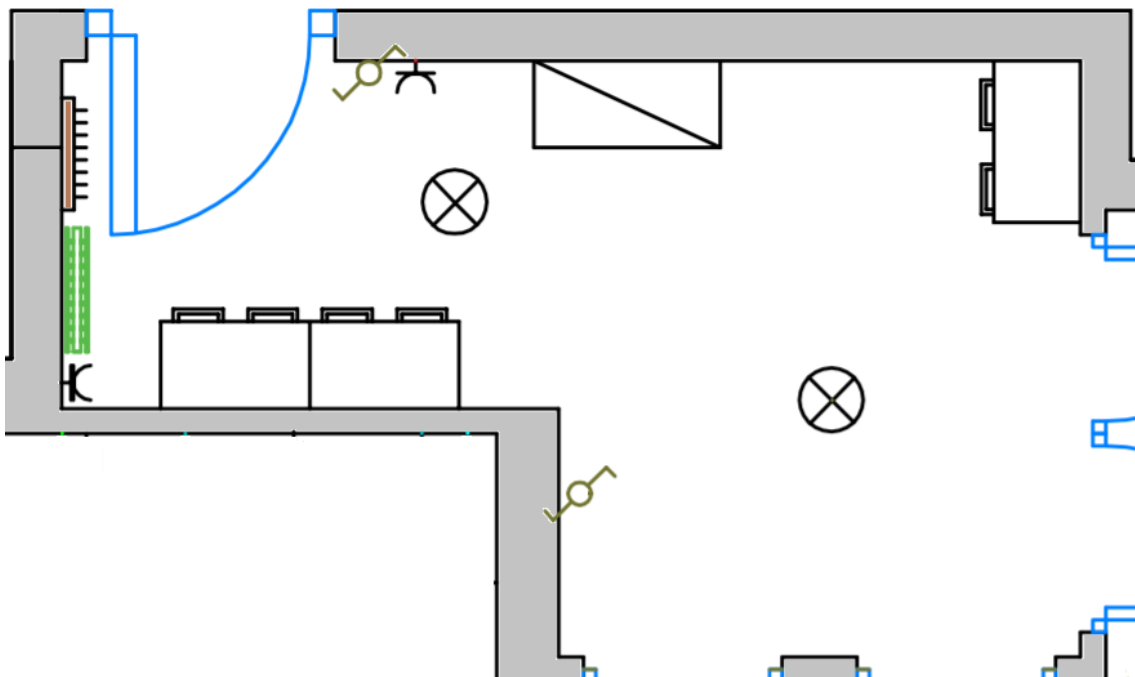


Ilustración 6.2. Plano de planta del vestíbulo. Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la imagen anterior, el vestíbulo dispone de 7.9 m² y los puntos de utilización que posee son los siguientes:

6.4.3 Cocina

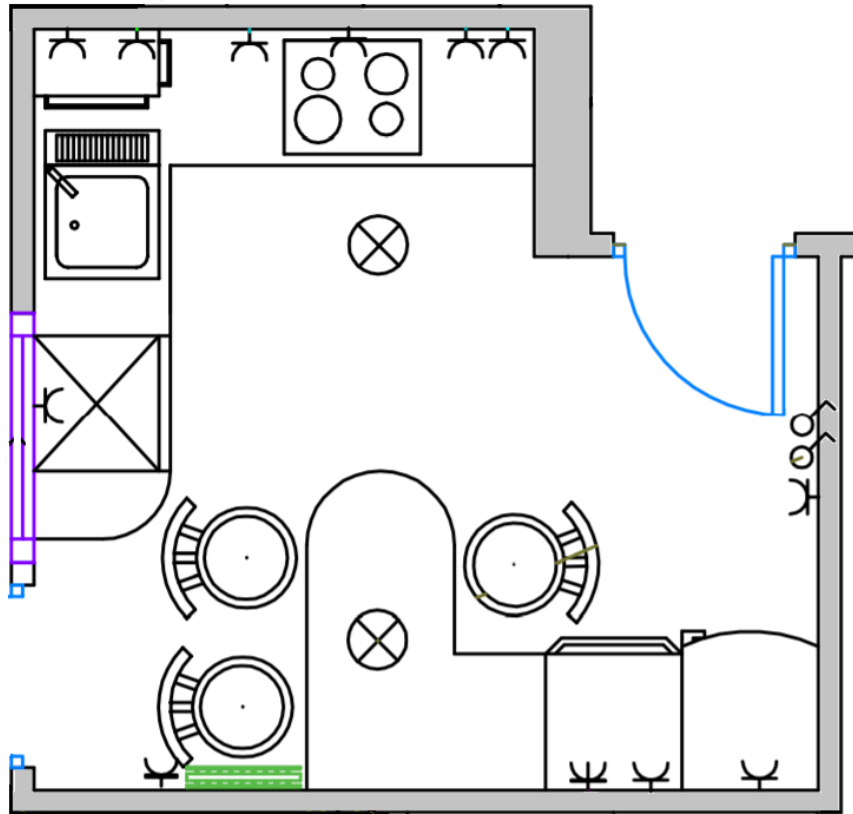


Ilustración 6.4. Plano de planta de la cocina. Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la imagen anterior, la cocina dispone de un área de 10.3 m² y los puntos de utilización que posee son los siguientes:

Tabla 6.3. Circuitos de la cocina. Fuente: Elaboración propia

Circuito	Mecanismo	Número
C1	Punto de luz	2
	Interruptor de 10 A	2
C2	Base de 16 A (2P+T)	3 (extractor, frigorífico y TV)
C3	Base de 25 A (2P+T)	1 (horno)
C4	Base de 16 A (2P+T)	3 (lavadora, lavavajillas y termo)
C5	Base de 16 A (2P+T)	3
C8	Toma de calefacción	1
C10	Base de 16 A (2P+T)	1 (secadora)

6.4.4 Dormitorio 1

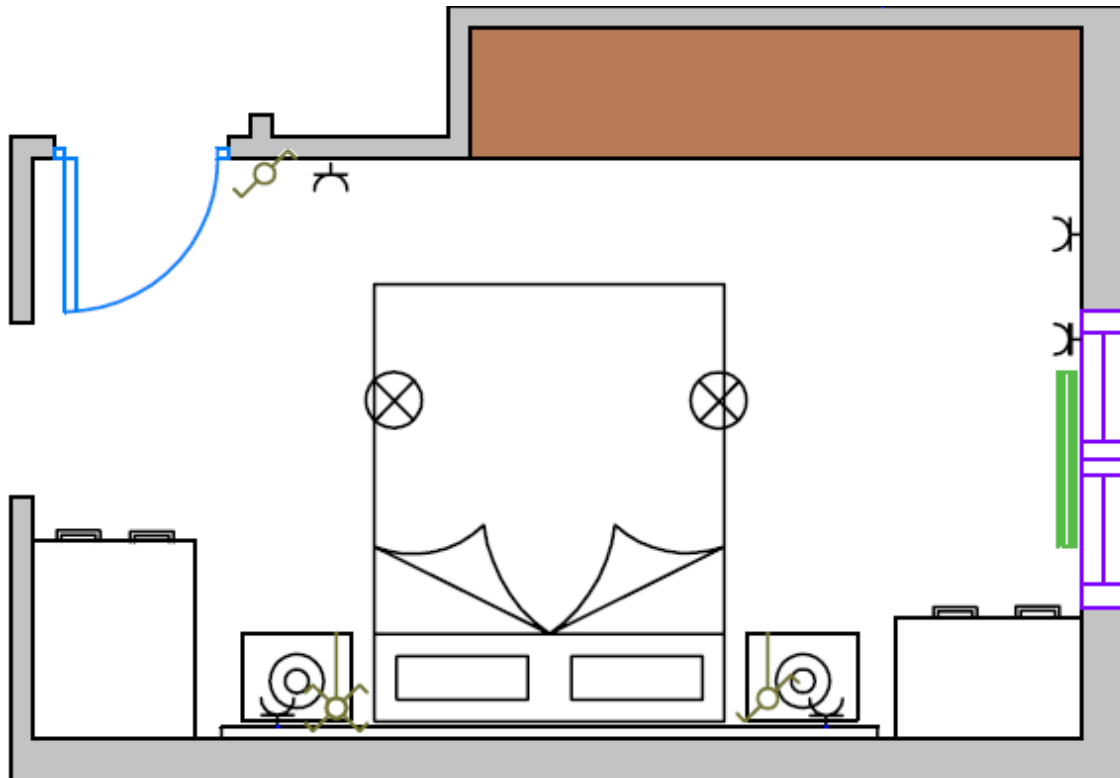


Ilustración 6.5. Plano de planta del dormitorio 1. Fuente: Elaboración propia

El dormitorio 1 dispone de 14.3 m² y está compuesto por los siguientes puntos de uso:

Tabla 6.4. Circuitos del dormitorio 1. Fuente: Elaboración propia

Circuito	Mecanismo	Número
C1	Punto de luz	2
	Interruptor de 10 A	3
C2	Base de 16 A (2P+T)	1
C7	Base de 16 A (2P+T)	3
C8	Toma de calefacción	1

6.4.5 Dormitorio 2

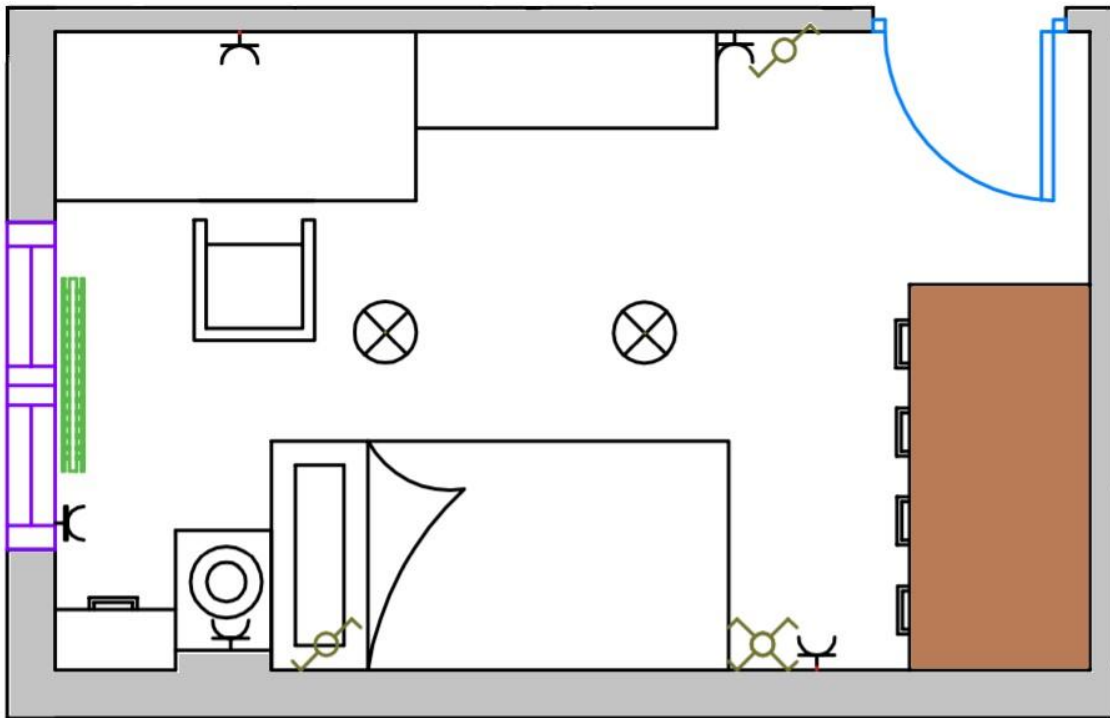


Ilustración 6.6. Plano de planta del dormitorio 2. Fuente: Elaboración propia

El dormitorio 2 dispone de 11.3 m² y está compuesto por los siguientes puntos de uso:

Tabla 6.5. Circuitos del dormitorio 2. Fuente: Elaboración propia

Circuito	Mecanismo	Número
C1	Punto de luz	2
	Interruptor de 10 A	3
C2	Base de 16 A (2P+T)	4
C8	Toma de calefacción	1

6.4.6 Dormitorio 3

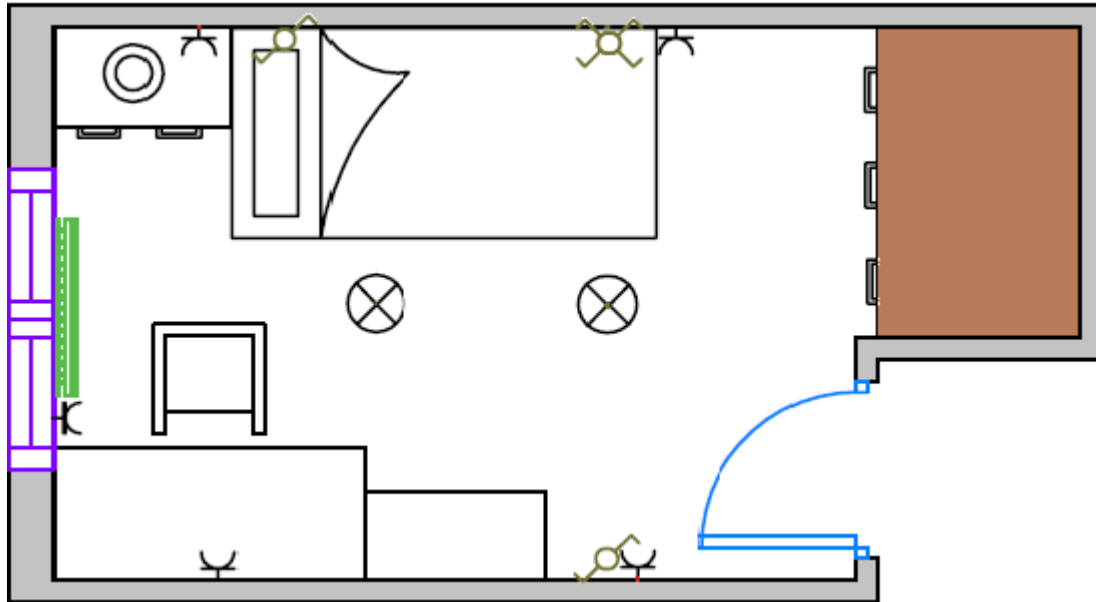


Ilustración 6.7. Plano de planta del dormitorio 3. Fuente: Elaboración propia

El dormitorio 3 dispone de 10.4 m² y está compuesto por los siguientes puntos de uso:

