NOTA DEL AUTOR

Me llamo José M. Pérez H., soy ingeniero técnico industrial y autor de Sección BT y de los programas que componen su suite de aplicaciones eléctricas. Tengo algo más de sesenta años y una trayectoria que comenzó trabajando a pie de obra, mucho antes de dedicarme a desarrollar herramientas de cálculo y diseño.

Tras finalizar la EGB, cursé Formación Profesional en la Universidad Laboral de Toledo, donde obtuve primero el título de técnico auxiliar en Líneas Eléctricas y, posteriormente, el de técnico especialista en Máquinas Eléctricas. Fue una etapa extraordinaria, tanto por lo aprendido como por la experiencia personal. Conservo un especial reconocimiento hacia aquella formación profesional, por su profundidad, su exigencia y su estrecha relación con el oficio.

Después continué mis estudios de Ingeniería Técnica Industrial, en la especialidad eléctrica, durante los primeros años de la Universidad de Castilla-La Mancha, aunque mi título fue expedido por la Universidad Politécnica de Madrid.

Mi vida laboral había comenzado bastante antes: desde el primer curso de Formación Profesional aproveché los veranos para trabajar en una empresa de montajes eléctricos de mi localidad natal. Empecé como peón, pasé a oficial y, con el tiempo y la formación adquirida, llegué a asumir su dirección técnica. Ese recorrido me permitió conocer la profesión desde distintas responsabilidades y comprender que una instalación debe funcionar sobre el papel, pero también en la realidad de una obra.

En 1991 decidí independizarme y fundé mi propia empresa de montajes eléctricos de baja y media tensión, a la que después incorporé la actividad de telecomunicaciones. Como instalador autorizado de baja tensión en categoría especialista y de alta tensión, desarrollé numerosas instalaciones, además de realizar proyectos y direcciones de obra. La empresa llegó a contar con una plantilla de treinta operarios. Mantuve esa etapa empresarial hasta 2015, cuando decidí dar un cambio de rumbo a mi vida.

Aunque mi trabajo abarcó muchas áreas de la ingeniería y de las instalaciones eléctricas, mi principal vocación siempre fue el automatismo industrial. Por eso continué formándome mediante cursos de especialización en automatización, domótica y mecatrónica. La programación de autómatas ha ocupado un lugar destacado en mi actividad, especialmente con equipos y entornos de Mitsubishi y Omron, además de Siemens y TIA Portal. Más recientemente incorporé Java y Python a mis herramientas de programación.

Sección BT nació casi por casualidad en agosto de 2026. Mi actividad divulgativa en TikTok y una inquietud personal acabaron convirtiéndose en un reto: comprobar si era capaz de desarrollar una aplicación que trasladara al móvil parte de los conocimientos y procedimientos que había utilizado durante tantos años.

De aquel primer impulso surgió una suite con herramientas para calcular instalaciones eléctricas, dibujar esquemas unifilares, simular su funcionamiento y elaborar boletines y certificados de instalación eléctrica. La intención es facilitar el trabajo habitual mediante procesos sencillos y automatizados, ofreciendo también opciones de mayor profundidad para quienes necesitan un análisis más detallado.

Detrás de estos programas está mi experiencia como trabajador, instalador, empresario e ingeniero, pero también la curiosidad de quien sigue disfrutando al aprender algo nuevo. Mi propósito es convertir esa experiencia en herramientas útiles, comprensibles y próximas a las necesidades reales de nuestra profesión.

José M. Pérez H.
Ingeniero técnico industrial
Autor de la suite Sección BT

MANUAL PROFESIONAL

SECCIÓN BT

PLUS + IA

13.0.0.0

Instalación · Cálculo eléctrico · Unifilares · Simulación · CIE · Formación

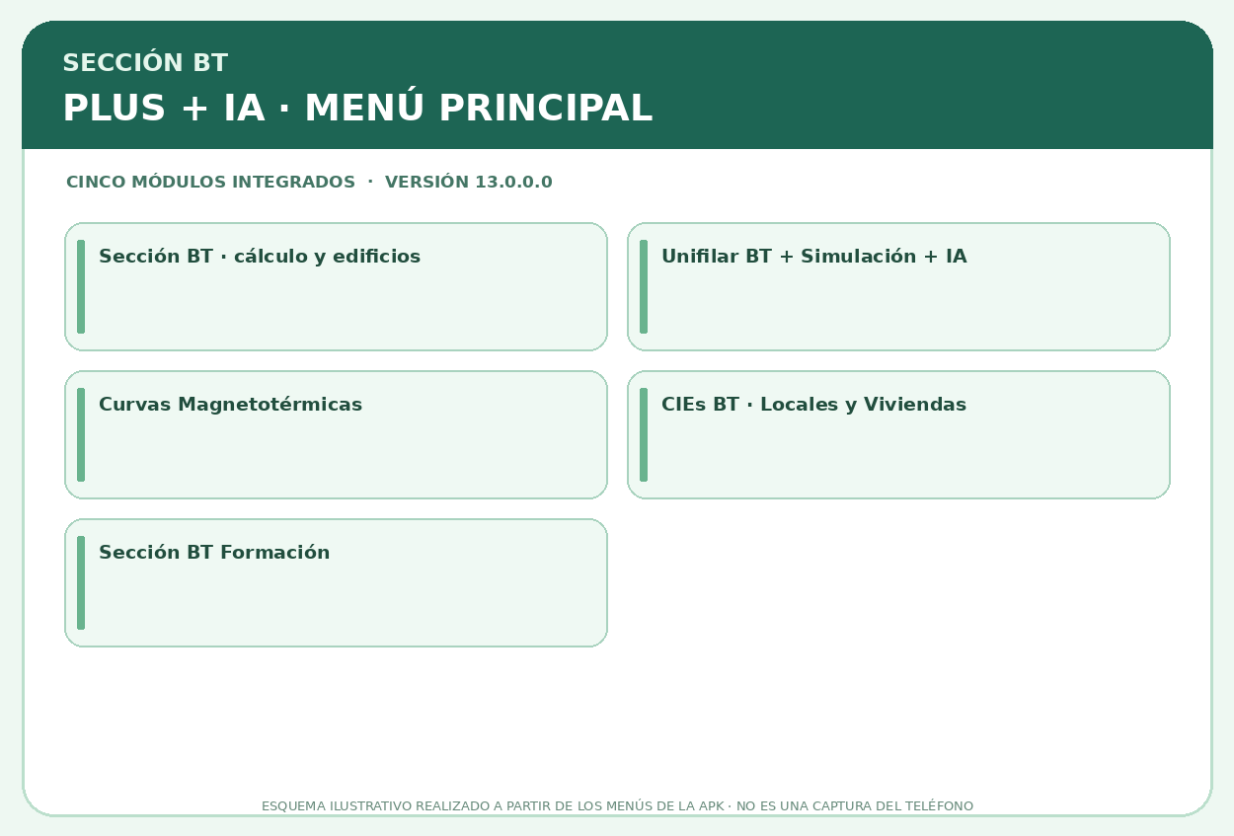


Figura 1. Reconstrucción orientativa del selector de los cinco módulos integrados.

Edición técnica basada en la APK 13.0.0.0 y sus recursos embebidos, con apoyo en los materiales de recuperación y en el reglamento de referencia.

Documento de usuario, de consulta profesional y de apoyo didáctico. Las hipótesis de cálculo y las limitaciones se indican expresamente; el uso del programa no sustituye la verificación en obra ni las competencias reglamentarias.

Objeto y organización

Este manual describe la instalación, la activación y el manejo de los cinco módulos. Incluye guía de interfaz, modelo de cálculo, ejemplos numéricos, advertencias de validación, itinerarios de trabajo y un anexo docente tomado de los contenidos incluidos en el propio producto.

Naturaleza de las ilustraciones

Las vistas de pantalla de este documento son reconstrucciones gráficas de botones y rótulos identificados en los recursos de la APK. No se presentan como fotografías obtenidas de un dispositivo Android. Los diagramas y ejemplos se distinguen de las capturas reales.

Fiabilidad de la información

Se han contrastado el contenido de assets/index.html, los paquetes de CIEs BT y Formación, los motores JavaScript de cálculo y los textos de la versión Unifilar 9.0.0.ia. Un nombre de menú no acredita por sí solo que todas las salidas funcionen en cualquier dispositivo; se explican los supuestos y qué conviene comprobar.

Marco reglamentario

La referencia general es el REBT (RD 842/2002) y sus ITC vigentes, junto con las guías técnicas oficiales, que son de aplicación no vinculante. Las normas de producto, instrucciones autonómicas y fichas de fabricantes deben comprobarse para cada expediente.

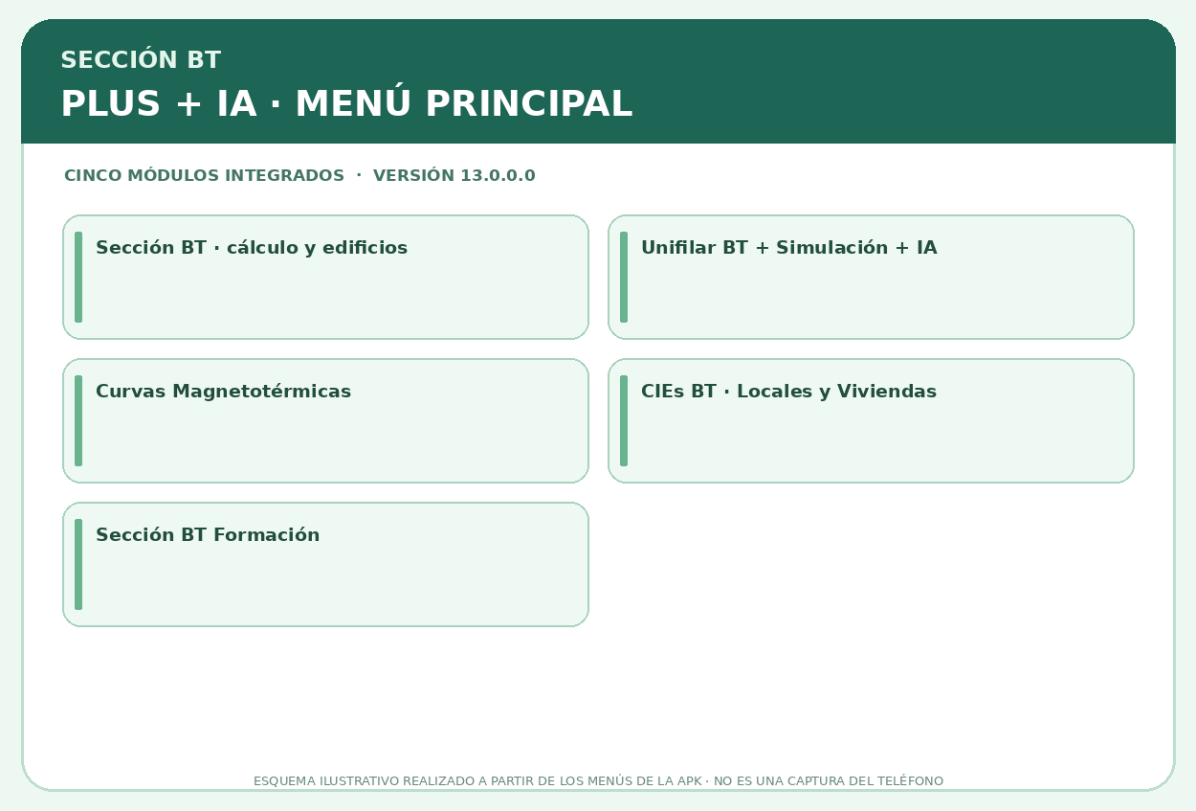
CONVENCIÓN DE LECTURA «Control identificado» significa que figura en la interfaz incluida en el instalador; «criterio técnico» explica ingeniería aplicable; «revisar» significa que el cálculo concreto depende del modelo, del reglamento o de datos de fabricante.