Tabla 6.6. Circuitos del dormitorio 3. Fuente: Elaboración propia

Circuito	Mecanismo	Número
C1	Punto de luz	2
	Interruptor de 10 A	3
C2	Base de 16 A (2P+T)	4
C8	Toma de calefacción	1

6.4.8 Baño 1

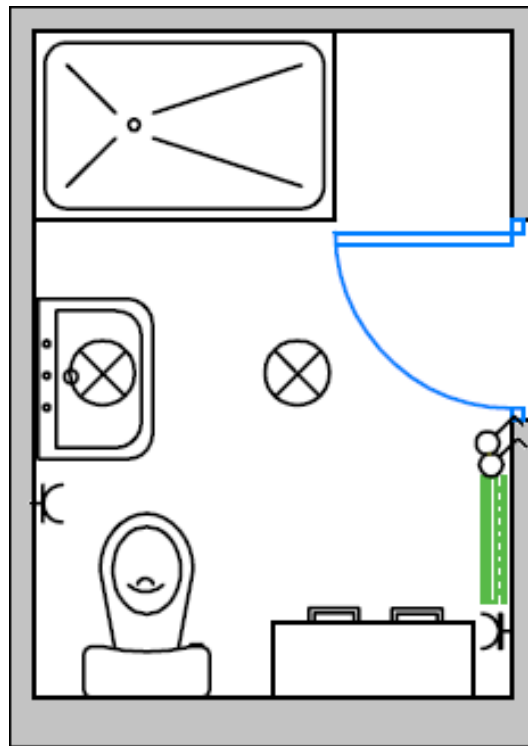


Ilustración 6.9. Plano de planta del baño 1. Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la imagen anterior, el baño 1 dispone de un área de 4.9 m² y los puntos de utilización que posee son los siguientes:

Tabla 6.8. Circuitos del baño 1. Fuente: Elaboración propia

Circuito	Mecanismo	Número
C1	Punto de luz	2
	Interruptor de 10 A	2
C5	Base de 16 A (2P+T)	1
C8	Toma de calefacción	1

6.4.9 Baño 2

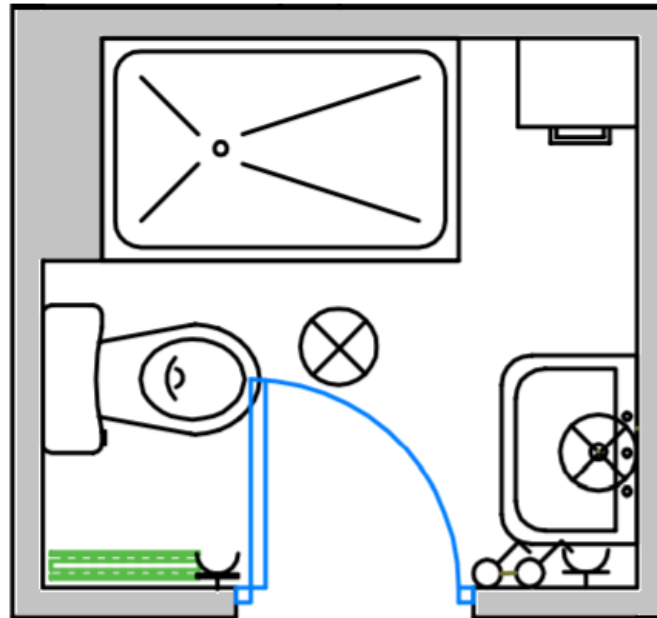


Ilustración 6.10. Plano de planta del baño 2. Fuente: Elaboración propia

El baño 2 dispone de un área de 3.5 m² y los puntos de utilización que posee son los siguientes:

Tabla 6.9. Circuitos del baño 2. Fuente: Elaboración propia

Circuito	Mecanismo	Número
C1	Punto de luz	2
	Interruptor de 10 A	2
C5	Base de 16 A (2P+T)	1
C8	Toma de calefacción	1

6.4.10 Pasillo

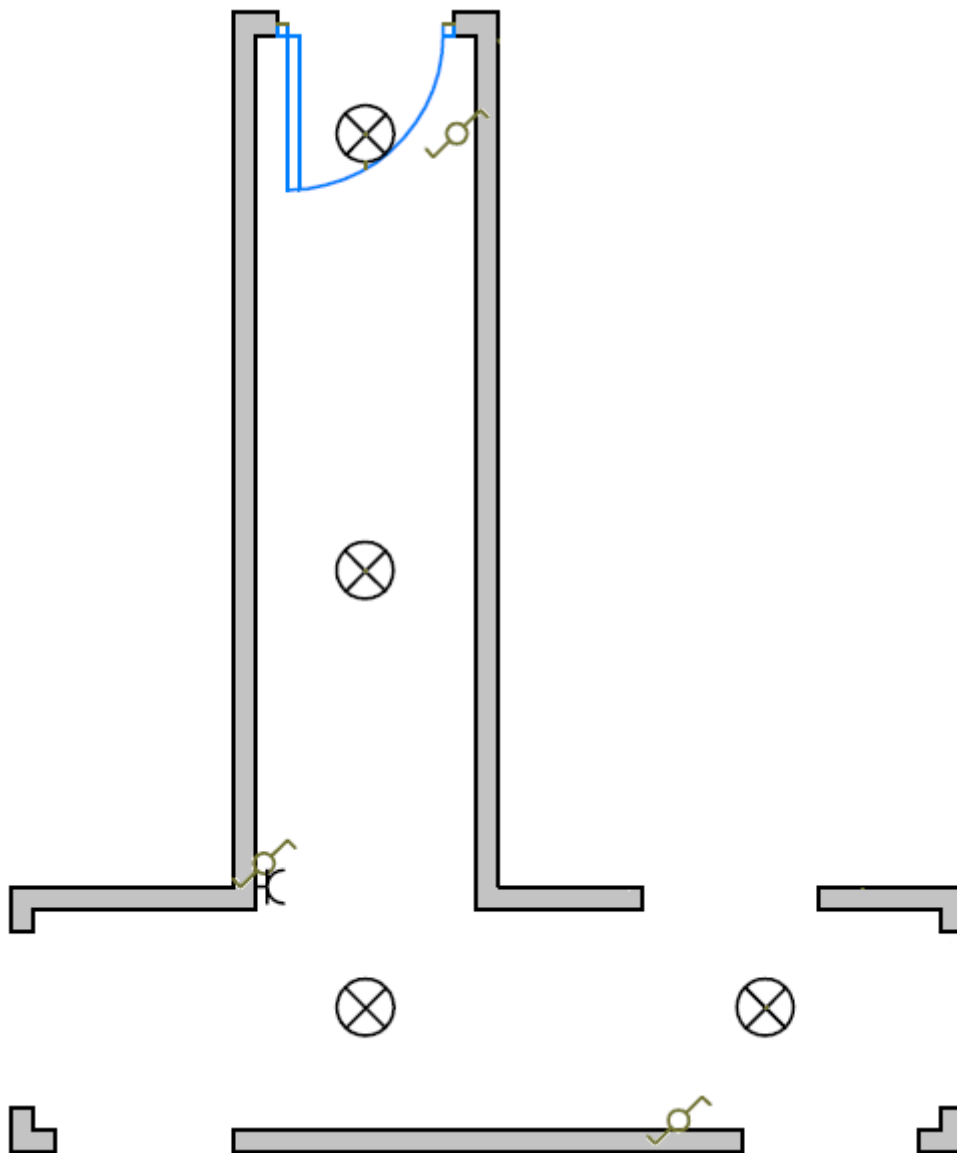


Ilustración 6.11. Plano de planta del pasillo. Fuente: Elaboración propia

El pasillo dispone de un área de 8 m² y está compuesto por los siguientes puntos de uso:

Tabla 6.10. Circuitos del pasillo. Fuente: Elaboración propia

Circuito	Mecanismo	Número
C1	Punto de luz	4
	Interruptor de 10 A	3
C2	Base de 16 A (2P+T)	1
C8	Toma de calefacción	1

6.4.11 Terraza

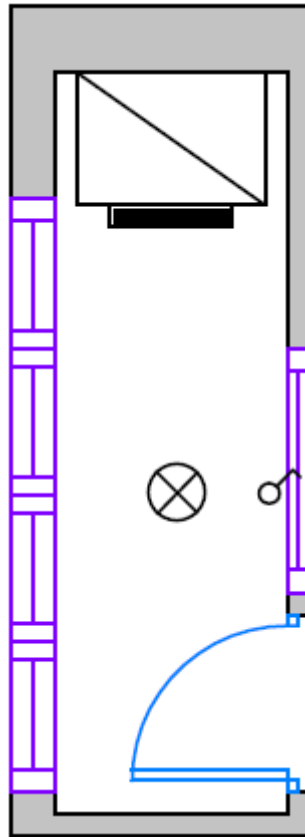


Ilustración 6.12. Plano de planta de la terraza. Fuente: Elaboración propia

En la anterior imagen se puede observar que la terraza ocupa 3.5 m² y dispone de los siguientes puntos de utilización:

Tabla 6.11. Circuitos de la terraza. Fuente: Elaboración propia.

Circuito	Mecanismo	Número
C1	Punto de luz	1
	Interruptor de 10 A	1

6.4.12 Total

En la siguiente tabla se va a poder contemplar todos los puntos de utilización que posee la vivienda en su totalidad:

Tabla 6.12. Circuitos de la vivienda. Fuente: Elaboración propia

Circuito	Mecanismo	Número
C1	Punto de luz	22
	Interruptor de 10 A	24
C2	Base de 16 A (2P+T)	20
C3	Base de 25 A (2P+T)	1
C4	Base de 16 A (2P+T)	3
C5	Base de 16 A (2P+T)	5
C7	Base de 16 A (2P + T)	3
C8	Toma de calefacción	11
C10	Base de 16 A (2P+T)	1

6.5 Cableado

Todos los cables que se van a emplear en la instalación van a ser los H07V-U; es decir, cables conforme a normas armonizadas con tensión asignada 450/750 V, con aislamiento de policloruro de vinilo (PVC), y cuyos conductores de cobre son rígidos (de sección circular), de un solo alambre. En cuanto al comportamiento frente al fuego del cable, se utilizarán los cables no propagadores de incendio y con emisión de humos y opacidad reducida (AS). Al ser la instalación monofásica se disponen 3 conductores (fase, neutro y tierra) con los colores diferenciados como se ha expuesto anteriormente.

Estos cables irán instalados bajo tubo empotrado en obra; es decir, sistema de instalación tipo B.

7 CÁLCULOS EN LOS CIRCUITOS.

7.1 Cálculo de las secciones de los conductores

Circuito 1: Iluminación

Datos de partida: Potencia por toma $P = 200 \text{ W}$

Factor de simultaneidad $F_s = 0,75$

Factor de uso: $F_u = 0,5$

Número de puntos de utilización $n = 22$

Tensión $V = 230 \text{ V}$

Factor de potencia $\cos \varphi = 1$

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

Resistividad del conductor: $\rho_{\theta \text{ máx}} = 0,021 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

Se empieza calculando la intensidad prevista por toma:

$$I_a = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi} = \frac{200}{230 \cdot 1} = 0,869 \text{ A}$$

Posteriormente se obtiene la intensidad del circuito de iluminación:

$$I = n \cdot I_a \cdot F_s \cdot F_u = 22 \cdot 0,869 \cdot 0,75 \cdot 0,5 = 7,1739 \text{ A}$$

Además, también se va a hallar la potencia total del circuito:

$$P_{tot} = n \cdot P \cdot F_s \cdot F_u = 22 \cdot 200 \cdot 0,75 \cdot 0,5 = 1650 \text{ W}$$

Para calcular la sección del conductor se van a utilizar 3 criterios:

1. Criterio de intensidad admisible

Teniendo en cuenta el tipo de conductor y tipo de instalación que se van a emplear (dicho en el apartado 6.5), se entra en la tabla 5.4 y se halla que:

$$\text{Sección } S = 1,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Intensidad máxima admisible } I_{\text{máx}} = 13 \text{ A}$$

2. Criterio de máxima caída de tensión

Se va a comprobar si la sección hallada por el criterio anterior ($S = 1,5 \text{ mm}^2$) posee una caída de tensión menor del 3 %, que es la máxima permitida por reglamento. Para ello, se va a calcular la caída de tensión en cada carga; es decir, en cada punto de iluminación, para lo que se van a emplear estas fórmulas:

$$e = 2 \cdot \frac{P_{tot} \cdot L \cdot \rho_{\theta \text{ máx}}}{S \cdot V}$$

$$v (\%) = \frac{e \cdot 100}{230} < 3 \%$$

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

Tabla 7.1. Cálculo de la caída de tensión del circuito 1. Fuente: Elaboración propia

Circuito 1	L (metros)	e (voltios)	v (%)
Punto de luz 1 Vestíbulo	2,855	0,5735	0,25
Punto de luz 2 Vestíbulo	5,155	1,0355	0,45
Punto de luz 1 Cocina	8,265	1,6602	0,72
Punto de luz 2 Cocina	9,995	2,0077	0,87
Punto de luz 1 Terraza	11,325	2,2748	0,99
Punto de luz 1 Salón	11,635	2,3371	1,02
Punto de luz 2 Salón	10,185	2,0459	0,89
Punto de luz 1 Pasillo	8,345	1,6763	0,73
Punto de luz 2 Pasillo	10,315	2,0720	0,90
Punto de luz 3 Pasillo	12,285	2,4677	1,07
Punto de luz 4 Pasillo	14,085	2,8292	1,23
Punto de luz 1 Dormitorio 1	17,285	3,4720	1,51
Punto de luz 2 Dormitorio 1	18,765	3,7693	1,64
Punto de luz 1 Dormitorio 2	16,525	3,3194	1,44
Punto de luz 2 Dormitorio 2	17,595	3,5343	1,54
Punto de luz 1 Dormitorio 3	16,895	3,3937	1,48
Punto de luz 2 Dormitorio 3	17,925	3,6006	1,57
Punto de luz 1 Dormitorio 4	17,930	3,6016	1,57
Punto de luz 1 Baño 1	19,645	3,9461	1,72
Punto de luz 2 Baño 1	20,425	4,1028	1,78
Punto de luz 1 Baño 2	15,765	3,1667	1,38
Punto de luz 2 Baño 2	16,525	3,3194	1,44

Como se puede observar, se cumple la condición.