Contenido de la obra

01 Producto, árbol de funciones y requisitos ··· pág. 5
02 Instalación, licencias y conservación ··· pág. 7
03 Sección BT: predimensionamiento y selección ··· pág. 10
04 Instalación completa y cálculo acumulado ··· pág. 14
05 Edificios y previsión de cargas ··· pág. 19
06 Fotovoltaica: CC y producción offline ··· pág. 22
07 Protecciones y selectividad ··· pág. 26
08 Tubos, canales y bandejas ··· pág. 30
09 Curvas magnetotérmicas e I^2t ··· pág. 33
10 Unifilar BT + Simulación + IA ··· pág. 36
11 CIEs BT: Vivienda ··· pág. 43
12 CIEs BT: Locales ··· pág. 48
13 Sección BT Formación y analizador ··· pág. 53
14 Casos de aplicación y ejercicios ··· pág. 58
15 Diagnóstico, verificación y mantenimiento ··· pág. 72
16 Anexo docente: 16 unidades ··· pág. 76
17 Anexo REBT: conceptos, cifras y verificaciones ··· pág. 160
18 Fuentes, trazabilidad y glosario ··· pág. 206

01 Producto, árbol de funciones y requisitos

Sección BT Plus + IA 13.0.0.0 agrupa cinco aplicaciones en una instalación Android con licencia general de la suite. Aunque la presentación es común, cada programa conserva su especialidad y su propio motor; los proyectos deben intercambiarse por los formatos previstos, no suponiendo una base de datos global única.



Vista explicativa del bloque «Producto, árbol de funciones y requisitos», reconstruida a partir de los controles presentes en la APK.

Bloque	Versión que presenta la APK	Función principal
Sección BT	Base integrada 9.3.0	Cables, líneas, instalaciones, edificios, FV y cálculo
Unifilar BT + Simulación + IA	9.0.0.ia	Edición, cálculo de redes, simular y exportar
Curvas Magnetotérmicas	3.0.0-beta3	Tiempo-corriente, selectividad, energía pasante
CIEs BT	2.0 R2	Vivienda BT 5.0.0 + Locales BT 12.2.5
Sección BT Formación	1.0.1	Circuitos FP + analizador gráfico

ÁMBITO La información de versión se refiere a la APK examinada. Las denominaciones internas de las aplicaciones y sus activos se documentan como aparecen en el menú, aunque un subsistema conserve una versión histórica dentro de la suite.

Árbol jerárquico de la aplicación

SECCIÓN BT PLUS + IA 13.0.0.0
├─ Activación de licencia
│ ├─ Código de comprador · online
│ └─ Solicitud + respuesta firmada · offline

- 1. Sección BT
  - Predimensionamiento / Verificación de sección
  - Cálculo de conductores y caídas
  - Edificios residenciales / Previsión de cargas
  - Fotovoltaica CC / Strings / MPPT / Protecciones
  - Producción FV offline / curvas / documentos
  - Instalación completa / hasta 50 líneas
  - Protecciones y selectividad
  - Tubos y canalizaciones
  - Curvas integradas / exportación a Unifilar
- 2. Unifilar BT + Simulación + IA
  - Edición gráfica / símbolos IEC / páginas
  - Alimentación / cuadros / líneas / receptores
  - Diferenciales / magnetotérmicos / cables
  - Opciones de cálculo / impedancias / Icc
  - Simulación de carga y defecto / estado del plano
  - Dictado y conversión estructurada asistida
  - Informes / .ubt.json / PDF
- 3. Curvas Magnetotérmicas
  - Cálculo rápido / comparador I^2t
  - Cálculo completo Q1–cable–Q2
  - Visor de curvas / estudios complejos
  - Biblioteca / importación / informe PDF
- 4. CIEs BT
  - Vivienda BT 5.0.0 / 9 etapas / C1–C13
  - Locales BT 12.2.5 / actividades / cuadros / CIE
- 5. Sección BT Formación
  - Circuitos Eléctricos FP / 16 unidades
  - Calculadoras y simulador
  - Anexos A0 (medidas), A1 (100 conceptos), A2 (50 datos)
  - Analizador: armónicos, FV, SPWM, variador

Alcance profesional y responsabilidad

La suite ayuda a preparar datos, calcular alternativas, dibujar y emitir documentación de trabajo. No certifica automáticamente una instalación ni sustituye las operaciones de verificación exigibles.

1. Separar datos de proyecto, hipótesis de cálculo y medidas reales.
2. Validar las características nominales con placas y hojas de fabricante.
3. Contrastar la solución con las ITC aplicables al lugar, uso y esquema de distribución.
4. Revisar los documentos impresos antes de firmarlos o registrarlos.

Fundamento o criterio técnico. Una salida de software es la conclusión de un modelo y un conjunto de entradas. Un resultado numérico aparentemente exacto no acredita por sí solo cumplimiento reglamentario.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Registrar versión, fecha, hipótesis, autor del expediente y cualquier medida que corrija el modelo.

Referencia de implementación: assets/index.html; assets/main.js

02 Instalación, licencias y conservación

El instalador suministrado es un APK de Android. La primera apertura presenta la portada con «NEW»; el acceso a los módulos queda condicionado a licencia permanente. Existen dos modalidades de activación: automática online con código de comprador y manual con solicitud/respuesta firmada.



Vista explicativa del bloque «Instalación, licencias y conservación», reconstruida a partir de los controles presentes en la APK.

Instalación desde APK

Descargar el archivo completo .apk, verificar que no sea una parte .001/.002 y abrirlo desde el gestor de archivos de Android.

1. Descargar el archivo completo .apk, verificar que no sea una parte .001/.002 y abrirlo desde el gestor de archivos de Android.
2. Comprobar el mensaje de estado de la pantalla antes de continuar.
3. Conservar una copia del material de proyecto y registrar fecha y versión.

Fundamento o criterio técnico. La habilitación de fuentes externas se gestiona por aplicación origen y versión del sistema. Conservar la procedencia y no instalar APK alteradas.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Comprobar que Android no identifica el instalador como dañado y que aparece el nombre Sección BT Plus + IA.

Referencia de implementación: assets/index.html; assets/license.js; assets/license-core.js

Actualización sobre versión anterior

Instalar el nuevo APK sin desinstalar el anterior, cuando comparta identificador y certificado de firma; así se preservan normalmente los datos locales.

1. Instalar el nuevo APK sin desinstalar el anterior, cuando comparta identificador y certificado de firma; así se preservan normalmente los datos locales.
2. Comprobar el mensaje de estado de la pantalla antes de continuar.
3. Conservar una copia del material de proyecto y registrar fecha y versión.

Fundamento o criterio técnico. Las actualizaciones compatibles requieren la firma de publicación prevista por Android. Una versión de paquete distinto no hereda automáticamente información.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Antes de actualizar, exportar proyectos en sus formatos propios.

Referencia de implementación: assets/index.html; assets/license.js; assets/license-core.js

Activación online

Introducir el código de comprador en la casilla indicada y pulsar ACTIVAR ONLINE; el sistema solicita una licencia permanente y la valida antes de guardarla.

1. Introducir el código de comprador en la casilla indicada y pulsar ACTIVAR ONLINE; el sistema solicita una licencia permanente y la valida antes de guardarla.
2. Comprobar el mensaje de estado de la pantalla antes de continuar.
3. Conservar una copia del material de proyecto y registrar fecha y versión.

Fundamento o criterio técnico. La fase inicial usa conexión. La pantalla declara que, tras activar correctamente, la aplicación puede operar sin conexión.

PUNTO DE COMPROBACIÓN No confundir código de comprador con respuesta firmada.

Referencia de implementación: assets/index.html; assets/license.js; assets/license-core.js

Activación manual/offline

Pulsar COPIAR SOLICITUD; enviar el código al emisor o creador; introducir en su campo la respuesta firmada y pulsar VALIDAR Y ACTIVAR.

1. Pulsar COPIAR SOLICITUD; enviar el código al emisor o creador; introducir en su campo la respuesta firmada y pulsar VALIDAR Y ACTIVAR.
2. Comprobar el mensaje de estado de la pantalla antes de continuar.
3. Conservar una copia del material de proyecto y registrar fecha y versión.

Fundamento o criterio técnico. La respuesta está vinculada a este dispositivo e instalación, y su verificación emplea la clave pública integrada.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Recrear la solicitud invalida la correspondencia con una respuesta anterior.

Referencia de implementación: assets/index.html; assets/license.js; assets/license-core.js

Conservación y traslado

Guardar copia de los archivos de proyecto (JSON, .ubt.json, etc.) fuera del dispositivo, y conservar el código original y las pruebas de adquisición.

1. Guardar copia de los archivos de proyecto (JSON, .ubt.json, etc.) fuera del dispositivo, y conservar el código original y las pruebas de adquisición.
2. Comprobar el mensaje de estado de la pantalla antes de continuar.
3. Conservar una copia del material de proyecto y registrar fecha y versión.

Fundamento o criterio técnico. Actualizar sobre la instalación puede mantener licencia y datos, mientras que desinstalar o borrar datos puede exigir una nueva respuesta.

PUNTO DE COMPROBACIÓN No confundir copia de archivos de proyecto con copia de la licencia vinculada.

Referencia de implementación: assets/index.html; assets/license.js; assets/license-core.js

Gestión de incidencias

Comprobar fecha/hora del dispositivo, conexión para el modo online, copia exacta de los códigos y actualizaciones de Android System WebView.

1. Comprobar fecha/hora del dispositivo, conexión para el modo online, copia exacta de los códigos y actualizaciones de Android System WebView.
2. Comprobar el mensaje de estado de la pantalla antes de continuar.
3. Conservar una copia del material de proyecto y registrar fecha y versión.

Fundamento o criterio técnico. Los errores de firma, de código de otro producto, de identidad de instalación o de retroceso temporal impiden validar legítimamente la licencia.

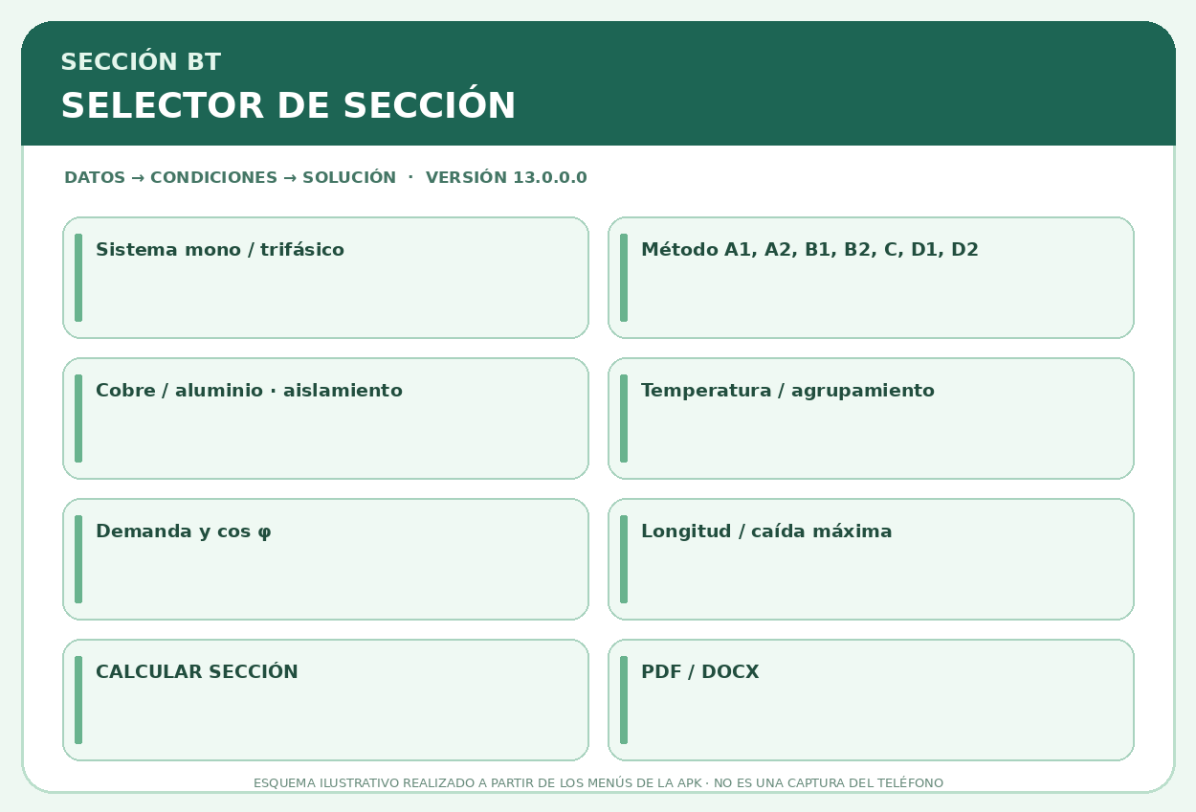
PUNTO DE COMPROBACIÓN No alterar certificados ni archivos de aplicación: solicitar una respuesta legítima al creador.