3. Reglamento

Como se ha visto con anterioridad en la tabla 5.16 se establece la sección mínima reglamentaria: $S = 1,5 \text{ mm}^2$

4. Sección Total

Por lo tanto, la sección de los conductores será: $S = 1,5 \text{ mm}^2$.

Además, también se puede hallar la longitud máxima a la que se puede alejar para realizar el transporte de potencia, teniendo en cuenta la máxima caída de tensión posible y la sección hallada:

$$L_{m\acute{a}x} = \frac{e \cdot S \cdot V}{2 \cdot P_{tot} \cdot \rho_{\theta} \text{ m}\acute{a}x} = \frac{0,03 \cdot 230 \cdot 1,5 \cdot 230}{2 \cdot 1650 \cdot 0,021} = 34,35 \text{ m}$$

Circuito 2: Tomas de uso general

Datos de partida: Potencia por toma $P = 3450 \text{ W}$

Factor de simultaneidad $F_s = 0,2$

Factor de uso: $F_u = 0,25$

Número de puntos de utilización $n = 20$

Tensión $V = 230 \text{ V}$

Factor de potencia $\cos \varphi = 1$

Resistividad del conductor: $\rho_{\theta \text{ máx}} = 0,021 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

Se empieza calculando la intensidad prevista por toma:

$$I_a = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi} = \frac{3450}{230 \cdot 1} = 15 \text{ A}$$

Posteriormente se obtiene la intensidad del circuito:

$$I = n \cdot I_a \cdot F_s \cdot F_u = 20 \cdot 15 \cdot 0,2 \cdot 0,25 = 15 \text{ A}$$

Además, también se va a hallar la potencia total del circuito:

$$P_{tot} = n \cdot P \cdot F_s \cdot F_u = 20 \cdot 3450 \cdot 0,2 \cdot 0,25 = 3450 \text{ W}$$

Para calcular la sección del conductor se van a utilizar 3 criterios:

1. Criterio de intensidad admisible

Teniendo en cuenta el tipo de conductor y tipo de instalación que se van a emplear (dicho en el apartado 6.5), se entra en la tabla 5.4 y se halla que:

$$\text{Sección } S = 2,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Intensidad máxima admisible } I_{\text{máx}} = 17,5 \text{ A}$$

2. Criterio de máxima caída de tensión

Se va a comprobar si la sección hallada por el criterio anterior ($S = 2,5 \text{ mm}^2$) posee una caída de tensión menor del 3 %, que es la máxima permitida por reglamento. Para ello, se va a calcular la caída de tensión en cada carga; es decir, en cada punto de iluminación, para lo que se van a emplear estas fórmulas:

$$e = 2 \cdot \frac{P_{tot} \cdot L \cdot \rho_{\theta \text{ máx}}}{S \cdot V}$$

$$v (\%) = \frac{e \cdot 100}{230} < 3 \%$$

Tabla 7.2. Cálculo de la caída de tensión del circuito 2. Fuente: Elaboración propia

Circuito 2	L (metros)	e (voltios)	v (%)
Toma 1 Vestíbulo	5,090	1,2827	0,56
Toma 1 Cocina	4,810	1,2121	0,53
Toma 2 Cocina	8,620	2,1722	0,94
Toma 3 Cocina	9,990	2,5175	1,09
Toma 1 Salón	12,010	3,0265	1,32
Toma 2 Salón	12,200	3,0744	1,34
Toma 3 Salón	12,620	3,1802	1,38
Toma 4 Salón	17,690	4,4579	1,94
Toma 1 Pasillo	12,410	3,1273	1,36
Toma 1 Dormitorio 1	17,080	4,3042	1,87
Toma 1 Dormitorio 2	14,990	3,7775	1,64
Toma 2 Dormitorio 2	17,040	4,2941	1,87
Toma 3 Dormitorio 2	16,770	4,2260	1,84
Toma 4 Dormitorio 2	19,210	4,8409	2,10
Toma 1 Dormitorio 3	11,840	2,9837	1,30
Toma 2 Dormitorio 3	13,980	3,5230	1,53
Toma 3 Dormitorio 3	14,790	3,7271	1,62
Toma 4 Dormitorio 3	16,670	4,2008	1,83
Toma 1 Dormitorio 4	12,870	3,2432	1,41
Toma 2 Dormitorio 4	17,670	4,4528	1,94

Como se puede observar, se cumple la condición.

3. Reglamento

Como se ha visto con anterioridad en la tabla 5.16 se establece la sección mínima reglamentaria: $S = 2,5 \text{ mm}^2$

4. Sección Total.

Por lo tanto, la sección de los conductores será: $S = 2,5 \text{ mm}^2$.

Además, también se puede hallar la longitud máxima a la que se puede alejar para realizar el transporte de potencia, teniendo en cuenta la máxima caída de tensión posible y con la sección hallada:

$$L_{m\acute{a}x} = \frac{e \cdot S \cdot V}{2 \cdot P_{tot} \cdot \rho_{\theta \text{ m}\acute{a}x}} = \frac{0,03 \cdot 230 \cdot 2,5 \cdot 230}{2 \cdot 3450 \cdot 0,021} = 27,38 \text{ m}$$

Circuito 3: Cocina y horno

Datos de partida: Potencia por toma $P = 5400 \text{ W}$

Factor de simultaneidad $F_s = 0,5$

Factor de uso: $F_u = 0,75$

Número de puntos de utilización $n = 1$

Tensión $V = 230 \text{ V}$

Factor de potencia $\cos \varphi = 1$

Longitud del circuito: $L = 9,01 \text{ m}$ (solo hay una toma)

Resistividad del conductor: $\rho_{\theta \text{ máx}} = 0,021 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

Se empieza calculando la intensidad prevista por toma:

$$I_a = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi} = \frac{5400}{230 \cdot 1} = 23,478 \text{ A}$$

Posteriormente se obtiene la intensidad del circuito:

$$I = n \cdot I_a \cdot F_s \cdot F_u = 1 \cdot 23,478 \cdot 0,5 \cdot 0,75 = 8,804 \text{ A}$$

Además, también se va a hallar la potencia total del circuito:

$$P_{tot} = n \cdot P \cdot F_s \cdot F_u = 1 \cdot 5400 \cdot 0,5 \cdot 0,75 = 2025 \text{ W}$$

Para calcular la sección del conductor se van a utilizar 3 criterios:

1. Criterio de intensidad admisible

Teniendo en cuenta el tipo de conductor y tipo de instalación que se van a emplear (dicho en el apartado 6.5), se entra en la tabla 5.4 y se halla que:

$$\text{Sección } S = 1,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Intensidad máxima admisible } I_{\text{máx}} = 13 \text{ A}$$

2. Criterio de caída de tensión

Se va a comprobar si la sección hallada por el criterio anterior posee una caída de tensión menor del 3 %, que es la máxima permitida por reglamento:

$$e = 2 \cdot \frac{P_{tot} \cdot L \cdot \rho_{\theta \text{ máx}}}{S \cdot V} = 2 \cdot \frac{2025 \cdot 9,01 \cdot 0,021}{1,5 \cdot 230} = 2,22 \text{ V}$$

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

$$v (\%) = \frac{e \cdot 100}{230} = 0,97 \% < 3 \%$$

Como se puede observar, se cumple la condición.

3. Reglamento

Como se ha visto con anterioridad en la tabla 5.16 se establece la sección mínima reglamentaria: $S = 6 \text{ mm}^2$

4. Sección Total.

Por lo tanto, la sección de los conductores será: $S = 6 \text{ mm}^2$.

En este caso debemos volver a calcular la caída de tensión:

$$e = 2 \cdot \frac{P_{tot} \cdot L \cdot \rho_{\theta \text{ máx}}}{S \cdot V} = 2 \cdot \frac{2025 \cdot 9,01 \cdot 0,021}{6 \cdot 230} = 0,55 \text{ V}$$

$$v (\%) = \frac{e \cdot 100}{230} = 0,24 \% < 3 \%$$

Como se puede comprobar se sigue cumpliendo la condición.

Y mirando de nuevo en la tabla 5.4 obtenemos la intensidad máxima admisible: $I_{máx} = 30 \text{ A}$

Además, también se puede hallar la longitud máxima a la que se puede alejar para realizar el transporte de potencia, teniendo en cuenta la máxima caída de tensión posible y con la sección hallada:

$$L_{máx} = \frac{e \cdot S \cdot V}{2 \cdot P_{tot} \cdot \rho_{\theta \text{ máx}}} = \frac{0,03 \cdot 230 \cdot 6 \cdot 230}{2 \cdot 2025 \cdot 0,021} = 111,96 \text{ m}$$

Circuito 4: Lavadora, lavavajillas y termo eléctrico

El circuito 4 se va a dividir en 3 subcircuitos:

Circuito 4a: Lavadora

Datos de partida: Potencia $P = 2200 \text{ W}$

Factor de simultaneidad $F_s = 0,66$

Factor de uso: $F_u = 0,75$

Tensión $V = 230 \text{ V}$

Factor de potencia $\cos \varphi = 1$

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

Longitud del circuito: $L = 5,08 \text{ m}$

Resistividad del conductor: $\rho_{\theta \text{ máx}} = 0,021 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

Se empieza calculando la potencia del circuito:

$$P_{tot} = P \cdot F_s \cdot F_u = 1 \cdot 2200 \cdot 0,66 \cdot 0,75 = 1089 \text{ W}$$

Posteriormente se obtiene la intensidad del circuito:

$$I = \frac{P_{tot}}{V \cdot \cos \varphi} = \frac{1089}{230 \cdot 1} = 4,735 \text{ A}$$

Para calcular la sección del conductor se van a utilizar 3 criterios:

1. Criterio de intensidad admisible

Teniendo en cuenta el tipo de conductor y tipo de instalación que se van a emplear (dicho en el apartado 6.5), se entra en la tabla 5.4 y se halla que:

$$\text{Sección } S = 1,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Intensidad máxima admisible } I_{\text{máx}} = 13 \text{ A}$$

2. Criterio de caída de tensión

Se va a comprobar si la sección hallada por el criterio anterior posee una caída de tensión menor del 3 %, que es la máxima permitida por reglamento:

$$e = 2 \cdot \frac{P_{tot} \cdot L \cdot \rho_{\theta \text{ máx}}}{S \cdot V} = 2 \cdot \frac{1089 \cdot 5,08 \cdot 0,021}{1,5 \cdot 230} = 0,673 \text{ V}$$

$$v (\%) = \frac{e \cdot 100}{230} = 0,293 \% < 3 \%$$

Como se puede observar, se cumple la condición.

3. Reglamento

Como se ha visto con anterioridad en la tabla 5.16 se establece la sección mínima reglamentaria: $S = 2,5 \text{ mm}^2$

4. Sección Total.

Por lo tanto, la sección de los conductores será: $S = 2,5 \text{ mm}^2$.

En este caso debemos volver a calcular la caída de tensión:

$$e = 2 \cdot \frac{P_{tot} \cdot L \cdot \rho_{\theta \text{ máx}}}{S \cdot V} = 2 \cdot \frac{1089 \cdot 5,08 \cdot 0,021}{2,5 \cdot 230} = 0,40 \text{ V}$$

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

$$v (\%) = \frac{e \cdot 100}{230} = 0,176 \% < 3 \%$$

Como se puede comprobar se sigue cumpliendo la condición.

Y mirando de nuevo en la tabla 5.4 obtenemos la intensidad máxima admisible: $I_{m\acute{a}x} = 17,5 \text{ A}$

Además, también se puede hallar la longitud máxima a la que se puede alejar para realizar el transporte de potencia, teniendo en cuenta la máxima caída de tensión posible y con la sección hallada:

$$L_{m\acute{a}x} = \frac{e \cdot S \cdot V}{2 \cdot P_{tot} \cdot \rho_{\theta \text{ m}\acute{a}x}} = \frac{0,03 \cdot 230 \cdot 2,5 \cdot 230}{2 \cdot 1089 \cdot 0,021} = 86,74 \text{ m}$$

Circuito 4b: Lavavajillas

Datos de partida: Potencia $P = 1900 \text{ W}$

Factor de simultaneidad $F_s = 0,66$

Factor de uso: $F_u = 0,75$

Tensión $V = 230 \text{ V}$

Factor de potencia $\cos \varphi = 1$

Longitud del circuito: $L = 7,25 \text{ m}$

Resistividad del conductor: $\rho_{\theta \text{ m}\acute{a}x} = 0,021 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

Se empieza calculando la potencia del circuito:

$$P_{tot} = P \cdot F_s \cdot F_u = 1 \cdot 1900 \cdot 0,66 \cdot 0,75 = 940,5 \text{ W}$$

Posteriormente se obtiene la intensidad del circuito:

$$I = \frac{P_{tot}}{V \cdot \cos \varphi} = \frac{940,5}{230 \cdot 1} = 4,089 \text{ A}$$

Para calcular la sección del conductor se van a utilizar 3 criterios:

1. Criterio de intensidad admisible

Teniendo en cuenta el tipo de conductor y tipo de instalación que se van a emplear (dicho en el apartado 6.5), se entra en la tabla 5.4 y se halla que:

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

$$\text{Sección } S = 1,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Intensidad máxima admisible } I_{\text{máx}} = 13 \text{ A}$$

2. Criterio de caída de tensión

Se va a comprobar si la sección hallada por el criterio anterior posee una caída de tensión menor del 3 %, que es la máxima permitida por reglamento:

$$e = 2 \cdot \frac{P_{\text{tot}} \cdot L \cdot \rho_{\theta \text{ máx}}}{S \cdot V} = 2 \cdot \frac{940,5 \cdot 7,25 \cdot 0,021}{1,5 \cdot 230} = 0,83 \text{ V}$$

$$v (\%) = \frac{e \cdot 100}{230} = 0,36 \% < 3 \%$$

Como se puede observar, se cumple la condición.

3. Reglamento

Como se ha visto con anterioridad en la tabla 5.16 se establece la sección mínima reglamentaria: $S = 2,5 \text{ mm}^2$

4. Sección Total.

Por lo tanto, la sección de los conductores será: $S = 2,5 \text{ mm}^2$.

En este caso debemos volver a calcular la caída de tensión:

$$e = 2 \cdot \frac{P_{\text{tot}} \cdot L \cdot \rho_{\theta \text{ máx}}}{S \cdot V} = 2 \cdot \frac{940,5 \cdot 7,25 \cdot 0,021}{2,5 \cdot 230} = 0,50 \text{ V}$$

$$v (\%) = \frac{e \cdot 100}{230} = 0,217 \% < 3 \%$$

Como se puede comprobar se sigue cumpliendo la condición.

Y mirando de nuevo en la tabla 5.4 obtenemos la intensidad máxima admisible: $I_{\text{máx}} = 17,5 \text{ A}$

Además, también se puede hallar la longitud máxima a la que se puede alejar para realizar el transporte de potencia, teniendo en cuenta la máxima caída de tensión posible y con la sección hallada:

$$L_{\text{máx}} = \frac{e \cdot S \cdot V}{2 \cdot P_{\text{tot}} \cdot \rho_{\theta \text{ máx}}} = \frac{0,03 \cdot 230 \cdot 2,5 \cdot 230}{2 \cdot 940,5 \cdot 0,021} = 100,44 \text{ m}$$

Circuito 4c: Termo eléctrico

Datos de partida: Potencia $P = 3450 \text{ W}$

Factor de simultaneidad $F_s = 0,66$

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

Factor de uso: $F_u = 0,75$

Tensión $V = 230 \text{ V}$

Factor de potencia $\cos \varphi = 1$

Longitud del circuito: $L = 4,58 \text{ m}$

Resistividad del conductor: $\rho_{\theta \text{ máx}} = 0,021 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

Se empieza calculando la potencia del circuito:

$$P_{tot} = n \cdot P \cdot F_s \cdot F_u = 1 \cdot 3450 \cdot 0,66 \cdot 0,75 = 1707,75 \text{ W}$$

Posteriormente se obtiene la intensidad del circuito:

$$I = \frac{P_{tot}}{V \cdot \cos \varphi} = \frac{1707,75}{230 \cdot 1} = 7,425 \text{ A}$$

Para calcular la sección del conductor se van a utilizar 3 criterios:

1. Criterio de intensidad admisible

Teniendo en cuenta el tipo de conductor y tipo de instalación que se van a emplear (dicho en el apartado 6.5), se entra en la tabla 5.4 y se halla que:

$$\text{Sección } S = 1,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Intensidad máxima admisible } I_{\text{máx}} = 13 \text{ A}$$

2. Criterio de caída de tensión

Se va a comprobar si la sección hallada por el criterio anterior posee una caída de tensión menor del 3 %, que es la máxima permitida por reglamento:

$$e = 2 \cdot \frac{P_{tot} \cdot L \cdot \rho_{\theta \text{ máx}}}{S \cdot V} = 2 \cdot \frac{1707,75 \cdot 4,58 \cdot 0,021}{1,5 \cdot 230} = 0,95 \text{ V}$$

$$v (\%) = \frac{e \cdot 100}{230} = 0,41 \% < 3 \%$$

Como se puede observar, se cumple la condición.

3. Reglamento

Como se ha visto con anterioridad en la tabla 5.16 se establece la sección mínima reglamentaria: $S = 2,5 \text{ mm}^2$

4. Sección Total.

Por lo tanto, la sección de los conductores será: $S = 2,5 \text{ mm}^2$.

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

En este caso debemos volver a calcular la caída de tensión:

$$e = 2 \cdot \frac{P_{tot} \cdot L \cdot \rho_{\theta \text{ máx}}}{S \cdot V} = 2 \cdot \frac{1707,75 \cdot 4,58 \cdot 0,021}{2,5 \cdot 230} = 0,57 \text{ V}$$

$$v (\%) = \frac{e \cdot 100}{230} = 0,25 \% < 3 \%$$

Como se puede comprobar se sigue cumpliendo la condición.

Y mirando de nuevo en la tabla 5.4 obtenemos la intensidad máxima admisible: $I_{m\acute{a}x} = 17,5 \text{ A}$

Además, también se puede hallar la longitud máxima a la que se puede alejar para realizar el transporte de potencia, teniendo en cuenta la máxima caída de tensión posible y con la sección hallada:

$$L_{m\acute{a}x} = \frac{e \cdot S \cdot V}{2 \cdot P_{tot} \cdot \rho_{\theta \text{ máx}}} = \frac{0,03 \cdot 230 \cdot 2,5 \cdot 230}{2 \cdot 1707,75 \cdot 0,021} = 55,32 \text{ m}$$

Circuito 5: Tomas de corriente de cuarto de baño y auxiliares de cocina

Datos de partida: Potencia por toma $P = 3450 \text{ W}$

Factor de simultaneidad $F_s = 0,4$

Factor de uso: $F_u = 0,5$

Número de puntos de utilización $n = 5$

Tensión $V = 230 \text{ V}$

Factor de potencia $\cos \varphi = 1$

Resistividad del conductor: $\rho_{\theta \text{ máx}} = 0,021 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

Se empieza calculando la intensidad prevista por toma:

$$I_a = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi} = \frac{3450}{230 \cdot 1} = 15 \text{ A}$$

Posteriormente se obtiene la intensidad del circuito:

$$I = n \cdot I_a \cdot F_s \cdot F_u = 5 \cdot 15 \cdot 0,4 \cdot 0,5 = 15 \text{ A}$$

Además, también se va a hallar la potencia total del circuito:

$$P_{tot} = n \cdot P \cdot F_s \cdot F_u = 5 \cdot 3450 \cdot 0,4 \cdot 0,5 = 3450 \text{ W}$$

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

Para calcular la sección del conductor se van a utilizar 3 criterios:

1. Criterio de intensidad admisible

Teniendo en cuenta el tipo de conductor y tipo de instalación que se van a emplear (dicho en el apartado 6.5), se entra en la tabla 5.4 y se halla que:

$$\text{Sección } S = 2,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Intensidad máxima admisible } I_{\text{máx}} = 17,5 \text{ A}$$

2. Criterio de caída de tensión

Se va a comprobar si la sección hallada por el criterio anterior ($S = 2,5 \text{ mm}^2$) posee una caída de tensión menor del 3 %, que es la máxima permitida por reglamento. Para ello, se va a calcular la caída de tensión en cada carga; para lo que se van a emplear estas fórmulas:

$$e = 2 \cdot \frac{P_{\text{tot}} \cdot L \cdot \rho_{\theta \text{ máx}}}{S \cdot V}$$

$$v (\%) = \frac{e \cdot 100}{230} < 3 \%$$

Tabla 7.3. Cálculo de la caída de tensión en el circuito 5. Fuente: Elaboración propia

Circuito 5	L (metros)	e (voltios)	v (%)
Toma 1 Cocina	1,510	0,3805	0,17
Toma 2 Cocina	2,450	0,6174	0,27
Toma 4 Cocina	2,630	0,6628	0,29
Toma 1 Baño 1	12,120	3,0542	1,33
Toma 1 Baño 2	12,020	3,0290	1,32

Como se puede observar, se cumple la condición.

3. Reglamento

Como se ha visto con anterioridad en la tabla 5.16 se establece la sección mínima reglamentaria: $S = 2,5 \text{ mm}^2$

4. Sección Total.

Por lo tanto, la sección de los conductores será: $S = 2,5 \text{ mm}^2$.

Además, también se puede hallar la longitud máxima a la que se puede alejar para realizar el transporte de potencia, teniendo en cuenta la máxima caída de tensión posible y con la sección hallada:

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

$$L_{m\acute{a}x} = \frac{e \cdot S \cdot V}{2 \cdot P_{tot} \cdot \rho_{\theta m\acute{a}x}} = \frac{0,03 \cdot 230 \cdot 2,5 \cdot 230}{2 \cdot 3450 \cdot 0,021} = 27,38 \text{ m}$$

Circuito 7: Adicional del circuito 2

Datos de partida: Potencia por toma $P = 3450 \text{ W}$

Factor de simultaneidad $F_s = 0,2$

Factor de uso: $F_u = 0,25$

Número de puntos de utilización $n = 4$

Tensión $V = 230 \text{ V}$

Factor de potencia $\cos \varphi = 1$

Resistividad del conductor: $\rho_{\theta m\acute{a}x} = 0,021 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

Se empieza calculando la intensidad prevista por toma:

$$I_a = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi} = \frac{3450}{230 \cdot 1} = 15 \text{ A}$$

Posteriormente se obtiene la intensidad del circuito:

$$I = n \cdot I_a \cdot F_s \cdot F_u = 4 \cdot 15 \cdot 0,2 \cdot 0,25 = 3 \text{ A}$$

Además, también se va a hallar la potencia total del circuito:

$$P_{tot} = n \cdot P \cdot F_s \cdot F_u = 4 \cdot 3450 \cdot 0,2 \cdot 0,25 = 690 \text{ W}$$

Para calcular la sección del conductor se van a utilizar 3 criterios:

1. Criterio de intensidad admisible

Teniendo en cuenta el tipo de conductor y tipo de instalación que se van a emplear (dicho en el apartado 6.5), se entra en la tabla 5.4 y se halla que:

$$\text{Sección } S = 1,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Intensidad máxima admisible } I_{m\acute{a}x} = 13 \text{ A}$$

2. Criterio de máxima caída de tensión

Se va a comprobar si la sección hallada por el criterio anterior ($S = 1,5 \text{ mm}^2$) posee una caída de tensión menor del 3 %, que es la máxima permitida por reglamento. Para ello, se va a calcular la caída de tensión en cada carga; para lo que se van a emplear estas fórmulas:

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

$$e = 2 \cdot \frac{P_{tot} \cdot L \cdot \rho_{\theta \text{ máx}}}{S \cdot V}$$

$$v (\%) = \frac{e \cdot 100}{230} < 3 \%$$

Tabla 7.4. Cálculo de la caída de tensión en el circuito 7 para S=1,5 mm². Fuente: Elaboración propia

Circuito 7	L (metros)	e (voltios)	v (%)
Toma 2 Dormitorio 1	19,420	1,6313	0,71
Toma 3 Dormitorio 1	21,930	1,8421	0,80
Toma 4 Dormitorio 1	20,460	1,7186	0,75
Toma 3 Dormitorio 4	19,980	1,6783	0,73

Como se puede observar, se cumple la condición.

3. Reglamento

Como se ha visto con anterioridad en la tabla 5.16 se establece la sección mínima reglamentaria: S = 2,5 mm²

4. Sección Total.

Por lo tanto, la sección de los conductores será: S = 2,5 mm².

En este caso debemos volver a calcular la caída de tensión para el nuevo valor de la sección:

$$e = 2 \cdot \frac{P_{tot} \cdot L \cdot \rho_{\theta \text{ máx}}}{S \cdot V}$$

$$v (\%) = \frac{e \cdot 100}{230} < 3 \%$$

Tabla 7.5. Cálculo de la caída de tensión en el circuito 7 para S=2,5 mm². Fuente: Elaboración propia

Circuito 7	L (metros)	e (voltios)	v (%)
Toma 2 Dormitorio 1	19,420	0,9788	0,43
Toma 3 Dormitorio 1	21,930	1,1053	0,48
Toma 4 Dormitorio 1	20,460	1,0312	0,45
Toma 3 Dormitorio 4	19,980	1,0070	0,44

Como se puede comprobar se sigue cumpliendo la condición.

Y mirando de nuevo en la tabla 5.4 obtenemos la intensidad máxima admisible: I_{máx} = 17,5 A

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

Además, también se puede hallar la longitud máxima a la que se puede alejar para realizar el transporte de potencia, teniendo en cuenta la máxima caída de tensión posible y con la sección hallada:

$$L_{m\acute{a}x} = \frac{e \cdot S \cdot V}{2 \cdot P_{tot} \cdot \rho_{\theta \acute{m}ax}} = \frac{0,03 \cdot 230 \cdot 2,5 \cdot 230}{2 \cdot 690 \cdot 0,021} = 136,90 \text{ m}$$

Circuito 8: Calefacción

Datos de partida: Potencia P = 5750 W

Tensión V = 230 V

Factor de potencia $\cos \varphi = 1$

Resistividad del conductor: $\rho_{\theta \acute{m}ax} = 0,021 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

Se empieza calculando la intensidad del circuito:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi} = \frac{5750}{230 \cdot 1} = 25 \text{ A}$$

Para calcular la sección del conductor se van a utilizar 3 criterios:

1. Criterio de intensidad admisible

Teniendo en cuenta el tipo de conductor y tipo de instalación que se van a emplear (dicho en el apartado 6.5), se entra en la tabla 5.4 y se halla que:

Sección S = 6 mm²

Intensidad máxima admisible I_{máx} = 30 A

2. Criterio de máxima caída de tensión

Se va a comprobar si la sección hallada por el criterio anterior (S = 6 mm²) posee una caída de tensión menor del 3 %, que es la máxima permitida por reglamento. Para ello, se va a calcular la caída de tensión en cada carga; para lo que se van a emplear estas fórmulas:

$$e = 2 \cdot \frac{P_{tot} \cdot L \cdot \rho_{\theta \acute{m}ax}}{S \cdot V}$$

$$v (\%) = \frac{e \cdot 100}{230} < 3 \%$$

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

Tabla 7.6. Cálculo de la caída de tensión en el circuito 8. Fuente: Elaboración propia

Circuito 8	L (metros)	e (voltios)	v (%)
Toma 1 Vestíbulo	4,340	0,7595	0,33
Toma 1 Cocina	13,650	2,3888	1,04
Toma 1 Salón	17,260	3,0205	1,31
Toma 2 Salón	17,270	3,0223	1,31
Toma 1 Dormitorio 1	21,310	3,7293	1,62
Toma 1 Dormitorio 2	19,750	3,4563	1,50
Toma 1 Dormitorio 3	18,900	3,3075	1,44
Toma 1 Dormitorio 4	21,490	3,7608	1,64
Toma 1 Baño 1	17,830	3,1203	1,36
Toma 1 Baño 2	13,940	2,4395	1,06

Como se puede observar, se cumple la condición.

3. Reglamento

Como se ha visto con anterioridad en la tabla 5.16 se establece la sección mínima reglamentaria: $S = 6 \text{ mm}^2$

4. Sección Total.

Por lo tanto, la sección de los conductores será: $S = 6 \text{ mm}^2$.