Referencia de implementación: assets/index.html; assets/license.js; assets/license-core.js

Mensaje o situación	Interpretación	Acción
Falta licencia permanente	Suite no activada	Solicitar activación online u offline
Producto incorrecto	Clave emitida para otra aplicación	Solicitar clave para Plus 13
Respuesta de otra instalación	Huella local distinta	Generar nueva solicitud
Firma no válida	Respuesta no verificable	No utilizar; consultar al emisor
Reloj incoherente	No se acepta la validación	Corregir fecha y hora y contactar
Desinstalación o borrado de datos	Se pierde identidad local	Obtener nueva licencia vinculada

03 Sección BT: predimensionamiento y selección

Sección BT es el núcleo de la suite. Permite proponer o comprobar conductores, calcular caída de tensión y generar memorias. La pantalla de selección distingue cálculo rápido por intensidad de la comprobación conjunta de condiciones eléctricas y reglamentarias.



Vista explicativa del bloque «Sección BT: predimensionamiento y selección», reconstruida a partir de los controles presentes en la APK.

Sistema monofásico y trifásico

Seleccionar 230 V monofásico o 400 V trifásico según la alimentación real. Un sistema trifásico no implica que todas las salidas sean trifásicas.

1. Identificar el dato en campo, croquis y documentación.
2. Seleccionar el control correspondiente en la pantalla de cálculo.
3. Ejecutar CALCULAR SECCIÓN y revisar las condiciones que determinan el resultado.
4. Modificar solo la variable que se desea estudiar y repetir el cálculo.

Fundamento o criterio técnico. La intensidad de diseño varía con potencia activa, tensión de referencia, factor de potencia y rendimiento. En monofásica $Ib \approx P/(U \cos\varphi\ \eta)$; en trifásica equilibrada $Ib \approx P/(\sqrt{3} \cdot U \cos\varphi\ \eta)$.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Si el diseño es singular (armónicos, neutro cargado, aislamiento, temperatura, conjunto de cables o enterramiento no tabulado), calcular fuera de la aproximación y comprobar normativa y fabricante.

Referencia de implementación: assets/ampacity-engine.js; assets/main.js

Material y aislamiento

Elegir cobre o aluminio y la familia de cable. Revisar secciones disponibles y la temperatura de servicio compatible con aislamiento y terminales.

1. Identificar el dato en campo, croquis y documentación.
2. Seleccionar el control correspondiente en la pantalla de cálculo.
3. Ejecutar CALCULAR SECCIÓN y revisar las condiciones que determinan el resultado.
4. Modificar solo la variable que se desea estudiar y repetir el cálculo.

Fundamento o criterio técnico. La resistividad del conductor aumenta con la temperatura. $R\theta = R20[1+\alpha(\theta-20)]$, sin confundir resistencia en CC con impedancia total en AC.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Si el diseño es singular (armónicos, neutro cargado, aislamiento, temperatura, conjunto de cables o enterramiento no tabulado), calcular fuera de la aproximación y comprobar normativa y fabricante.

Referencia de implementación: assets/ampacity-engine.js; assets/main.js

Métodos de instalación

Identificar el método real en la guía: A1/A2, B1/B2 y restantes disponibles. Considerar tubos, huecos, pared térmicamente aislante, superficie y enterramiento.

1. Identificar el dato en campo, croquis y documentación.
2. Seleccionar el control correspondiente en la pantalla de cálculo.
3. Ejecutar CALCULAR SECCIÓN y revisar las condiciones que determinan el resultado.
4. Modificar solo la variable que se desea estudiar y repetir el cálculo.

Fundamento o criterio técnico. La intensidad tabulada solo corresponde al sistema de instalación, número de conductores cargados, aislamiento y condiciones de la tabla que la originó.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Si el diseño es singular (armónicos, neutro cargado, aislamiento, temperatura, conjunto de cables o enterramiento no tabulado), calcular fuera de la aproximación y comprobar normativa y fabricante.

Referencia de implementación: assets/ampacity-engine.js; assets/main.js

Temperatura y agrupamiento

Introducir temperatura ambiente o del terreno según método y número/disposición de circuitos agrupados.

1. Identificar el dato en campo, croquis y documentación.
2. Seleccionar el control correspondiente en la pantalla de cálculo.
3. Ejecutar CALCULAR SECCIÓN y revisar las condiciones que determinan el resultado.
4. Modificar solo la variable que se desea estudiar y repetir el cálculo.

Fundamento o criterio técnico. El cálculo corregido responde en general a $Iz = Iz,tabla \times ktemperatura \times kagrupamiento \times$ otros factores aplicables, con coherencia de tabla.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Si el diseño es singular (armónicos, neutro cargado, aislamiento, temperatura, conjunto de cables o enterramiento no tabulado), calcular fuera de la aproximación y comprobar normativa y fabricante.

Referencia de implementación: assets/ampacity-engine.js; assets/main.js

Potencia e intensidad

Seleccionar unidades de entrada (amperios o kilovatios); documentar potencia útil frente a absorbida en motores y el coseno de phi.

1. Identificar el dato en campo, croquis y documentación.
2. Seleccionar el control correspondiente en la pantalla de cálculo.
3. Ejecutar CALCULAR SECCIÓN y revisar las condiciones que determinan el resultado.
4. Modificar solo la variable que se desea estudiar y repetir el cálculo.

Fundamento o criterio técnico. No convertir motores mediante Ib = P/U sin rendimiento ni factor de potencia cuando sus datos expresan potencia mecánica.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Si el diseño es singular (armónicos, neutro cargado, aislamiento, temperatura, conjunto de cables o enterramiento no tabulado), calcular fuera de la aproximación y comprobar normativa y fabricante.

Referencia de implementación: assets/ampacity-engine.js; assets/main.js

Longitud y caída

Introducir longitud física del tramo y límite de caída permitido para la clase de línea.

1. Identificar el dato en campo, croquis y documentación.
2. Seleccionar el control correspondiente en la pantalla de cálculo.
3. Ejecutar CALCULAR SECCIÓN y revisar las condiciones que determinan el resultado.
4. Modificar solo la variable que se desea estudiar y repetir el cálculo.

Fundamento o criterio técnico. En circuito monofásico, $\Delta U \approx 2\ L\ I\ (R\cos\varphi + X\ \mathrm{sen}\varphi)$; en trifásico equilibrado, $\Delta U \approx \sqrt{3}\ L\ I\ (R\cos\varphi + X\ \mathrm{sen}\varphi)$. Mantener coherencia de unidades de R y X.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Si el diseño es singular (armónicos, neutro cargado, aislamiento, temperatura, conjunto de cables o enterramiento no tabulado), calcular fuera de la aproximación y comprobar normativa y fabricante.

Referencia de implementación: assets/ampacity-engine.js; assets/main.js

Verificación de sección

Introducir sección instalada y ejecutar «Verificar sección → Iz máxima» cuando se revisa un diseño existente.

1. Identificar el dato en campo, croquis y documentación.
2. Seleccionar el control correspondiente en la pantalla de cálculo.
3. Ejecutar CALCULAR SECCIÓN y revisar las condiciones que determinan el resultado.
4. Modificar solo la variable que se desea estudiar y repetir el cálculo.

Fundamento o criterio técnico. Comprobar por separado corriente de diseño, admisible corregida, calibre/curva del dispositivo, caída total, cortocircuito y mínimos de cada ITC.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Si el diseño es singular (armónicos, neutro cargado, aislamiento, temperatura, conjunto de cables o enterramiento no tabulado), calcular fuera de la aproximación y comprobar normativa y fabricante.

Referencia de implementación: assets/ampacity-engine.js; assets/main.js

Informes de cálculo

Generar PDF o Word desde la vista de resultados, sin sustituir el cálculo original.

1. Identificar el dato en campo, croquis y documentación.
2. Seleccionar el control correspondiente en la pantalla de cálculo.
3. Ejecutar CALCULAR SECCIÓN y revisar las condiciones que determinan el resultado.
4. Modificar solo la variable que se desea estudiar y repetir el cálculo.

Fundamento o criterio técnico. Registrar entrada, material, tabla, factores de corrección, longitud, caída y resultado; documentar qué valor es calculado y cuál adoptado.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Si el diseño es singular (armónicos, neutro cargado, aislamiento, temperatura, conjunto de cables o enterramiento no tabulado), calcular fuera de la aproximación y comprobar normativa y fabricante.

Referencia de implementación: assets/ampacity-engine.js; assets/main.js

COORDINACIÓN ESENCIAL Para selección de protecciones se utiliza como comprobación general Ib ≤ In ≤ Iz y las condiciones complementarias del dispositivo (incluida I2 cuando procede). La sección definitiva debe satisfacer todos los criterios, no solo el térmico.

04 Instalación completa y cálculo acumulado

La función «Instalación completa» modela redes de alimentación y líneas terminales, calcula tramos, permite guardar proyectos y produce informes. Su interfaz presenta un diagrama de bloques y ofrece «RECALCULAR TODO». La portada identifica un límite funcional de hasta 50 líneas.



Vista explicativa del bloque «Instalación completa y cálculo acumulado», reconstruida a partir de los controles presentes en la APK.

Nuevo proyecto y condiciones de partida

Anotar nombre y características generales, sistema mono/trifásico e impedancia inicial conocida. Diferenciar «Interior» de «Total», que incorpora la impedancia de entrada según la opción mostrada.

1. Registrar el dato de origen y la unidad.
2. Comprobar la coherencia del cuadro y tramo aguas arriba.
3. Calcular y comparar los resultados con el anterior estado del proyecto.
4. Guardar una copia antes de introducir cambios importantes.

Fundamento o criterio técnico. Un expediente multinivel exige sumar impedancias de los caminos de defecto y caídas de tensión por recorrido; los resultados deben actualizarse cuando cambia un elemento aguas arriba.

PUNTO DE COMPROBACIÓN En redes reales comprobar selectividad, corrientes de defecto mínimas, poder de corte y condiciones de desconexión. La exportación de un proyecto no constituye una verificación reglamentaria.

Referencia de implementación: assets/installation.js; assets/installation-integrated.js; assets/unifilar-export.js

Creación de líneas

Añadir cada línea con potencia o corriente, simultaneidad, longitud, sección inicial, método, material y condiciones de servicio. El circuito debe tener función real y trazabilidad con el plano.

1. Registrar el dato de origen y la unidad.
2. Comprobar la coherencia del cuadro y tramo aguas arriba.
3. Calcular y comparar los resultados con el anterior estado del proyecto.
4. Guardar una copia antes de introducir cambios importantes.

Fundamento o criterio técnico. Un expediente multinivel exige sumar impedancias de los caminos de defecto y caídas de tensión por recorrido; los resultados deben actualizarse cuando cambia un elemento aguas arriba.

PUNTO DE COMPROBACIÓN En redes reales comprobar selectividad, corrientes de defecto mínimas, poder de corte y condiciones de desconexión. La exportación de un proyecto no constituye una verificación reglamentaria.

Referencia de implementación: assets/installation.js; assets/installation-integrated.js; assets/unifilar-export.js

Cálculo de acometida y alimentación

Seleccionar tramo general cuando exista; los tramos alimentadores trasladan demanda simultánea y caída al conjunto de receptores aguas abajo. Registrar si los límites son parciales o totales.