Además, también se puede hallar la longitud máxima a la que se puede alejar para realizar el transporte de potencia, teniendo en cuenta la máxima caída de tensión posible y con la sección hallada:

$$L_{m\acute{a}x} = \frac{e \cdot S \cdot V}{2 \cdot P_{tot} \cdot \rho_{\theta \text{ m}\acute{a}x}} = \frac{0,03 \cdot 230 \cdot 6 \cdot 230}{2 \cdot 5750 \cdot 0,021} = 39,43 \text{ m}$$

Circuito 10: Secadora

Datos de partida: Potencia por toma $P = 3450 \text{ W}$

Factor de simultaneidad $F_s = 1$

Factor de uso: $F_u = 0,75$

Número de puntos de utilización $n = 1$

Tensión $V = 230 \text{ V}$

Factor de potencia $\cos \varphi = 1$

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

Longitud del circuito: $L = 11,65 \text{ m}$

Resistividad del conductor: $\rho_{\theta \text{ máx}} = 0,021 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

Se empieza calculando la intensidad prevista por toma:

$$I_a = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi} = \frac{3450}{230 \cdot 1} = 15 \text{ A}$$

Posteriormente se obtiene la intensidad del circuito:

$$I = n \cdot I_a \cdot F_s \cdot F_u = 1 \cdot 15 \cdot 1 \cdot 0,75 = 11,25 \text{ A}$$

Además, también se va a hallar la potencia total del circuito:

$$P_{tot} = n \cdot P \cdot F_s \cdot F_u = 1 \cdot 3450 \cdot 1 \cdot 0,75 = 2587,5 \text{ W}$$

Para calcular la sección del conductor se van a utilizar 3 criterios:

1. Criterio de intensidad admisible

Teniendo en cuenta el tipo de conductor y tipo de instalación que se van a emplear (dicho en el apartado 6.5), se entra en la tabla 5.4 y se halla que:

$$\text{Sección } S = 1,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Intensidad máxima admisible } I_{\text{máx}} = 13 \text{ A}$$

2. Criterio de máxima caída de tensión

Se va a comprobar si la sección hallada por el criterio anterior ($S = 1,5 \text{ mm}^2$) posee una caída de tensión menor del 3 %, que es la máxima permitida por reglamento. Para ello, se va a calcular la caída de tensión en cada carga; para lo que se van a emplear estas fórmulas:

$$e = 2 \cdot \frac{P_{tot} \cdot L \cdot \rho_{\theta \text{ máx}}}{S \cdot V} = 2 \cdot \frac{2587,5 \cdot 11,65 \cdot 0,021}{1,5 \cdot 230} = 3,67 \text{ V}$$

$$v (\%) = \frac{e \cdot 100}{230} = 1,60 < 3 \%$$

Como se puede observar, se cumple la condición.

3. Reglamento

Como se ha visto con anterioridad en la tabla 5.16 se establece la sección mínima reglamentaria: $S = 2,5 \text{ mm}^2$

4. Sección Total.

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

Por lo tanto, la sección de los conductores será: $S = 2,5 \text{ mm}^2$.

En este caso debemos volver a calcular la caída de tensión para el nuevo valor de la sección:

$$e = 2 \cdot \frac{P_{tot} \cdot L \cdot \rho_{\theta \text{ máx}}}{S \cdot V} = 2 \cdot \frac{2587,5 \cdot 11,65 \cdot 0,021}{2,5 \cdot 230} = 2,20 \text{ V}$$

$$v (\%) = \frac{e \cdot 100}{230} = 0,96 < 3 \%$$

Como se puede comprobar se sigue cumpliendo la condición.

Y mirando de nuevo en la tabla 5.4 obtenemos la intensidad máxima admisible: $I_{m\acute{a}x} = 17,5 \text{ A}$

Además, también se puede hallar la longitud máxima a la que se puede alejar para realizar el transporte de potencia, teniendo en cuenta la máxima caída de tensión posible y con la sección hallada:

$$L_{m\acute{a}x} = \frac{e \cdot S \cdot V}{2 \cdot P_{tot} \cdot \rho_{\theta \text{ máx}}} = \frac{0,03 \cdot 230 \cdot 2,5 \cdot 230}{2 \cdot 2587,5 \cdot 0,021} = 36,51 \text{ m}$$

7.2 Comprobación de protecciones

Como se ha dicho anteriormente, cada circuito dispone de un PIA que le va a proteger frente a sobrecargas y cortocircuitos. En este apartado se va a comprobar el calibre del magnetotérmico:

Circuito 1: Iluminación

Partiendo de que la tabla 5.16 dice que el calibre del magnetotérmico debe ser $I_n = 10 \text{ A}$, se comprueba la siguiente condición:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \rightarrow 7,1739 \text{ A} \leq 10 \text{ A} \leq 13 \text{ A} \rightarrow \text{CORRECTO.}$$

Dónde: I_b : Intensidad de diseño del circuito (obtenida en el apartado anterior)

I_z : Intensidad admisible de la línea a proteger (obtenida en el apartado anterior)

I_n : Intensidad nominal del magnetotérmico

Circuito 2: Tomas de uso general

Partiendo de que la tabla 5.16 dice que el calibre del magnetotérmico debe ser $I_n = 16 \text{ A}$, se comprueba la siguiente condición:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \rightarrow 15 \text{ A} \leq 16 \text{ A} \leq 17,5 \text{ A} \rightarrow \text{CORRECTO.}$$

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

Dónde: I_b : Intensidad de diseño del circuito (obtenida en el apartado anterior)

I_z : Intensidad admisible de la línea a proteger (obtenida en el apartado anterior)

I_n : Intensidad nominal del magnetotérmico

Circuito 3: Cocina y horno

Partiendo de que la tabla 5.16 dice que el calibre del magnetotérmico debe ser $I_n = 25 A$, se comprueba la siguiente condición:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \rightarrow 8,804 A \leq 25 A \leq 30 A \rightarrow \text{CORRECTO.}$$

Dónde: I_b : Intensidad de diseño del circuito (obtenida en el apartado anterior)

I_z : Intensidad admisible de la línea a proteger (obtenida en el apartado anterior)

I_n : Intensidad nominal del magnetotérmico

Circuito 4: Lavadora, lavavajillas y termo eléctrico

Circuito 4a: Lavadora

Partiendo de que la tabla 5.16 dice que el calibre del magnetotérmico debe ser $I_n = 16 A$, se comprueba la siguiente condición:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \rightarrow 4,735 A \leq 16 A \leq 17,5 A \rightarrow \text{CORRECTO.}$$

Dónde: I_b : Intensidad de diseño del circuito (obtenida en el apartado anterior)

I_z : Intensidad admisible de la línea a proteger (obtenida en el apartado anterior)

I_n : Intensidad nominal del magnetotérmico

Circuito 4b: Lavavajillas

Partiendo de que la tabla 5.16 dice que el calibre del magnetotérmico debe ser $I_n = 16 A$, se comprueba la siguiente condición:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \rightarrow 4,089 A \leq 16 A \leq 17,5 A \rightarrow \text{CORRECTO.}$$

Dónde: I_b : Intensidad de diseño del circuito (obtenida en el apartado anterior)

I_z : Intensidad admisible de la línea a proteger (obtenida en el apartado anterior)

I_n : Intensidad nominal del magnetotérmico

Circuito 4c: Termo eléctrico

Partiendo de que la tabla 5.16 dice que el calibre del magnetotérmico debe ser $I_n = 16 A$, se comprueba la siguiente condición:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \rightarrow 7,425 A \leq 16 A \leq 17,5 A \rightarrow \text{CORRECTO.}$$

Dónde: I_b : Intensidad de diseño del circuito (obtenida en el apartado anterior)

I_z : Intensidad admisible de la línea a proteger (obtenida en el apartado anterior)

I_n : Intensidad nominal del magnetotérmico

Circuito 5: Tomas de corriente de cuarto de baño y auxiliares de cocina

Partiendo de que la tabla 5.16 dice que el calibre del magnetotérmico debe ser $I_n = 16 A$, se comprueba la siguiente condición:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \rightarrow 15A \leq 16 A \leq 17,5 A \rightarrow \text{CORRECTO.}$$

Dónde: I_b : Intensidad de diseño del circuito (obtenida en el apartado anterior)

I_z : Intensidad admisible de la línea a proteger (obtenida en el apartado anterior)

I_n : Intensidad nominal del magnetotérmico

Circuito 7: Adicional del circuito 2

Partiendo de que la tabla 5.16 dice que el calibre del magnetotérmico debe ser $I_n = 16 A$, se comprueba la siguiente condición:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \rightarrow 3 A \leq 16 A \leq 17,5 A \rightarrow \text{CORRECTO.}$$

Dónde: I_b : Intensidad de diseño del circuito (obtenida en el apartado anterior)

I_z : Intensidad admisible de la línea a proteger (obtenida en el apartado anterior)

I_n : Intensidad nominal del magnetotérmico

Circuito 8: Calefacción

Partiendo de que la tabla 5.16 dice que el calibre del magnetotérmico debe ser $I_n = 25 A$, se comprueba la siguiente condición:

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

$$I_b \leq I_n \leq I_z \rightarrow 25 A \leq 25 A \leq 30 A \rightarrow \text{CORRECTO.}$$

Dónde: I_b : Intensidad de diseño del circuito (obtenida en el apartado anterior)

I_z : Intensidad admisible de la línea a proteger (obtenida en el apartado anterior)

I_n : Intensidad nominal del magnetotérmico

Circuito 10: Secadora

Partiendo de que la tabla 5.16 dice que el calibre del magnetotérmico debe ser $I_n = 16 A$, se comprueba la siguiente condición:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \rightarrow 11,25 A \leq 16 A \leq 17,5 A \rightarrow \text{CORRECTO.}$$

Dónde: I_b : Intensidad de diseño del circuito (obtenida en el apartado anterior)

I_z : Intensidad admisible de la línea a proteger (obtenida en el apartado anterior)

I_n : Intensidad nominal del magnetotérmico

Por otro lado, como dice la norma, se va a instalar un diferencial por cada cinco circuitos. Los circuitos 1, 2, 3, 4a, 4b, 4c y 5 irán con uno y los circuitos 7,8 y 10 irán con otro. Dicho diferencial debe ser de alta sensibilidad ($I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$).

Además, también se recomienda el uso de un interruptor diferencial selectivo tipo S general en serie de sensibilidad $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$.

Por último, para proteger a los diferenciales frente a sobreintensidades se va a instalar un interruptor automático (IGA) que cumpla:

$$I_n (\text{diferencial}) \geq I_n (\text{magnetotérmico})$$

El calibre del IGA está normalizado según la previsión de carga de la instalación. Para ello, se debe calcular la carga prevista en la instalación:

Tabla 7.7. Potencia total instalada. Fuente: Elaboración propia

Número de circuito	Potencia (W)
Circuito 1	1650,00
Circuito 2	3450,00
Circuito 3	2025,00
Circuito 4a	1089,00
Circuito 4b	940,50
Circuito 4c	1707,75
Circuito 5	3450,00
Circuito 7	690,00
Circuito 8	5750,00
Circuito 10	2587,50
	23339,750

Aplicando un factor de simultaneidad del 0,3, debido a que es una instalación con grado de electrificación elevado, hallamos la potencia que se va a necesitar contratar:

Potencia necesaria = 7001,925 W

En la Guía-BT-25 se establece la intensidad nominal del IGA en función de la carga prevista, y la potencia mínima prevista para una instalación con grado de electrificación elevada es de 9200 W, con un IGA de calibre 40 A.

Los dos diferenciales van a ser de calibre 40 A, mientras que el diferencial selectivo tipo S será de 63 A.

Por último, cabe destacar que no va ser necesaria la instalación de limitadores de sobretensión para la vivienda.

El ICP que situará la compañía eléctrica será de calibre 40 A.

Todo lo visto hasta ahora se podrá observar en el esquema unifilar del anexo 2.

7.3 Cálculo del diámetro del tubo

El cálculo del diámetro se va a hacer teniendo en cuenta que el tubo va empotrado en obra. Para ello se entra en la tabla 5.21 con la sección de cada circuito y teniendo en cuenta que se disponen de 3 conductores (fase, neutro y tierra):

Tabla 7.8. Diámetro del tubo de cada circuito. Fuente: Elaboración propia

Circuito	Sección (mm ²)	Diámetro del tubo (mm)
C1	1,5	16
C2	2,5	20
C3	6	25
C4a	2,5	20
C4b	2,5	20
C4c	2,5	20
C5	2,5	20
C7	2,5	20
C8	6	25
C10	2,5	20

8 DESCRIPCIÓN DE TAREAS.

En este capítulo se van a indicar las fases que debe tener el trabajo para realizarse de manera correcta.

Antes de comenzar la descripción y según la ITC-BT-04, cabe destacar que debido a que la potencia prevista en la instalación va a ser menor que 50 kW no va a ser necesario la elaboración de un proyecto. Sin embargo, sí que va a tener que desarrollarse una Memoria Técnica de Diseño (MTD).

8.1 Fases del proyecto.

8.1.1 Fase 1. Ingeniería.

Esta primera fase se van a llevar a cabo en dos etapas:

1. Diseño.

En primer lugar, se van a diseñar los circuitos sobre los planos de la vivienda que se ha seleccionado. A partir de estos circuitos se va a decidir sobre las protecciones que van a ser necesarias en la instalación.

Recursos humanos: Ingeniero.

Recursos materiales: Programa AutoCAD.

Duración: 5 días

2. Cálculos.

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

En esta segunda parte, teniendo en cuenta el diseño de los circuitos, se llevará a cabo el cálculo de las secciones de los conductores. Además, también se va a comprobar si las protecciones escogidas son válidas.

Recursos humanos: Ingeniero.

Recursos materiales: Programa Excel.

Duración: 3 días

Tras terminar las dos etapas, se elabora el esquema unifilar de la instalación eléctrica.

8.1.2 Fase 2: Redacción de la MTD.

En la ITC-BT-04 se expresa que la MTD, se redactará sobre impresos, según modelo determinado por el Órgano Competente del País Vasco, con objeto de proporcionar los principales datos y características de diseño. Los datos que se van a incluir en la MTD son los siguientes:

- Los referentes al propietario
- Identificación de la persona que firma la memoria y justificación de su competencia
- Emplazamiento de la instalación
- Uso al que se destina
- Relación nominal de los receptores que se prevea instalar y su potencia
- Cálculos justificativos de las características de la LGA, DI y líneas secundarias, sus elementos de protección y sus puntos de utilización
- Pequeña memoria descriptiva
- Esquema unifilar de la instalación y características de los dispositivos de corte y protección adoptados, puntos de utilización y secciones de los conductores
- Croquis de su trazado

Recursos humanos: Instalador.