1. Registrar el dato de origen y la unidad.
2. Comprobar la coherencia del cuadro y tramo aguas arriba.
3. Calcular y comparar los resultados con el anterior estado del proyecto.
4. Guardar una copia antes de introducir cambios importantes.

Fundamento o criterio técnico. Un expediente multinivel exige sumar impedancias de los caminos de defecto y caídas de tensión por recorrido; los resultados deben actualizarse cuando cambia un elemento aguas arriba.

PUNTO DE COMPROBACIÓN En redes reales comprobar selectividad, corrientes de defecto mínimas, poder de corte y condiciones de desconexión. La exportación de un proyecto no constituye una verificación reglamentaria.

Referencia de implementación: assets/installation.js; assets/installation-integrated.js; assets/unifilar-export.js

Simultaneidad por tramo

La demanda simultánea no es suma automática de placas salvo condición justificada. Especificar coeficientes por usos y contrastar el valor al coincidir diferentes cargas.

1. Registrar el dato de origen y la unidad.
2. Comprobar la coherencia del cuadro y tramo aguas arriba.
3. Calcular y comparar los resultados con el anterior estado del proyecto.
4. Guardar una copia antes de introducir cambios importantes.

Fundamento o criterio técnico. Un expediente multinivel exige sumar impedancias de los caminos de defecto y caídas de tensión por recorrido; los resultados deben actualizarse cuando cambia un elemento aguas arriba.

PUNTO DE COMPROBACIÓN En redes reales comprobar selectividad, corrientes de defecto mínimas, poder de corte y condiciones de desconexión. La exportación de un proyecto no constituye una verificación reglamentaria.

Referencia de implementación: assets/installation.js; assets/installation-integrated.js; assets/unifilar-export.js

Diferenciales y agrupación

Asegurar que cada circuito pertenece al cuadro correcto, que el dispositivo cubre las fases correspondientes y que la sensibilidad/tipo responde al riesgo.

1. Registrar el dato de origen y la unidad.
2. Comprobar la coherencia del cuadro y tramo aguas arriba.
3. Calcular y comparar los resultados con el anterior estado del proyecto.
4. Guardar una copia antes de introducir cambios importantes.

Fundamento o criterio técnico. Un expediente multinivel exige sumar impedancias de los caminos de defecto y caídas de tensión por recorrido; los resultados deben actualizarse cuando cambia un elemento aguas arriba.

PUNTO DE COMPROBACIÓN En redes reales comprobar selectividad, corrientes de defecto mínimas, poder de corte y condiciones de desconexión. La exportación de un proyecto no constituye una verificación reglamentaria.

Referencia de implementación: assets/installation.js; assets/installation-integrated.js; assets/unifilar-export.js

Caída acumulada

Calcular cada tramo y agregar al recorrido hacia la carga; evitar aplicar el mismo límite global a cada tramo como si fuesen independientes.

1. Registrar el dato de origen y la unidad.
2. Comprobar la coherencia del cuadro y tramo aguas arriba.
3. Calcular y comparar los resultados con el anterior estado del proyecto.
4. Guardar una copia antes de introducir cambios importantes.

Fundamento o criterio técnico. Un expediente multinivel exige sumar impedancias de los caminos de defecto y caídas de tensión por recorrido; los resultados deben actualizarse cuando cambia un elemento aguas arriba.

PUNTO DE COMPROBACIÓN En redes reales comprobar selectividad, corrientes de defecto mínimas, poder de corte y condiciones de desconexión. La exportación de un proyecto no constituye una verificación reglamentaria.

Referencia de implementación: assets/installation.js; assets/installation-integrated.js; assets/unifilar-export.js

Impedancia de entrada

Distinguir resistencia/reactancia por fase, neutro y PE; usar una hipótesis justificada del punto de conexión, con márgenes para defectos máximos y mínimos.

1. Registrar el dato de origen y la unidad.
2. Comprobar la coherencia del cuadro y tramo aguas arriba.
3. Calcular y comparar los resultados con el anterior estado del proyecto.
4. Guardar una copia antes de introducir cambios importantes.

Fundamento o criterio técnico. Un expediente multinivel exige sumar impedancias de los caminos de defecto y caídas de tensión por recorrido; los resultados deben actualizarse cuando cambia un elemento aguas arriba.

PUNTO DE COMPROBACIÓN En redes reales comprobar selectividad, corrientes de defecto mínimas, poder de corte y condiciones de desconexión. La exportación de un proyecto no constituye una verificación reglamentaria.

Referencia de implementación: assets/installation.js; assets/installation-integrated.js; assets/unifilar-export.js

Recálculo del expediente

Después de cambiar potencias, longitudes, secciones o protecciones, pulsar RECALCULAR TODO para actualizar la cadena y comprobar resultados derivados.

1. Registrar el dato de origen y la unidad.
2. Comprobar la coherencia del cuadro y tramo aguas arriba.
3. Calcular y comparar los resultados con el anterior estado del proyecto.
4. Guardar una copia antes de introducir cambios importantes.

Fundamento o criterio técnico. Un expediente multinivel exige sumar impedancias de los caminos de defecto y caídas de tensión por recorrido; los resultados deben actualizarse cuando cambia un elemento aguas arriba.

PUNTO DE COMPROBACIÓN En redes reales comprobar selectividad, corrientes de defecto mínimas, poder de corte y condiciones de desconexión. La exportación de un proyecto no constituye una verificación reglamentaria.

Referencia de implementación: assets/installation.js; assets/installation-integrated.js; assets/unifilar-export.js

Guardar y abrir

Guardar dentro de la aplicación y exportar fichero como respaldo transferible. Utilizar IMPORTAR ARCHIVO para reproducir un expediente, revisando compatibilidad entre versiones.

1. Registrar el dato de origen y la unidad.
2. Comprobar la coherencia del cuadro y tramo aguas arriba.
3. Calcular y comparar los resultados con el anterior estado del proyecto.
4. Guardar una copia antes de introducir cambios importantes.

Fundamento o criterio técnico. Un expediente multinivel exige sumar impedancias de los caminos de defecto y caídas de tensión por recorrido; los resultados deben actualizarse cuando cambia un elemento aguas arriba.

PUNTO DE COMPROBACIÓN En redes reales comprobar selectividad, corrientes de defecto mínimas, poder de corte y condiciones de desconexión. La exportación de un proyecto no constituye una verificación reglamentaria.

Referencia de implementación: assets/installation.js; assets/installation-integrated.js; assets/unifilar-export.js

Exportación hacia Unifilar

Utilizar EXPORTAR UNIFILAR BT cuando proceda y revisar en el editor receptor la topología y las propiedades no trasladadas por el formato.

1. Registrar el dato de origen y la unidad.
2. Comprobar la coherencia del cuadro y tramo aguas arriba.
3. Calcular y comparar los resultados con el anterior estado del proyecto.
4. Guardar una copia antes de introducir cambios importantes.

Fundamento o criterio técnico. Un expediente multinivel exige sumar impedancias de los caminos de defecto y caídas de tensión por recorrido; los resultados deben actualizarse cuando cambia un elemento aguas arriba.

PUNTO DE COMPROBACIÓN En redes reales comprobar selectividad, corrientes de defecto mínimas, poder de corte y condiciones de desconexión. La exportación de un proyecto no constituye una verificación reglamentaria.

Referencia de implementación: assets/installation.js; assets/installation-integrated.js; assets/unifilar-export.js

Memorias PDF y Word

Generar informe individual y general; distinguir la ficha de línea del documento agregado y verificar impresión, unidades y páginas.

1. Registrar el dato de origen y la unidad.
2. Comprobar la coherencia del cuadro y tramo aguas arriba.
3. Calcular y comparar los resultados con el anterior estado del proyecto.
4. Guardar una copia antes de introducir cambios importantes.

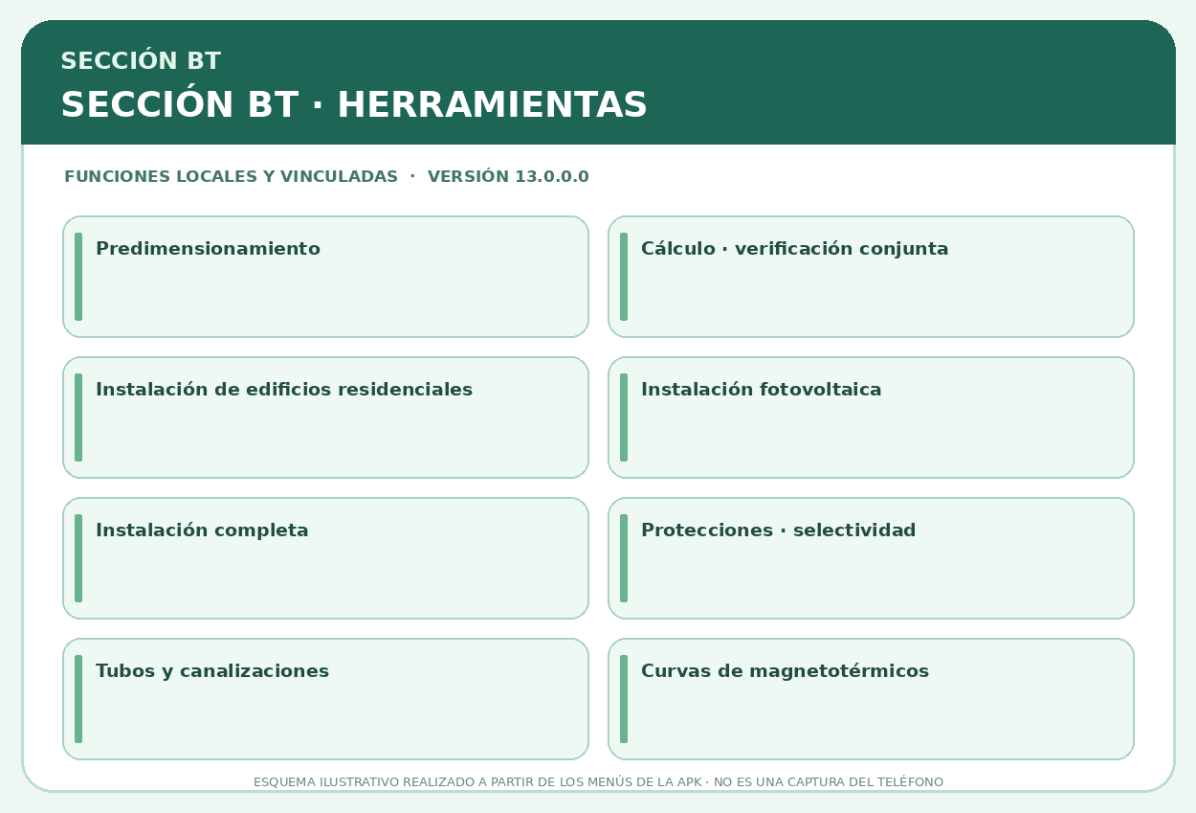
Fundamento o criterio técnico. Un expediente multinivel exige sumar impedancias de los caminos de defecto y caídas de tensión por recorrido; los resultados deben actualizarse cuando cambia un elemento aguas arriba.

PUNTO DE COMPROBACIÓN En redes reales comprobar selectividad, corrientes de defecto mínimas, poder de corte y condiciones de desconexión. La exportación de un proyecto no constituye una verificación reglamentaria.

Referencia de implementación: assets/installation.js; assets/installation-integrated.js; assets/unifilar-export.js

05 Edificios y previsión de cargas

El módulo de edificios organiza la previsión de potencia en suministros, líneas generales, derivaciones individuales y cuadros. Se debe comprobar la clasificación real del edificio y los factores reglamentarios de simultaneidad antes de dar por válido el resultado.



Vista explicativa del bloque «Edificios y previsión de cargas», reconstruida a partir de los controles presentes en la APK.

Entradas del edificio

Definir viviendas, niveles, locales, servicios comunes, garajes y otros usos previstos, evitando mezclar potencia de proyecto y energía anual.

1. Crear el proyecto y completar usos y cantidades.
2. Definir los tramos de enlace y las condiciones eléctricas.
3. Consultar previsiones, cargas y protecciones del informe.
4. Revisar supuestos de cálculo con REBT y proyecto.

Fundamento o criterio técnico. La ITC-BT-10 determina la previsión de cargas en los supuestos que contempla; las características del suministro y la infraestructura se completan con ITC-BT-12 a 17.

PUNTO DE COMPROBACIÓN No utilizar una plantilla residencial para una actividad industrial ni trasladar sin justificación factores de una clase de uso a otra.

Referencia de implementación: assets/buildings/building-electrical-engine.js; assets/buildings/building-regulatory-engine.js

Grados de electrificación

Distinguir las necesidades previstas de los circuitos efectivamente incorporados y su clasificación reglamentaria.

1. Crear el proyecto y completar usos y cantidades.
2. Definir los tramos de enlace y las condiciones eléctricas.
3. Consultar previsiones, cargas y protecciones del informe.
4. Revisar supuestos de cálculo con REBT y proyecto.

Fundamento o criterio técnico. La electrificación elevada puede resultar de supuestos de ITC-BT-25, incluyendo determinados circuitos de climatización; no equivale simplemente a que el consumo observado supere un umbral.

PUNTO DE COMPROBACIÓN No utilizar una plantilla residencial para una actividad industrial ni trasladar sin justificación factores de una clase de uso a otra.

Referencia de implementación: assets/buildings/building-electrical-engine.js; assets/buildings/building-regulatory-engine.js

LGA y derivaciones

Introducir características de trazado, metros, material, sistema y condiciones de montaje.

1. Crear el proyecto y completar usos y cantidades.
2. Definir los tramos de enlace y las condiciones eléctricas.
3. Consultar previsiones, cargas y protecciones del informe.
4. Revisar supuestos de cálculo con REBT y proyecto.

Fundamento o criterio técnico. La caída asignable a cada tramo de enlace depende de la configuración; no debe confundirse con el límite propio de los circuitos interiores.

PUNTO DE COMPROBACIÓN No utilizar una plantilla residencial para una actividad industrial ni trasladar sin justificación factores de una clase de uso a otra.

Referencia de implementación: assets/buildings/building-electrical-engine.js; assets/buildings/building-regulatory-engine.js

Centralización y protección

Revisar CGP, contador, fusibles, corte general y capacidad de cada tramo.

1. Crear el proyecto y completar usos y cantidades.
2. Definir los tramos de enlace y las condiciones eléctricas.
3. Consultar previsiones, cargas y protecciones del informe.
4. Revisar supuestos de cálculo con REBT y proyecto.

Fundamento o criterio técnico. La coordinación entre fusibles y líneas y la protección del usuario requiere considerar el régimen de suministro y el diseño real.

PUNTO DE COMPROBACIÓN No utilizar una plantilla residencial para una actividad industrial ni trasladar sin justificación factores de una clase de uso a otra.

Referencia de implementación: assets/buildings/building-electrical-engine.js; assets/buildings/building-regulatory-engine.js

Informe del edificio

Documentar las hipótesis de simultaneidad y las cargas de servicios comunes con referencia al plano.

1. Crear el proyecto y completar usos y cantidades.
2. Definir los tramos de enlace y las condiciones eléctricas.
3. Consultar previsiones, cargas y protecciones del informe.
4. Revisar supuestos de cálculo con REBT y proyecto.

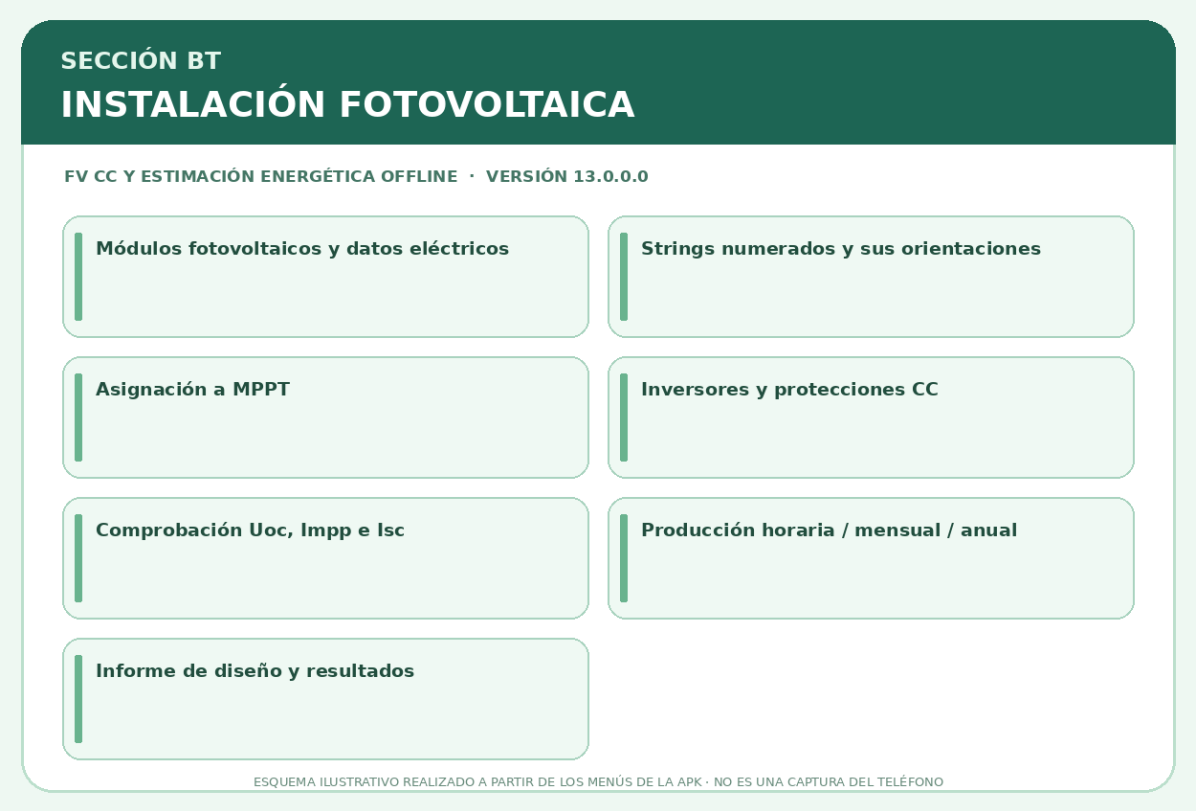
Fundamento o criterio técnico. Los valores no medidos son previsiones de diseño y deben distinguirse de potencias contratadas o verificadas en obra.

PUNTO DE COMPROBACIÓN No utilizar una plantilla residencial para una actividad industrial ni trasladar sin justificación factores de una clase de uso a otra.

Referencia de implementación: assets/buildings/building-electrical-engine.js; assets/buildings/building-regulatory-engine.js

06 Fotovoltaica: CC y producción offline

El bloque FV incorpora dimensionamiento eléctrico de módulos, strings y MPPT, protecciones de corriente continua y una estimación energética basada en clima almacenado. Se separa el diseño eléctrico del pronóstico de producción.



Vista explicativa del bloque «Fotovoltaica: CC y producción offline», reconstruida a partir de los controles presentes en la APK.

Ficha de módulo y tecnología

Introducir datos STC y coeficientes de temperatura del módulo realmente instalado; identificar polaridad, tecnología y máximos de placa.

1. Anotar el parámetro físico y su fuente: placa, ficha, plano o clima.
2. Completar el formulario y observar advertencias por tensión/corriente.
3. Comparar dos escenarios modificando una sola variable.
4. Registrar la hipótesis y exportar el informe técnico.

Fundamento o criterio técnico. $V_{oc}(T) \approx V_{oc,STC}[1+\beta V_{oc}(T_{celda}-25\ °C)]$. La tensión extrema de diseño se evalúa con la temperatura fría pertinente.

PUNTO DE COMPROBACIÓN La temperatura del módulo no coincide necesariamente con la ambiente, y los coeficientes dependen del equipo.

Referencia de implementación: assets/photovoltaic/fv-engine.js; assets/photovoltaic/production/docs/MODELO_FISICO.md

Formación y numeración de strings

Asignar cantidades en serie y ramas en paralelo, identificando cada string y su orientación.

1. Anotar el parámetro físico y su fuente: placa, ficha, plano o clima.

2. Completar el formulario y observar advertencias por tensión/corriente.
3. Comparar dos escenarios modificando una sola variable.
4. Registrar la hipótesis y exportar el informe técnico.

Fundamento o criterio técnico. Las tensiones suman en serie y las corrientes en paralelo; hay que comprobar Voc frío, Vmp caliente e Isc corregida.

PUNTO DE COMPROBACIÓN No mezclar módulos diferentes o sombras incompatibles sin analizar la pérdida y el MPPT.

Referencia de implementación: assets/photovoltaic/fv-engine.js; assets/photovoltaic/production/docs/MODELO_FISICO.md

Asignación a MPPT

Introducir límites de rango MPPT, Udc máximo, corriente admisible por entrada y topología.

1. Anotar el parámetro físico y su fuente: placa, ficha, plano o clima.
2. Completar el formulario y observar advertencias por tensión/corriente.
3. Comparar dos escenarios modificando una sola variable.
4. Registrar la hipótesis y exportar el informe técnico.

Fundamento o criterio técnico. La corriente disponible de ramas paralelas y el rango de tensión de trabajo determinan viabilidad; no basta con comparar kWp.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Dos entradas físicas pueden pertenecer a un mismo seguidor MPPT.

Referencia de implementación: assets/photovoltaic/fv-engine.js; assets/photovoltaic/production/docs/MODELO_FISICO.md

Selección de protección CC

Elegir elementos con tensión de CC adecuada, curva/fusión específica, polaridad y capacidad de apertura de arco.

1. Anotar el parámetro físico y su fuente: placa, ficha, plano o clima.
2. Completar el formulario y observar advertencias por tensión/corriente.
3. Comparar dos escenarios modificando una sola variable.
4. Registrar la hipótesis y exportar el informe técnico.

Fundamento o criterio técnico. Proteger frente a sobrecorrientes inversas cuando proceda, considerar seccionamiento y SPD CC según requisitos de diseño.

PUNTO DE COMPROBACIÓN No sustituir un magnetotérmico de CA por otro de CC sin certificación del fabricante.

Referencia de implementación: assets/photovoltaic/fv-engine.js; assets/photovoltaic/production/docs/MODELO_FISICO.md

Caída CC de strings

Dimensionar longitud de ida y vuelta y sección del conductor con condiciones térmicas de cubierta.

1. Anotar el parámetro físico y su fuente: placa, ficha, plano o clima.
2. Completar el formulario y observar advertencias por tensión/corriente.
3. Comparar dos escenarios modificando una sola variable.
4. Registrar la hipótesis y exportar el informe técnico.

Fundamento o criterio técnico. En CC $\Delta U \approx 2\rho LI/S$ para una pareja de conductores de igual sección. Revisar polaridad, caída, agrupamiento y comportamiento a alta temperatura.

PUNTO DE COMPROBACIÓN La caída recomendable de diseño no es un valor universal único impuesto a todos los circuitos de la FV.

Referencia de implementación: assets/photovoltaic/fv-engine.js; assets/photovoltaic/production/docs/MODELO_FISICO.md

Geometría de captación

Identificar latitud/longitud, inclinación, azimut y posibles obstáculos.

1. Anotar el parámetro físico y su fuente: placa, ficha, plano o clima.
2. Completar el formulario y observar advertencias por tensión/corriente.
3. Comparar dos escenarios modificando una sola variable.
4. Registrar la hipótesis y exportar el informe técnico.

Fundamento o criterio técnico. El motor documentado calcula posición solar, ángulo de incidencia y POA = haz directo + difusa + reflejada; el clima determina el alcance geográfico.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Una predicción sin sombras reales no demuestra energía producida bajo sombra compleja.

Referencia de implementación: assets/photovoltaic/fv-engine.js; assets/photovoltaic/production/docs/MODELO_FISICO.md

Temperatura y producción DC

Revisar pérdidas de temperatura y potencia DC de módulo en función de irradiancia.