Recursos materiales: Documento de la MTD según el Gobierno Vasco.

Duración: 1 día

8.1.3 Fase 3: Ejecución de la instalación.

La instalación eléctrica la efectuará un instalador autorizado de baja tensión tal y como recoge la ITC-BT-04.

Recursos humanos: Instalador autorizado.

Recursos materiales: Cableado, protecciones...

Duración: 8 días.

8.1.4 Fase 4: Verificación de la instalación.

Una vez terminado la instalación, el instalador autorizado será el encargado de realizar las verificaciones necesarias. Tal y como se expresa en la ITC-BT-05, estas comprobaciones van a seguir la metodología de la Norma UNE-EN 20460-6-61.

Recursos humanos: Instalador autorizado.

Recursos materiales: Ninguno.

Duración: 2 días.

8.1.5 Fase 5: Redacción del Certificado de Instalación

Una vez finalizadas las fases anteriores, se deben entregar los documentos del Certificado de Instalación, que como la MTD, van a estar establecidos por un modelo del Órgano Competente del País Vasco. Tal y como se expresa en la ITC-BT-04, estos documentos deben aportar como mínimo lo siguiente:

- Los datos referentes a las principales características de la instalación
- La potencia prevista de la instalación
- Identificador del instalador autorizado responsable de la instalación
- Declaración expresa de que la instalación ha sido ejecutada de acuerdo con las prescripciones del REBT, y en su caso, con las especificaciones particulares aprobadas a la compañía eléctrica, así como, con la MTD.

Recursos humanos: Instalador autorizado.

Recursos materiales: Documento de Certificado de Instalación según el Gobierno Vasco.

Duración: 1 día.

8.1.6 Fase 6: Presentación de la documentación.

La ITC-BT-04 recoge que antes de la puesta en servicio, habrá que presentar ante el Gobierno Vasco, al objeto de su inscripción en el registro, el Certificado de Instalación, la MTD y el certificado de dirección de obra firmado por el correspondiente técnico titulado.

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

Por su parte el Gobierno Vasco, una vez hecho los trámites necesarios, devolverá copias del Certificado de Instalación al instalador autorizado.

Recursos humanos: Instalador autorizado, ingeniero y Gobierno Vasco.

Recursos materiales: Certificado de Instalación, MTD y certificado de dirección de obra.

Duración: 5 días.

8.1.7 Fase 7: Puesta en servicio.

El usuario de la instalación eléctrica debe presentar el Certificado de la Instalación a la compañía eléctrica, en este caso Iberdrola, con el fin de poder comenzar el suministro energético.

Por su parte, Iberdrola podrá realizar todas las verificaciones que considere necesarias en la instalación para comprobar que se cumple el REBT.

Recursos humanos: Usuario e Iberdrola.

Recursos materiales: Certificado de Instalación.

Duración: 3 días.

8.2 Duración total del proyecto.

Se estima que la duración total del proyecto sea de 28 días laborables, tal y como se va a mostrar a continuación el Diagrama de Gantt.

En este caso, todas las tareas que se realicen van a ser tareas críticas; es decir, cualquier retraso que se produzca en alguna de ellas afectará en la duración total del proyecto. Además, tal y como se ha mostrado en el apartado anterior, hay tareas que dependen de factores externos como Iberdrola o el Gobierno Vasco, por lo que, será complicado mantener un control total sobre las fases del proyecto.

8.3 Hitos.

En este trabajo se puede decir que hay 3 grandes hitos:

- 1) El primer hito coincide con el final de la parte de ingeniería, en la cual, se ha terminado de realizar el diseño de los circuitos, el cálculo de las secciones y la comprobación de las protecciones.
- 2) El segundo hito se sitúa cuando se terminan de verificar que la ejecución de la instalación se ha realizado correctamente.

- 3) El tercer hito coincide con el final del proyecto, y es cuando se pone en marcha el suministro energético de la vivienda.

8.4 Diagrama de Gantt.

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

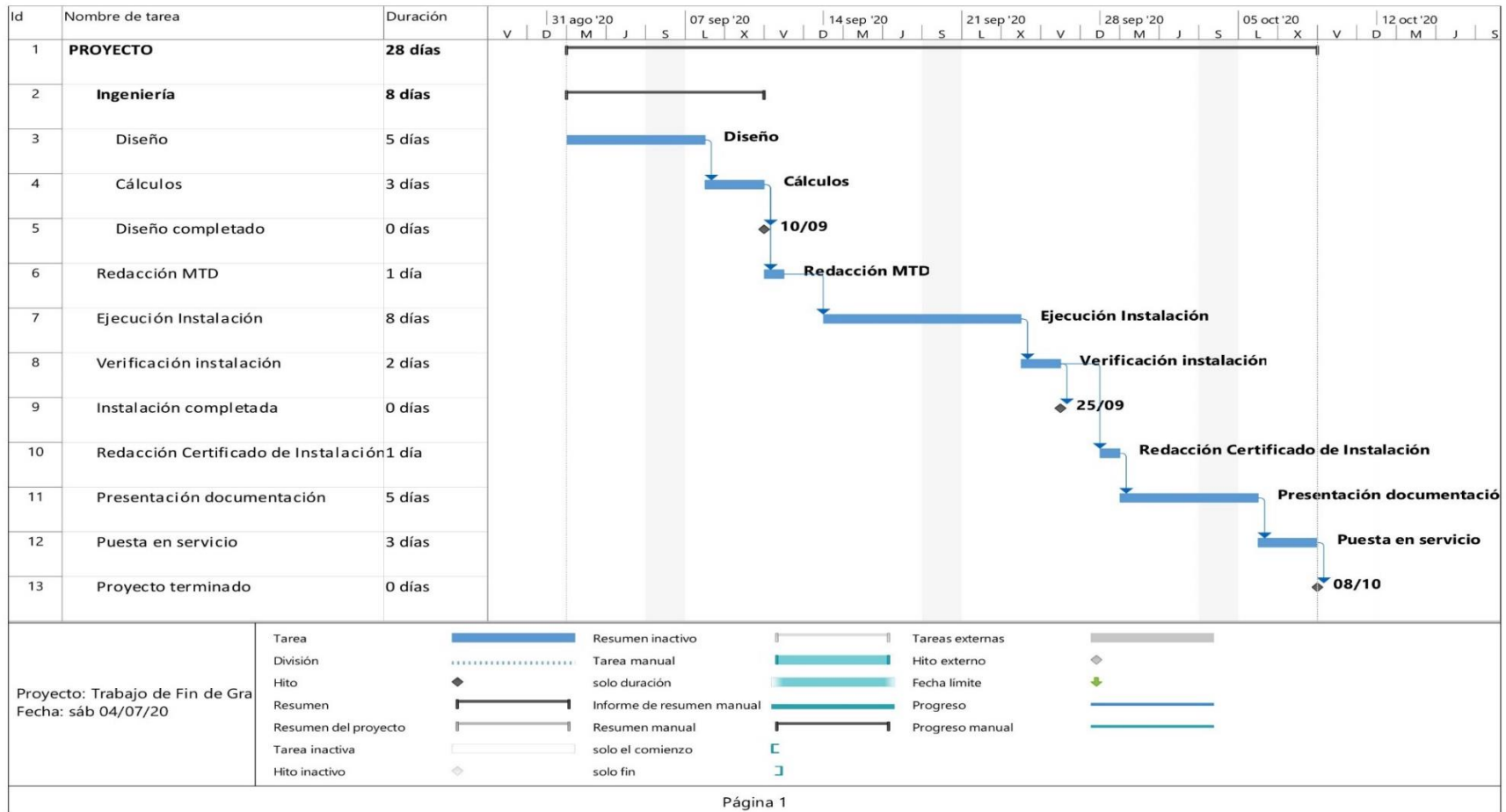


Ilustración 8.1. Diagrama de Gantt. Fuente: Elaboración propia

9 ASPECTOS ECONÓMICOS.

En el presente apartado se va a realizar el cálculo de los costes necesarios para llevar a cabo la instalación eléctrica. Para elaborar el presupuesto se van a distinguir una serie de partidas, que se van a presentar a continuación.

En primer lugar, se van a calcular las horas internas; es decir, las horas que van a necesitar los trabajadores contratados para realizar la instalación. Para ello se va a tener en cuenta que en el proyecto participa un ingeniero que va a ser el que realice tanto el diseño como el cálculo de las secciones del cableado, y varios operarios que realicen la instalación.

Tabla 9.1. Horas internas. Fuente: Elaboración propia

<i>Concepto</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Coste Horario</i>	<i>Coste</i>
HORAS INTERNAS			
Ingeniero	40 h	25 €	1.000 €
Instalador	80 h	15 €	1.200 €
			2.200 €

En segundo lugar, se van a distinguir las amortizaciones; es decir, los activos fijos que emplea la empresa para la realización del proyecto (máquinas, ordenadores...). En este caso, va a ser necesario poseer un ordenador con licencia de AutoCAD.

Tabla 9.2. Amortizaciones. Fuente: Elaboración propia

<i>Concepto</i>	<i>Precio de Adquisición</i>	<i>Vida Útil</i>	<i>Tiempo de Uso</i>	<i>Coste</i>
AMORTIZACIONES				
Ordenador	1.000 €	43800 h	40 h	0,91 €
Licencia AutoCAD	2.227 €	8760 h	40 h	10,17 €
				11,08 €

En tercer lugar, se van a obtener los gastos; es decir, todo aquello que no se puede volver a utilizar después. Para ello, se van a tener en cuenta todos los materiales empleados para hacer la instalación como puede ser el cableado, interruptores...

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

Tabla 9.3. Gastos. Fuente: Elaboración propia

Concepto	Unidades	Longitud	Coste Unitario	Coste
GASTOS				
Cable tipo H07V-U (S= 1,5 mm)	3	63,61 m	0,14895 €/m	28,41 €
Cable tipo H07V-U (S= 2,5 mm)	3	168,45 m	0,2227 €/m	112,54 €
Cable tipo H07V-U (S= 6 mm)	3	76,50 m	0,5088 €/m	116,77 €
Tubo corrugado de PVC 16 mm	1	63,61 m	0,0829 €/m	5,27 €
Tubo corrugado de PVC 20 mm	1	168,45 m	0,0929 €/m	15,65 €
Tubo corrugado de PVC 25 mm	1	63,61 m	0,1332 €/m	8,47 €
Interruptor Automático magnetotérmico 2p 10A iK60N	1	-	10,77 €	10,77 €
Interruptor Automático magnetotérmico 2p 16A iK60N	7	-	10,94 €	76,58 €
Interruptor Automático magnetotérmico 2p 25A iK60N	2	-	11,45 €	22,90 €
Interruptor Diferencial 40A 2p 30 mA	2	-	22,95 €	45,90 €
Interruptor Diferencial 63A 2p 300 mA	1	-	102,33 €	102,33 €
Interruptor Automático magnetotérmico 2p 40A iK60N	1	-	27,23 €	27,23 €
Interruptor de Control de Potencia 2p 40 A	1	-	63,08 €	63,08 €
Cuadro de General de Protecciones	1	-	25,30 €	25,30 €
				661,20 €

A partir de las horas internas, amortizaciones y gastos se van a obtener los costes directos. Y, por último, se van a tener en cuenta los costes indirectos (aquellos que no se pueden imputar a ningún proyecto) y los costes imprevistos, como un porcentaje de los costes directos.

Tabla 9.4. Presupuesto. Fuente: Elaboración propia

COSTES DIRECTOS	2872,28 €
Indirectos	7%
SUBTOTAL 1	3073,34 €
Imprevistos	10%
<u>TOTAL</u>	<u>3380,67 €</u>

10 CONCLUSIONES

Tras haber realizado el presente trabajo de fin de grado se pueden concluir varios aspectos significativos.

En primer lugar, se han ampliado los conocimientos de instalaciones eléctricas de baja tensión adquiridos en la asignatura Tecnología Eléctrica de la escuela. Esto se ha conseguido gracias a la lectura del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y por medio de la búsqueda de información en la red. Además, también se ha podido aplicar lo estudiado sobre cálculos de sección en esta misma asignatura.

Por otro lado, cabe destacar que se ha aprendido a realizar planos de viviendas por medio del uso del programa AutoCAD. Este programa es muy fácil de usar y simplemente, viendo vídeos en internet, se pueden aprender muchas cosas. Además, gracias a estos planos y la ayuda del REBT, se han podido diseñar todos los circuitos que puede tener un inmueble con grado de electrificación elevado, para posteriormente poder realizar los cálculos.

Por lo que, se puede decir que este proyecto puede servir de base para saber cómo realizar instalaciones eléctricas de viviendas con grado de electrificación elevado.

Para un futuro trabajo de fin de máster, se podrían ampliar los conocimientos realizando la instalación eléctrica de un edificio de viviendas completo en el que habría que hacer muchos más cálculos y serían necesarios más planos.

11 BIBLIOGRAFÍA.

- Asunción León Blasco, E. B. (2013). *Proyectos de Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión: Aplicación a Edificios de Viviendas*. Marcombo universitaria.
- Automatismo Industrial*. (s.f.). Obtenido de <https://automatismoindustrial.com/a-instalaciones-de-enlace/3-1-elementos-de-proteccion/3-1-4-el-fusible/>
- Beren, M. (s.f.). *Prezi Sobrecargas eléctricas*. Obtenido de <https://prezi.com/azezhkcaokeb/sobrecargas-electricas/>
- Blog Prefire*. (2019). Obtenido de <https://blog.prefire.es/2019/01/cables-resistentes-al-fuego-sistemas-deteccion-alarma-incendios/>
- FACEL. (2015). *DESIGNACIÓN DE LOS CABLES DE ENERGÍA DE BAJA TENSIÓN*. Obtenido de <https://www.facel.es/wp-content/uploads/2018/08/PF-03-DESIGNACION-CABLES-Rev-2015-06-01.pdf>
- RAE. (s.f.). Obtenido de <https://dle.rae.es/cortocircuito?m=form>
- Rocamora, C. (s.f.). *Universidad Miguel Hernandez*. Obtenido de http://repositorio.innovacionmh.es/Proyectos/P_22CursoMateriales/Carmen_Rocamora/calculo_electrico/page_05.htm
- Top Cable*. (s.f.). Obtenido de <https://www.topcable.com/sites/es-lat/calcular-seccion-cable-electrico/>
- Top cable. (2017). *Tipos de cables eléctricos y sus características*. Obtenido de <https://www.topcable.com/blog-electric-cable/designacion-de-los-cables-electricos-bt-061-kv/>
- Uriondo, F. (2019). *Tecnología Eléctrica*.