1. Anotar el parámetro físico y su fuente: placa, ficha, plano o clima.
2. Completar el formulario y observar advertencias por tensión/corriente.
3. Comparar dos escenarios modificando una sola variable.
4. Registrar la hipótesis y exportar el informe técnico.

Fundamento o criterio técnico. El modelo declarado utiliza Faiman para temperatura y Huld c-Si para potencia relativa; sus coeficientes y validez son supuestos del paquete.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Comprobar que el tipo de módulo concuerda con el modelo utilizado.

Referencia de implementación: assets/photovoltaic/fv-engine.js; assets/photovoltaic/production/docs/MODELO_FISICO.md

Inversor y clipping

Asignar potencia y rendimiento del inversor; localizar momentos de limitación de potencia CA.

1. Anotar el parámetro físico y su fuente: placa, ficha, plano o clima.
2. Completar el formulario y observar advertencias por tensión/corriente.
3. Comparar dos escenarios modificando una sola variable.
4. Registrar la hipótesis y exportar el informe técnico.

Fundamento o criterio técnico. El motor se documenta con ley de eficiencia inspirada en PVWatts y techo Pac nominal; energía DC disponible no equivale a energía CA vertible.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Clipping y pérdidas de conversión deben presentarse por separado.

Referencia de implementación: assets/photovoltaic/fv-engine.js; assets/photovoltaic/production/docs/MODELO_FISICO.md

Series horarias y agregaciones

Obtener resultados por string, MPPT, inversor y planta; consultar tablas diarias, mensuales y totales.

1. Anotar el parámetro físico y su fuente: placa, ficha, plano o clima.
2. Completar el formulario y observar advertencias por tensión/corriente.

3. Comparar dos escenarios modificando una sola variable.
4. Registrar la hipótesis y exportar el informe técnico.

Fundamento o criterio técnico. La agregación debe conservar balance de energía y etiquetar fechas tipo, kWh, irradiancia, potencia máxima y PR.

PUNTO DE COMPROBACIÓN No confundir un año meteorológico tipo con la producción contractual garantizada para un año natural.

Referencia de implementación: assets/photovoltaic/fv-engine.js; assets/photovoltaic/production/docs/MODELO_FISICO.md

Informe fotovoltaico

Emitir documento con variables, perfiles de orientación, series mensuales y condiciones del modelo.

1. Anotar el parámetro físico y su fuente: placa, ficha, plano o clima.
2. Completar el formulario y observar advertencias por tensión/corriente.
3. Comparar dos escenarios modificando una sola variable.
4. Registrar la hipótesis y exportar el informe técnico.

Fundamento o criterio técnico. Los informes Word/PDF se construyen a partir de un modelo de resultados común, que debe asegurar concordancia entre pantalla y documento.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Verificar altitud y base climática y reconocer las pérdidas no modeladas.

Referencia de implementación: assets/photovoltaic/fv-engine.js; assets/photovoltaic/production/docs/MODELO_FISICO.md

07 Protecciones y selectividad

La protección de una línea debe coordinar la corriente admisible del conductor con sobrecarga, cortocircuito, desconexión por defecto e interruptores de corte. El módulo de protecciones dispone de criterios B/C/D y escenarios de impedancia R+jX o |Z|.



Vista explicativa del bloque «Protecciones y selectividad», reconstruida a partir de los controles presentes en la APK.

Curvas B, C y D

La comprobación «Curvas B, C y D» forma parte de la revisión de seguridad del expediente. Preparar el tramo, la corriente y el tipo de dispositivo antes de aceptar la propuesta.

1. Cargar una instalación o introducir datos del tramo.
2. Seleccionar curva, calibre y poder de corte compatible.
3. Elegir escenario de impedancia y obtener Icc de máximo y mínimo.
4. Consultar resultado, modificar si procede y guardar en la instalación.

Fundamento o criterio técnico. Las bandas magnéticas orientativas de MCB habituales son B: 3–5 In, C: 5–10 In y D: 10–20 In, según normas y categoría aplicables; no sustituyen la curva del fabricante.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Cuando el dispositivo o corriente queda fuera de los datos de curvas disponibles, no emitir una conclusión firme de selectividad.

Referencia de implementación: assets/protection-engine.js; assets/protection.js; assets/curve-integration-engine.js

Calibres y capacidad de corte

La comprobación «Calibres y capacidad de corte» forma parte de la revisión de seguridad del expediente. Preparar el tramo, la corriente y el tipo de dispositivo antes de aceptar la propuesta.

1. Cargar una instalación o introducir datos del tramo.
2. Seleccionar curva, calibre y poder de corte compatible.
3. Elegir escenario de impedancia y obtener Icc de máximo y mínimo.
4. Consultar resultado, modificar si procede y guardar en la instalación.

Fundamento o criterio técnico. Un magnetotérmico se elige por corriente de empleo, conductor, poder de corte y coordinación, no solo por potencia total; el Icn/Icu debe corresponder al dispositivo y al lugar.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Cuando el dispositivo o corriente queda fuera de los datos de curvas disponibles, no emitir una conclusión firme de selectividad.

Referencia de implementación: assets/protection-engine.js; assets/protection.js; assets/curve-integration-engine.js

Cortocircuito máximo

La comprobación «Cortocircuito máximo» forma parte de la revisión de seguridad del expediente. Preparar el tramo, la corriente y el tipo de dispositivo antes de aceptar la propuesta.

1. Cargar una instalación o introducir datos del tramo.
2. Seleccionar curva, calibre y poder de corte compatible.
3. Elegir escenario de impedancia y obtener Icc de máximo y mínimo.
4. Consultar resultado, modificar si procede y guardar en la instalación.

Fundamento o criterio técnico. La corriente máxima sirve para contrastar poder de corte y esfuerzos electrodinámicos/térmicos; depende de impedancia de fuente y conductores.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Cuando el dispositivo o corriente queda fuera de los datos de curvas disponibles, no emitir una conclusión firme de selectividad.

Referencia de implementación: assets/protection-engine.js; assets/protection.js; assets/curve-integration-engine.js

Cortocircuito mínimo

La comprobación «Cortocircuito mínimo» forma parte de la revisión de seguridad del expediente. Preparar el tramo, la corriente y el tipo de dispositivo antes de aceptar la propuesta.

1. Cargar una instalación o introducir datos del tramo.
2. Seleccionar curva, calibre y poder de corte compatible.
3. Elegir escenario de impedancia y obtener Icc de máximo y mínimo.
4. Consultar resultado, modificar si procede y guardar en la instalación.

Fundamento o criterio técnico. La corriente mínima en el punto más desfavorable condiciona la actuación y el tiempo de desconexión; no puede sustituirse con la Icc máxima del origen.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Cuando el dispositivo o corriente queda fuera de los datos de curvas disponibles, no emitir una conclusión firme de selectividad.

Referencia de implementación: assets/protection-engine.js; assets/protection.js; assets/curve-integration-engine.js

Diferenciales por tipo

La comprobación «Diferenciales por tipo» forma parte de la revisión de seguridad del expediente. Preparar el tramo, la corriente y el tipo de dispositivo antes de aceptar la propuesta.

1. Cargar una instalación o introducir datos del tramo.
2. Seleccionar curva, calibre y poder de corte compatible.

3. Elegir escenario de impedancia y obtener Icc de máximo y mínimo.
4. Consultar resultado, modificar si procede y guardar en la instalación.

Fundamento o criterio técnico. Seleccionar tipo AC/A/F/B según componentes de corriente residual de la carga, normativa y ficha del equipo; en recarga VE hay requisitos particulares para CC.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Cuando el dispositivo o corriente queda fuera de los datos de curvas disponibles, no emitir una conclusión firme de selectividad.

Referencia de implementación: assets/protection-engine.js; assets/protection.js; assets/curve-integration-engine.js

Esquema TT

La comprobación «Esquema TT» forma parte de la revisión de seguridad del expediente. Preparar el tramo, la corriente y el tipo de dispositivo antes de aceptar la propuesta.

1. Cargar una instalación o introducir datos del tramo.
2. Seleccionar curva, calibre y poder de corte compatible.
3. Elegir escenario de impedancia y obtener Icc de máximo y mínimo.
4. Consultar resultado, modificar si procede y guardar en la instalación.

Fundamento o criterio técnico. En TT, la protección por diferencial se justifica considerando resistencia de tierra, IΔn, tensión de contacto límite y condiciones de desconexión.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Cuando el dispositivo o corriente queda fuera de los datos de curvas disponibles, no emitir una conclusión firme de selectividad.

Referencia de implementación: assets/protection-engine.js; assets/protection.js; assets/curve-integration-engine.js

Esquemas TN

La comprobación «Esquemas TN» forma parte de la revisión de seguridad del expediente. Preparar el tramo, la corriente y el tipo de dispositivo antes de aceptar la propuesta.

1. Cargar una instalación o introducir datos del tramo.
2. Seleccionar curva, calibre y poder de corte compatible.
3. Elegir escenario de impedancia y obtener Icc de máximo y mínimo.
4. Consultar resultado, modificar si procede y guardar en la instalación.

Fundamento o criterio técnico. En TN la impedancia del bucle y características de protección dominan la desconexión; comprobar las condiciones del sistema y sección del PE/PEN.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Cuando el dispositivo o corriente queda fuera de los datos de curvas disponibles, no emitir una conclusión firme de selectividad.

Referencia de implementación: assets/protection-engine.js; assets/protection.js; assets/curve-integration-engine.js

Selectividad

La comprobación «Selectividad» forma parte de la revisión de seguridad del expediente. Preparar el tramo, la corriente y el tipo de dispositivo antes de aceptar la propuesta.

1. Cargar una instalación o introducir datos del tramo.
2. Seleccionar curva, calibre y poder de corte compatible.
3. Elegir escenario de impedancia y obtener Icc de máximo y mínimo.
4. Consultar resultado, modificar si procede y guardar en la instalación.

Fundamento o criterio técnico. La separación entre curvas aguas arriba/abajo en un gráfico no asegura selectividad energética para altas corrientes: verificar tablas y condiciones del fabricante.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Cuando el dispositivo o corriente queda fuera de los datos de curvas disponibles, no emitir una conclusión firme de selectividad.

Referencia de implementación: assets/protection-engine.js; assets/protection.js; assets/curve-integration-engine.js

Energía pasante

La comprobación «Energía pasante» forma parte de la revisión de seguridad del expediente. Preparar el tramo, la corriente y el tipo de dispositivo antes de aceptar la propuesta.

1. Cargar una instalación o introducir datos del tramo.
2. Seleccionar curva, calibre y poder de corte compatible.
3. Elegir escenario de impedancia y obtener Icc de máximo y mínimo.
4. Consultar resultado, modificar si procede y guardar en la instalación.