ANEXO I: NORMATIVA

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

Estas son las normas que se han utilizado para la elaboración del proyecto y que son necesarias para cualquier proyecto de instalación eléctrica de una vivienda:

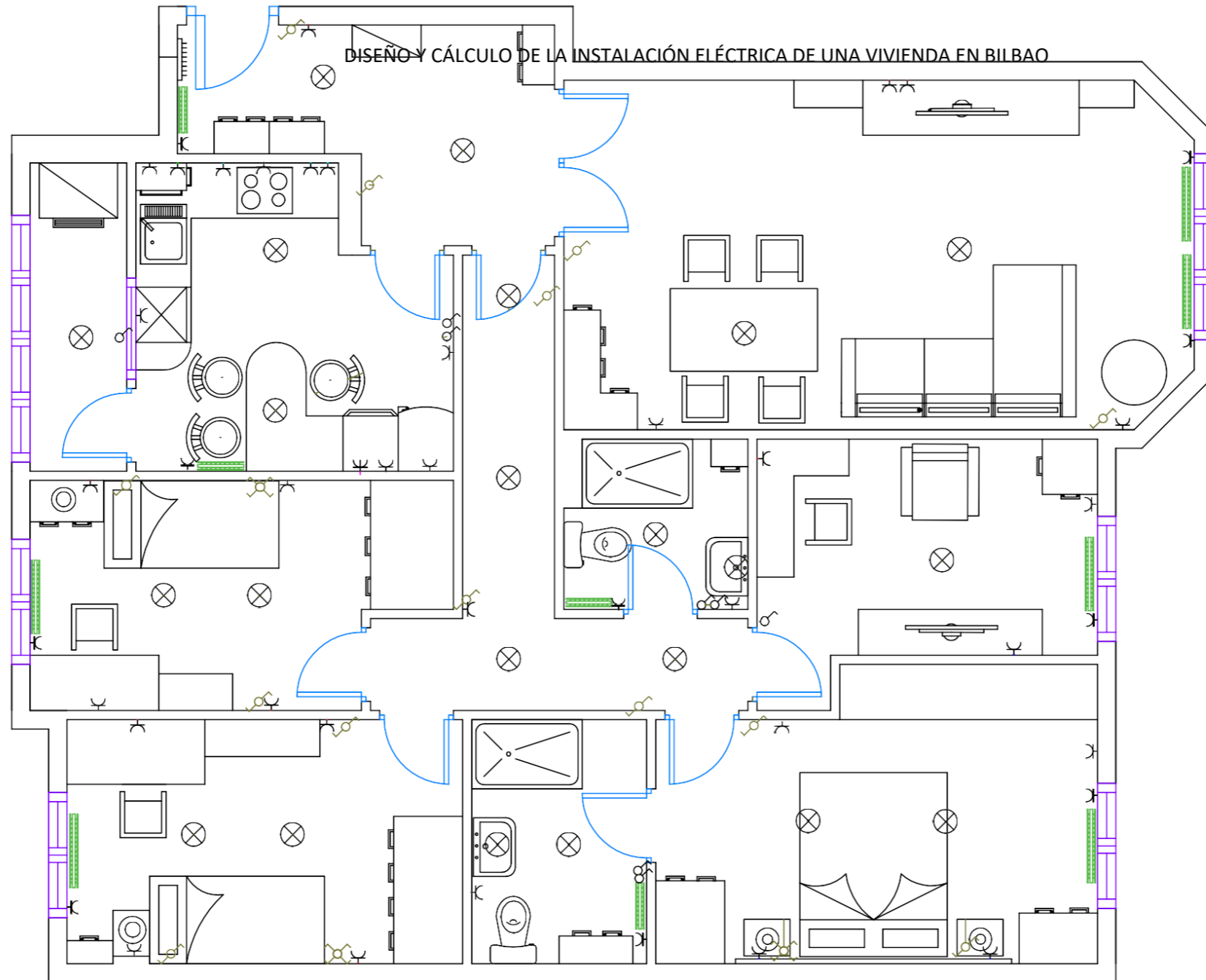
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (Real Decreto 842/2022, de 2 de agosto, publicado en el BOE el 18 de septiembre de 2002) con las instrucciones técnicas complementarias:
 - ITC-BT-01. Terminología
 - ITC-BT-04. Documentación y puesta en servicio de las instalaciones
 - ITC-BT-05. Verificaciones e inspecciones
 - ITC-BT-06. Redes aéreas para distribución en baja tensión
 - ITC-BT-07. Redes subterráneas para distribución en baja tensión
 - ITC-BT-10. Previsión de cargas para suministros en baja tensión
 - ITC-BT-11. Redes de distribución de energía eléctrica. Acometidas
 - ITC-BT-12. Instalaciones de enlace. Esquemas
 - ITC-BT-13. Instalaciones de enlace. Cajas generales de protección
 - ITC-BT-14. Instalaciones de enlace. Línea general de alimentación
 - ITC-BT-15. Instalaciones de enlace. Derivaciones individuales
 - ITC-BT-16. Instalaciones de enlace. Contadores: Ubicación y sistemas de instalación
 - ITC-BT-17. Instalaciones de enlace. Dispositivos generales e individuales de mando y protección. Interruptor de control de potencia
 - ITC-BT-18. Instalaciones de puesta a tierra
 - ITC-BT-19. Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales
 - ITC-BT-20. Instalaciones interiores o receptoras. Sistemas de instalación
 - ITC-BT-21. Instalaciones interiores o receptoras. Tubos y canales protectoras
 - ITC-BT-23. Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobretensiones
 - ITC-BT-24. Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra los contactos directos e indirectos
 - ITC-BT-25. Instalaciones interiores de viviendas. Número de circuitos y características.
 - ITC-BT-26. Instalaciones interiores de viviendas. Prescripciones generales de la instalación.
 - ITC-BT-27. Instalaciones interiores de viviendas. Locales con bañera o ducha.

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO

- Normativa de la compañía eléctrica Iberdrola.
- Normativa del Gobierno Vasco.

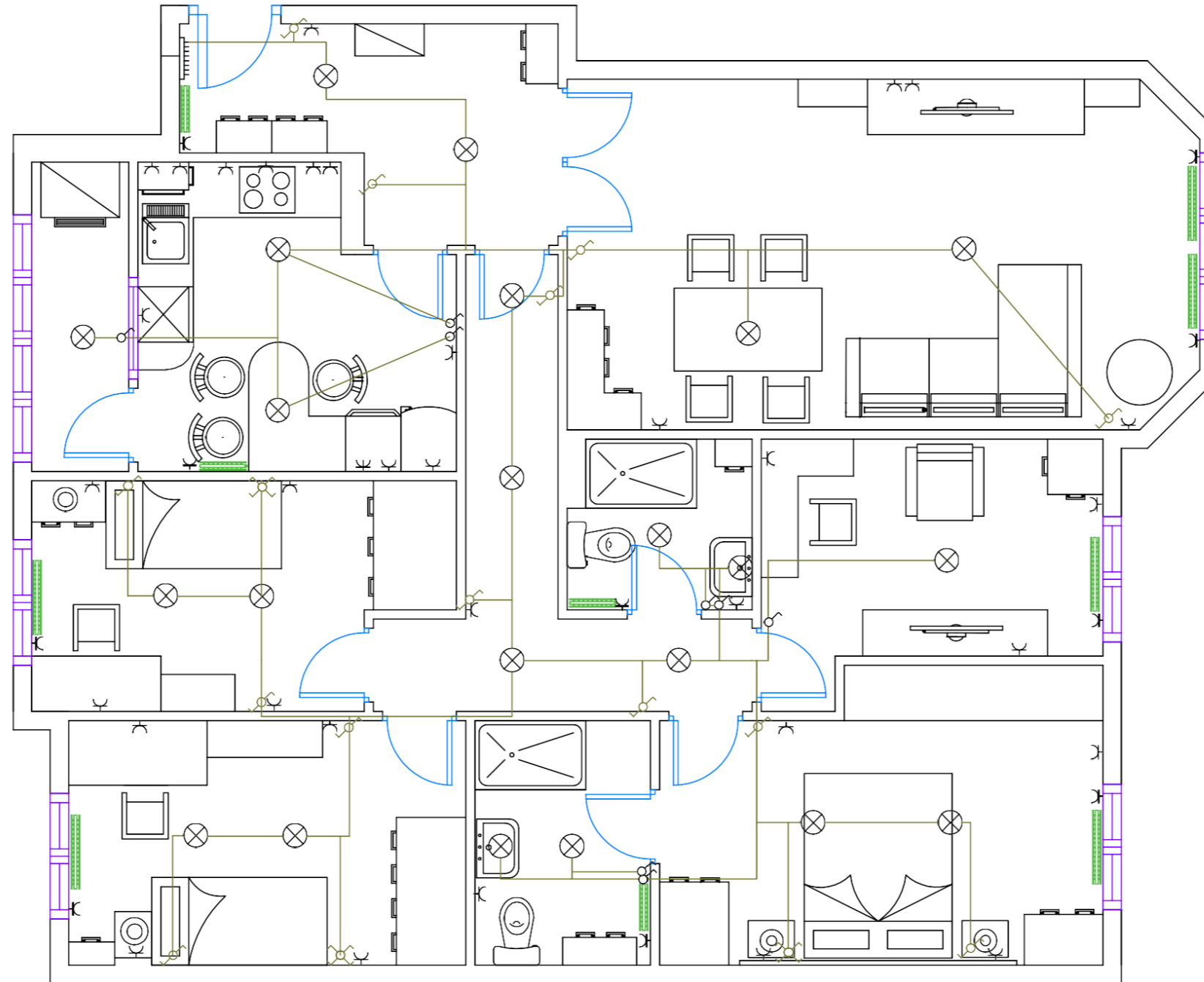
ANEXO II: PLANOS Y ESQUEMA UNIFILAR






DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO



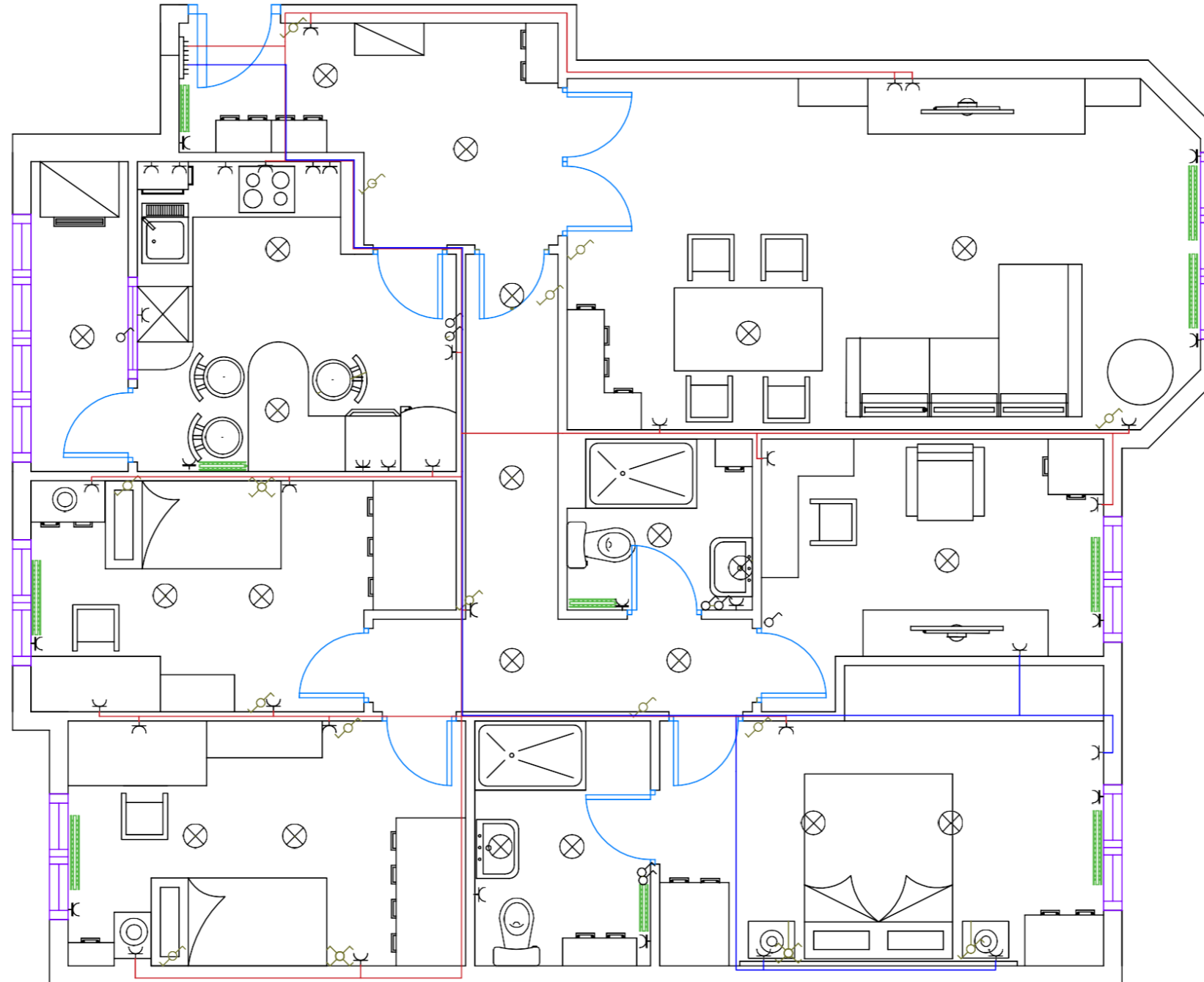
Proyecto: Instalación Eléctrica de una Vivienda	Nombre: Markel González Muruaga	Plano: Plano de planta	<ul style="list-style-type: none"> Interruptor unipolar Conmutador simple Punto de luz Base 16 A (2P + T) Base 25 A (2P + T)
UPV-EHU Escuela Técnica Superior de Ingeniería	Grado en Ingeniería en Tecnología Industrial	Número de Plano: 01 Formato: A3 Escala: 1/60	

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO



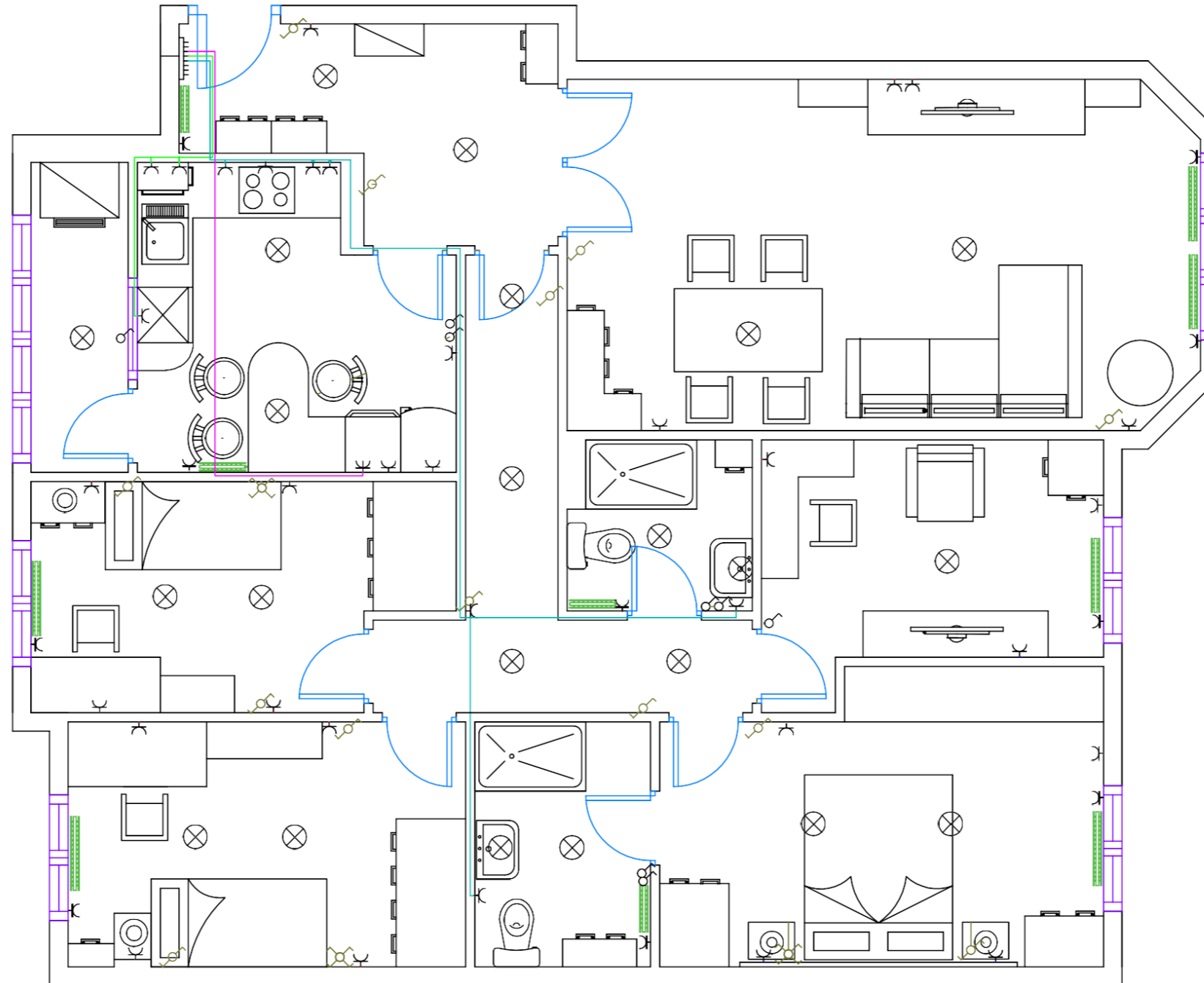
<p>Proyecto: Instalación Eléctrica de una Vivienda</p>	<p>Nombre: Markel González Muruaga</p>	<p>Plano: Plano de planta del circuito 1 Formato: A3</p>	<p>  Interruptor unipolar  Conmutador simple  Punto de luz  Base 16 A (2P + T)  Base 25 A (2P + T) </p>
<p>UPV-EHU Escuela Técnica Superior de Ingeniería</p>	<p>Grado en Ingeniería en Tecnología Industrial</p>	<p>Número de Plano: 02 Escala: 1/60</p>	






DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO



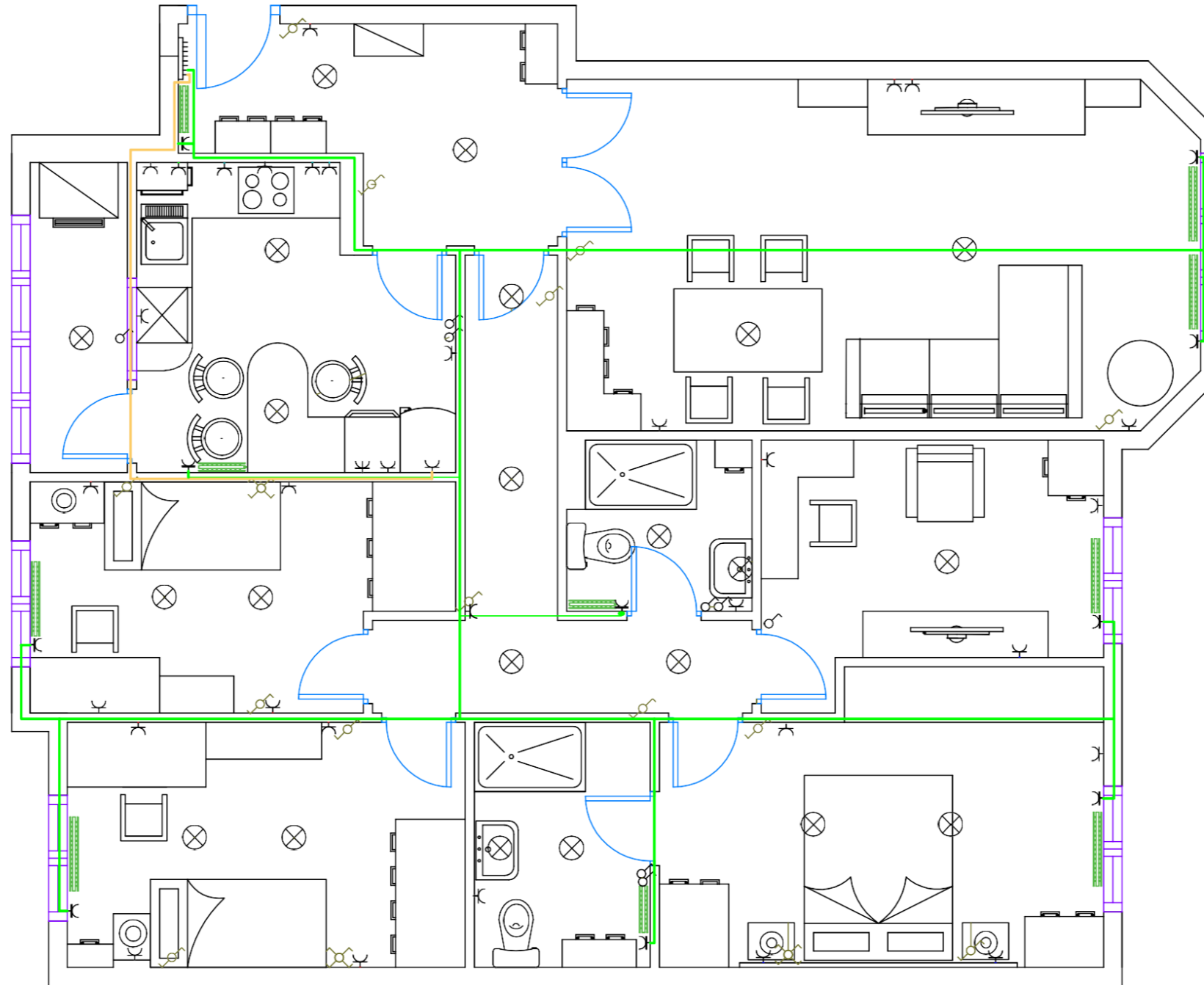
<p>Proyecto: Instalación Eléctrica de una Vivienda</p>	<p>Nombre: Markel González Muruaga</p>	<p>Plano: Plano de planta del circuito 2 (rojo) Formato: A3 y su adicional (circuito 7, en azul))</p>	<p>⏏ Interruptor unipolar ⏏ Conmutador simple</p>
<p>UPV-EHU Escuela Técnica Superior de Ingeniería</p>	<p>Grado en Ingeniería en Tecnología Industrial</p>	<p>Número de Plano: 03 Escala: 1/60</p>	<p>⊗ Punto de luz ⌞ Base 16 A (2P + T) ⌞ Base 25 A (2P + T)</p>






DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO



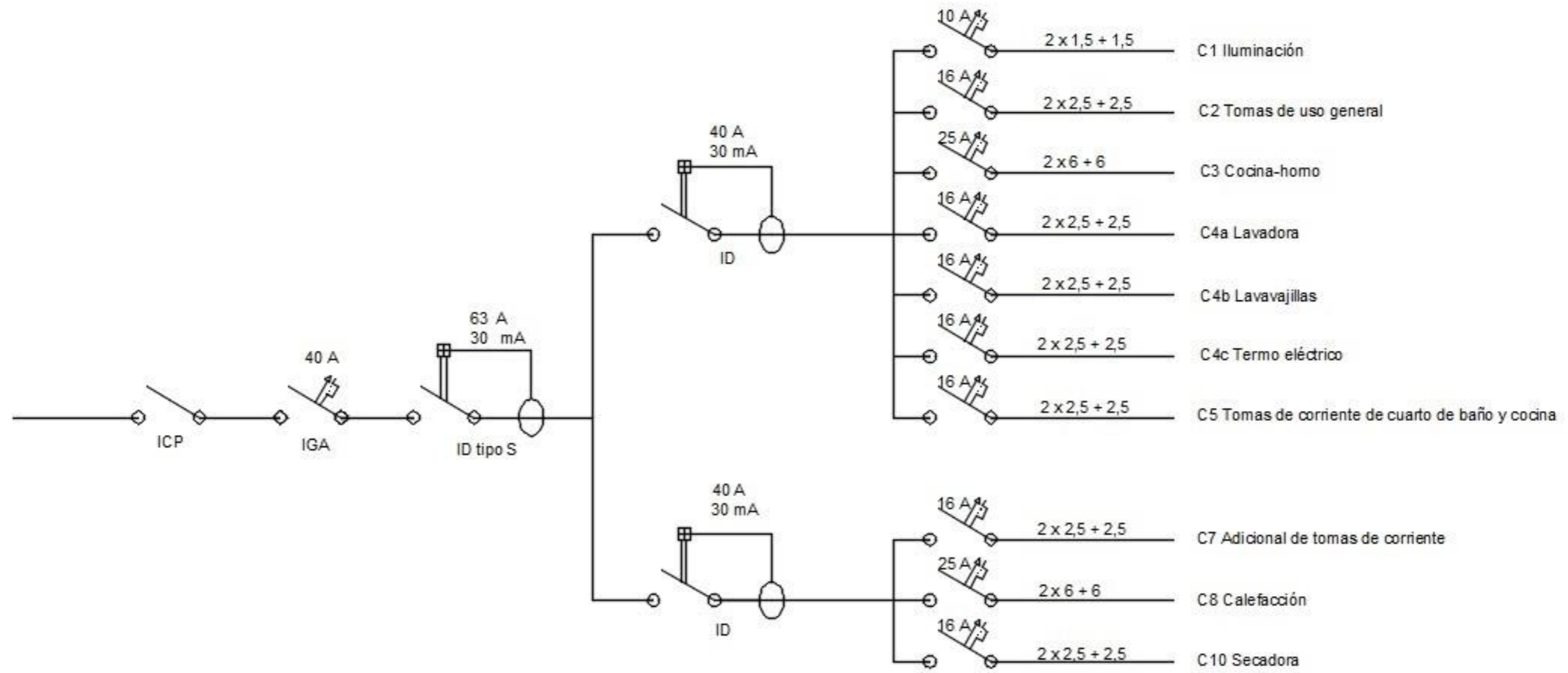
<p>Proyecto: Instalación Eléctrica de una Vivienda</p>	<p>Nombre: Markel González Muruaga</p>	<p>Plano: Plano de planta del circuito 3 (rosa), del circuito 4 (verde claro) y del circuito 5 (azul claro)</p>	<p>  Interruptor unipolar  Conmutador simple  Punto de luz  Base 16 A (2P + T)  Base 25 A (2P + T) </p>
<p>UPV-EHU Escuela Técnica Superior de Ingeniería</p>	<p>Grado en Ingeniería en Tecnología Industrial</p>	<p>Número de Plano: 04 Escala: 1/60</p>	

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO



<p>Proyecto: Instalación Eléctrica de una Vivienda</p>	<p>Nombre: Markel González Muruaga</p>	<p>Plano: Plano de planta del circuito 8 (verde claro) y del circuito 10 (amarillo)</p>	<p>  Interruptor unipolar  Conmutador simple  Punto de luz  Base 16 A (2P + T)  Base 25 A (2P + T) </p>
<p>UPV-EHU Escuela Técnica Superior de Ingeniería</p>	<p>Grado en Ingeniería en Tecnología Industrial</p>	<p>Número de Plano: 05 Escala: 1/60</p>	

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN BILBAO



Proyecto: Instalación Eléctrica de una Vivienda	Nombre: Markel González Muruaga	Plano: Esquema Unifilar	Interruptor unipolar Conmutador simple Punto de luz Base 16 A (2P + T) Base 25 A (2P + T)
UPV-EHU Escuela Técnica Superior de Ingeniería	Grado en Ingeniería en Tecnología Industrial	Número de Plano: 06	