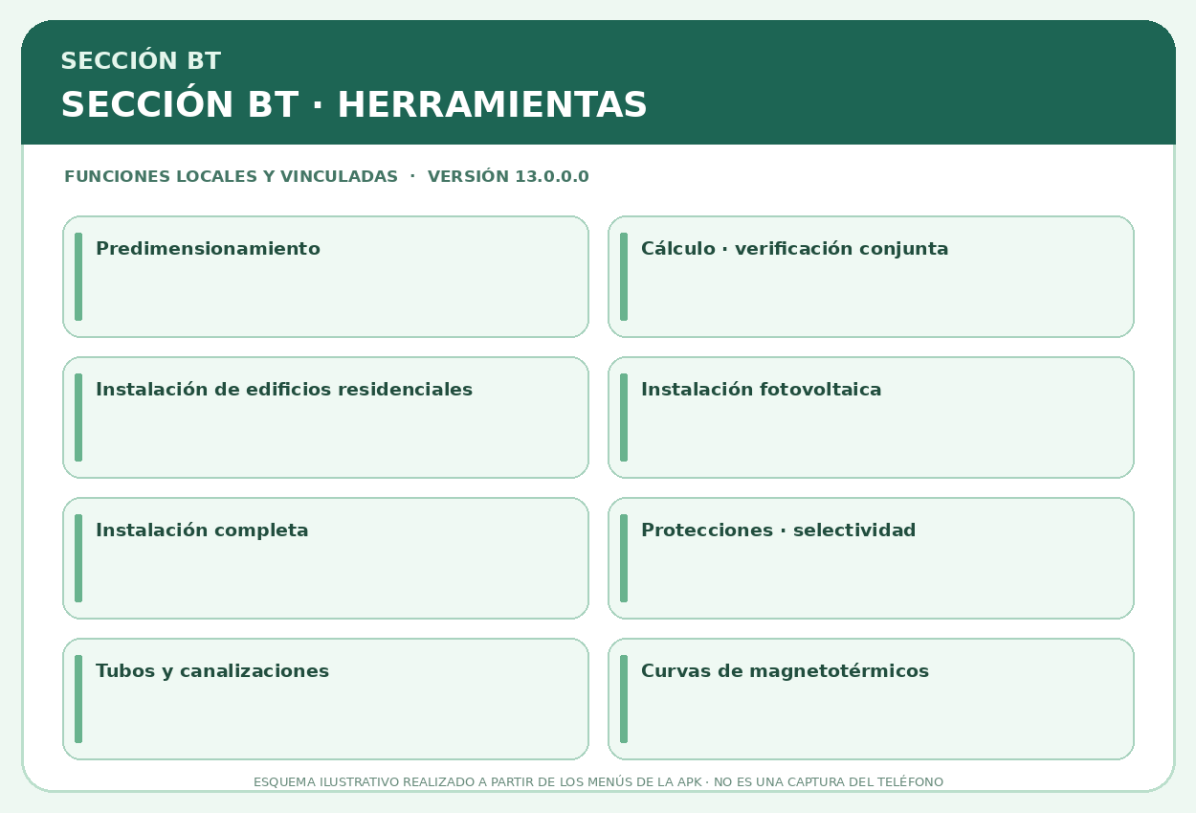
Fundamento o criterio técnico. Comparar I^2t del defecto con k^2S^2 del conductor considerando duración y constante k; la capacidad de corte y el disparo deben cumplirse también.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Cuando el dispositivo o corriente queda fuera de los datos de curvas disponibles, no emitir una conclusión firme de selectividad.

Referencia de implementación: assets/protection-engine.js; assets/protection.js; assets/curve-integration-engine.js

08 Tubos, canales y bandejas

El dimensionamiento de canalizaciones permite seleccionar el sistema protector a partir de conductores, cantidades y entorno. Además del módulo aislado de Sección BT, la APK incluye una aplicación específica «Canalizaciones BT v1.2.2» con tubo ITC-BT-21, canales y bandejas.



Vista explicativa del bloque «Tubos, canales y bandejas», reconstruida a partir de los controles presentes en la APK.

Tubo fijo o empotrado

Indicar emplazamiento, conductor aislado o cable multipolar, número de cables y geometría nominal; elegir método de montaje real.

1. Seleccionar tipo de canalización y emplazamiento.
2. Añadir agrupaciones de conductores con sección y cantidad.
3. Dimensionar; revisar resultado frente a normativa y catálogo.
4. Exportar informe, y vincular solo cuando el programa declare ese enlace.

Fundamento o criterio técnico. El dimensionamiento tiene condiciones geométricas y funcionales distintas de la intensidad admisible: que los cables quepan no demuestra que su disipación térmica resulte suficiente.

PUNTO DE COMPROBACIÓN No existe un porcentaje fijo del 50 % como reserva universal para todos los tubos; aplicar ITC-BT-21 y su caso de número, diámetro y tipo de cable.

Referencia de implementación: assets/modules/canalizaciones/index.html; assets/shared/conduit-engine.js

Tubo enterrado

Identificar naturaleza de tierra, compactación, temperatura y solicitación mecánica; un diámetro no garantiza por sí solo capacidad térmica.

1. Seleccionar tipo de canalización y emplazamiento.
2. Añadir agrupaciones de conductores con sección y cantidad.
3. Dimensionar; revisar resultado frente a normativa y catálogo.
4. Exportar informe, y vincular solo cuando el programa declare ese enlace.

Fundamento o criterio técnico. El dimensionamiento tiene condiciones geométricas y funcionales distintas de la intensidad admisible: que los cables quepan no demuestra que su disipación térmica resulte suficiente.

PUNTO DE COMPROBACIÓN No existe un porcentaje fijo del 50 % como reserva universal para todos los tubos; aplicar ITC-BT-21 y su caso de número, diámetro y tipo de cable.

Referencia de implementación: assets/modules/canalizaciones/index.html; assets/shared/conduit-engine.js

Canales protectoras

Comprobar sección útil, tapa, segregación, protección mecánica, cumplimiento UNE-EN 50085 y características exigibles.

1. Seleccionar tipo de canalización y emplazamiento.
2. Añadir agrupaciones de conductores con sección y cantidad.
3. Dimensionar; revisar resultado frente a normativa y catálogo.
4. Exportar informe, y vincular solo cuando el programa declare ese enlace.

Fundamento o criterio técnico. El dimensionamiento tiene condiciones geométricas y funcionales distintas de la intensidad admisible: que los cables quepan no demuestra que su disipación térmica resulte suficiente.

PUNTO DE COMPROBACIÓN No existe un porcentaje fijo del 50 % como reserva universal para todos los tubos; aplicar ITC-BT-21 y su caso de número, diámetro y tipo de cable.

Referencia de implementación: assets/modules/canalizaciones/index.html; assets/shared/conduit-engine.js

Bandejas de cables

Revisar ventilación, agrupamiento, carga mecánica, soportes y fabricante; UNE-EN 61537 es un marco de producto, no una tabla universal de ampacidad.

1. Seleccionar tipo de canalización y emplazamiento.
2. Añadir agrupaciones de conductores con sección y cantidad.
3. Dimensionar; revisar resultado frente a normativa y catálogo.
4. Exportar informe, y vincular solo cuando el programa declare ese enlace.

Fundamento o criterio técnico. El dimensionamiento tiene condiciones geométricas y funcionales distintas de la intensidad admisible: que los cables quepan no demuestra que su disipación térmica resulte suficiente.

PUNTO DE COMPROBACIÓN No existe un porcentaje fijo del 50 % como reserva universal para todos los tubos; aplicar ITC-BT-21 y su caso de número, diámetro y tipo de cable.

Referencia de implementación: assets/modules/canalizaciones/index.html; assets/shared/conduit-engine.js

Exportación y memoria

Recoger número, tipo y diámetro de tubos o canalizaciones y lista de cables realmente prevista.

1. Seleccionar tipo de canalización y emplazamiento.

2. Añadir agrupaciones de conductores con sección y cantidad.
3. Dimensionar; revisar resultado frente a normativa y catálogo.
4. Exportar informe, y vincular solo cuando el programa declare ese enlace.

Fundamento o criterio técnico. El dimensionamiento tiene condiciones geométricas y funcionales distintas de la intensidad admisible: que los cables quepan no demuestra que su disipación térmica resulte suficiente.

PUNTO DE COMPROBACIÓN No existe un porcentaje fijo del 50 % como reserva universal para todos los tubos; aplicar ITC-BT-21 y su caso de número, diámetro y tipo de cable.

Referencia de implementación: assets/modules/canalizaciones/index.html; assets/shared/conduit-engine.js

Uso aislado y vinculación

No asumir que el cálculo manual independiente se transfiera a una instalación salvo usar de manera efectiva el comando de vinculación habilitado.

1. Seleccionar tipo de canalización y emplazamiento.
2. Añadir agrupaciones de conductores con sección y cantidad.
3. Dimensionar; revisar resultado frente a normativa y catálogo.
4. Exportar informe, y vincular solo cuando el programa declare ese enlace.

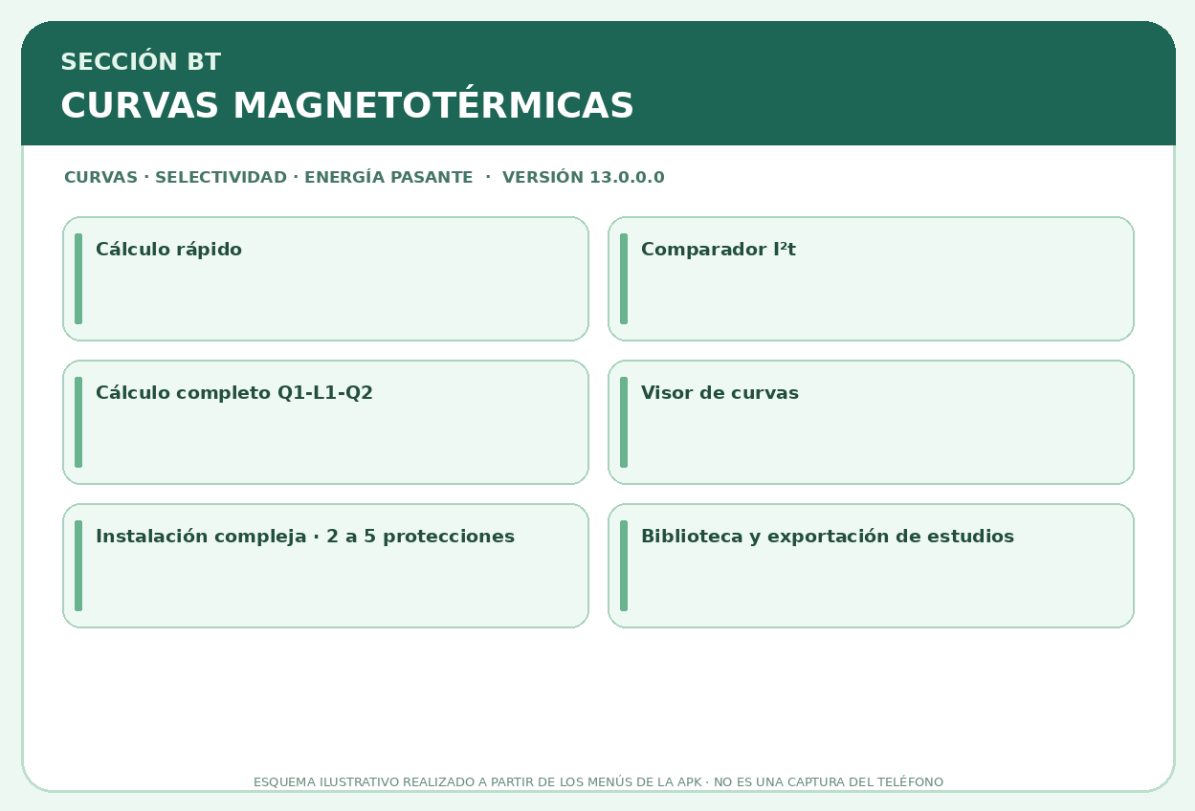
Fundamento o criterio técnico. El dimensionamiento tiene condiciones geométricas y funcionales distintas de la intensidad admisible: que los cables quepan no demuestra que su disipación térmica resulte suficiente.

PUNTO DE COMPROBACIÓN No existe un porcentaje fijo del 50 % como reserva universal para todos los tubos; aplicar ITC-BT-21 y su caso de número, diámetro y tipo de cable.

Referencia de implementación: assets/modules/canalizaciones/index.html; assets/shared/conduit-engine.js

09 Curvas magnetotérmicas e I²t

La aplicación específica Curvas 3.0.0-beta3 incorpora cinco modos: cálculo rápido, comparador de I²t, cálculo completo Q1–L1–Q2, visor y redes complejas. Dispone de biblioteca de estudios y PDF.



Vista explicativa del bloque «Curvas magnetotérmicas e I²t», reconstruida a partir de los controles presentes en la APK.

Cálculo rápido

Compara una protección con un punto de sobrecarga o cortocircuito y muestra curva t-I.

1. Seleccionar la modalidad en la portada.
2. Editar corriente de estudio, aparato y cable o cadena de aparatos.
3. Ejecutar el análisis y alternar RESUMEN, TIEMPOS, CURVAS y TÉRMICA.
4. Guardar estudio e informe y cotejar fichas del fabricante.

Fundamento o criterio técnico. La banda de disparo representa tolerancias, no un tiempo único asegurado.

PUNTO DE COMPROBACIÓN No interpretar la línea de una curva genérica como certificación de selectividad total.

Referencia de implementación: assets/curvas3/index.html; assets/curvas3/curve-engine.js; assets/curvas3/complex-engine.js

Comparador I²t

Enfrenta la energía pasante de dos protecciones con la capacidad adiabática del conductor.

1. Seleccionar la modalidad en la portada.
2. Editar corriente de estudio, aparato y cable o cadena de aparatos.
3. Ejecutar el análisis y alternar RESUMEN, TIEMPOS, CURVAS y TÉRMICA.

4. Guardar estudio e informe y cotejar fichas del fabricante.

Fundamento o criterio técnico. I²t del aparato exige datos de fabricante para cortocircuitos limitados: no identificarlo con I²×tiempo arbitrario en todas las condiciones.

PUNTO DE COMPROBACIÓN No interpretar la línea de una curva genérica como certificación de selectividad total.

Referencia de implementación: assets/curvas3/index.html; assets/curvas3/curve-engine.js; assets/curvas3/complex-engine.js

Instalación Q1–L1–Q2

Modela dos protecciones separadas por un tramo con impedancia y obtiene puntos de defecto.

1. Seleccionar la modalidad en la portada.
2. Editar corriente de estudio, aparato y cable o cadena de aparatos.
3. Ejecutar el análisis y alternar RESUMEN, TIEMPOS, CURVAS y TÉRMICA.
4. Guardar estudio e informe y cotejar fichas del fabricante.

Fundamento o criterio técnico. El resultado depende de Z de la fuente y de la línea, curvas y temperatura del conductor.

PUNTO DE COMPROBACIÓN No interpretar la línea de una curva genérica como certificación de selectividad total.

Referencia de implementación: assets/curvas3/index.html; assets/curvas3/curve-engine.js; assets/curvas3/complex-engine.js

Visor independiente

Permite examinar tiempos y características de una protección sin abrir un proyecto.

1. Seleccionar la modalidad en la portada.
2. Editar corriente de estudio, aparato y cable o cadena de aparatos.
3. Ejecutar el análisis y alternar RESUMEN, TIEMPOS, CURVAS y TÉRMICA.
4. Guardar estudio e informe y cotejar fichas del fabricante.

Fundamento o criterio técnico. Su finalidad es visualizar; la selectividad requiere al menos dos protecciones y datos completos.

PUNTO DE COMPROBACIÓN No interpretar la línea de una curva genérica como certificación de selectividad total.

Referencia de implementación: assets/curvas3/index.html; assets/curvas3/curve-engine.js; assets/curvas3/complex-engine.js

Instalación compleja

Admite de dos a cinco protecciones en cascada y conductores intermedios.

1. Seleccionar la modalidad en la portada.
2. Editar corriente de estudio, aparato y cable o cadena de aparatos.
3. Ejecutar el análisis y alternar RESUMEN, TIEMPOS, CURVAS y TÉRMICA.
4. Guardar estudio e informe y cotejar fichas del fabricante.

Fundamento o criterio técnico. La selectividad de ramales, energías pasantes y caída deben comprobarse en el recorrido pertinente.

PUNTO DE COMPROBACIÓN No interpretar la línea de una curva genérica como certificación de selectividad total.

Referencia de implementación: assets/curvas3/index.html; assets/curvas3/curve-engine.js; assets/curvas3/complex-engine.js

Biblioteca de estudios

Guardar, importar y exportar resultados para reproducir análisis.

1. Seleccionar la modalidad en la portada.
2. Editar corriente de estudio, aparato y cable o cadena de aparatos.
3. Ejecutar el análisis y alternar RESUMEN, TIEMPOS, CURVAS y TÉRMICA.
4. Guardar estudio e informe y cotejar fichas del fabricante.

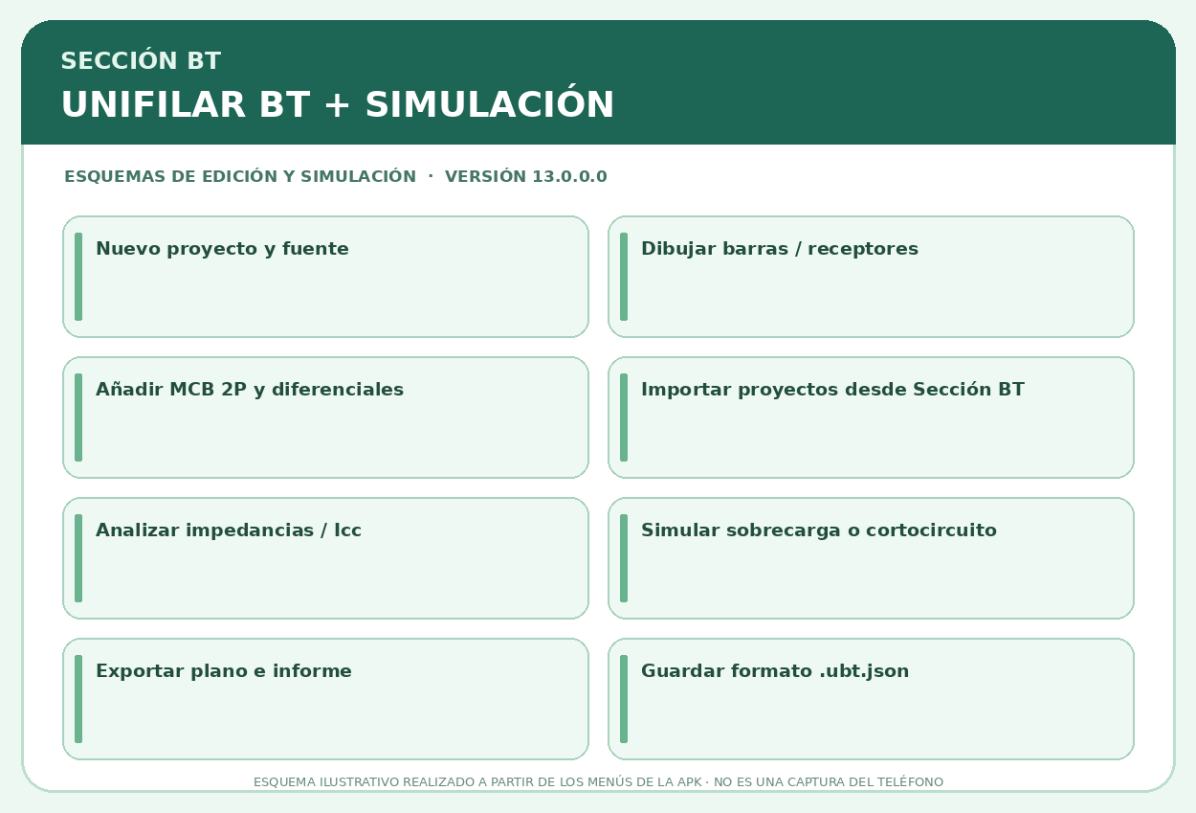
Fundamento o criterio técnico. Las fichas deben conservar corriente de estudio, método, dispositivo, fecha y criterios de comparación.

PUNTO DE COMPROBACIÓN No interpretar la línea de una curva genérica como certificación de selectividad total.

Referencia de implementación: assets/curvas3/index.html; assets/curvas3/curve-engine.js; assets/curvas3/complex-engine.js

10 Unifilar BT + Simulación + IA

El editor nativo incluye representación unifilar, elementos IEC, cuadros, líneas, etiquetas desplazables, páginas enlazadas y escenarios de simulación. La versión integrada es 9.0.0.ia; la documentación propia verifica modificaciones de edición y conserva el motor de cálculo anterior.



Vista explicativa del bloque «Unifilar BT + Simulación + IA», reconstruida a partir de los controles presentes en la APK.

Nuevo proyecto y origen

Distinguir red monofásica/trifásica, tensión nominal, LGA/DI y cuadro general. Anotar impedancia de fuente por fase y neutro.

1. Abrir editor, identificar página y objeto objetivo.
2. Introducir o revisar todas las propiedades medibles y conexiones.
3. Dimensionar cuando corresponda, de manera consciente y explícita.
4. Comprobar vista de plano, resultados de estudio y documento exportado.

Fundamento o criterio técnico. En el cálculo de red se distinguen magnitudes de empleo y de defecto, recorrido de impedancia, protecciones aguas arriba y acumulación de caída. La simulación muestra consecuencias del modelo, no ensayos físicos sobre un cuadro.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Límites indicados en el traductor: hasta 24 líneas finales, cinco cuadros secundarios y 12 páginas con una estructura radial; validar en la versión real cada importación o esquema singular.

Referencia de implementación: assets/ai/Prompt_Unifilar_BT_9.0.0.txt; clases nativas del APK; notas de restauración 9.0.0.ia

Editor de elementos

Agregar simbología, líneas, barras, receptores, magnetotérmicos y diferenciales. Comprobar conexiones y nomenclatura.

1. Abrir editor, identificar página y objeto objetivo.
2. Introducir o revisar todas las propiedades medibles y conexiones.
3. Dimensionar cuando corresponda, de manera consciente y explícita.
4. Comprobar vista de plano, resultados de estudio y documento exportado.

Fundamento o criterio técnico. En el cálculo de red se distinguen magnitudes de empleo y de defecto, recorrido de impedancia, protecciones aguas arriba y acumulación de caída. La simulación muestra consecuencias del modelo, no ensayos físicos sobre un cuadro.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Límites indicados en el traductor: hasta 24 líneas finales, cinco cuadros secundarios y 12 páginas con una estructura radial; validar en la versión real cada importación o esquema singular.

Referencia de implementación: assets/ai/Prompt_Unifilar_BT_9.0.0.txt; clases nativas del APK; notas de restauración 9.0.0.ia

Valores iniciales de nuevos equipos

La versión 9.0.0.ia preselecciona magnetotérmicos nuevos 2P y 10 A; en cables y barras nuevos parte de 0,10 m, con cálculo automático de sección y tubo habilitado.

1. Abrir editor, identificar página y objeto objetivo.
2. Introducir o revisar todas las propiedades medibles y conexiones.
3. Dimensionar cuando corresponda, de manera consciente y explícita.
4. Comprobar vista de plano, resultados de estudio y documento exportado.

Fundamento o criterio técnico. En el cálculo de red se distinguen magnitudes de empleo y de defecto, recorrido de impedancia, protecciones aguas arriba y acumulación de caída. La simulación muestra consecuencias del modelo, no ensayos físicos sobre un cuadro.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Límites indicados en el traductor: hasta 24 líneas finales, cinco cuadros secundarios y 12 páginas con una estructura radial; validar en la versión real cada importación o esquema singular.

Referencia de implementación: assets/ai/Prompt_Unifilar_BT_9.0.0.txt; clases nativas del APK; notas de restauración 9.0.0.ia

Edición de etiquetas

Puede modificarse nombre, referencia, ubicación, giro y tamaño. Las etiquetas de diferenciales reflejan calibre y sensibilidad vigentes, conservando propiedades de edición.

1. Abrir editor, identificar página y objeto objetivo.
2. Introducir o revisar todas las propiedades medibles y conexiones.
3. Dimensionar cuando corresponda, de manera consciente y explícita.
4. Comprobar vista de plano, resultados de estudio y documento exportado.

Fundamento o criterio técnico. En el cálculo de red se distinguen magnitudes de empleo y de defecto, recorrido de impedancia, protecciones aguas arriba y acumulación de caída. La simulación muestra consecuencias del modelo, no ensayos físicos sobre un cuadro.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Límites indicados en el traductor: hasta 24 líneas finales, cinco cuadros secundarios y 12 páginas con una estructura radial; validar en la versión real cada importación o esquema singular.

Referencia de implementación: assets/ai/Prompt_Unifilar_BT_9.0.0.txt; clases nativas del APK; notas de restauración 9.0.0.ia

Páginas y barras de continuidad

Se generan hojas enlazadas; la referencia de barra ideal comunica continuidad sin añadir longitud eléctrica no definida.

1. Abrir editor, identificar página y objeto objetivo.
2. Introducir o revisar todas las propiedades medibles y conexiones.
3. Dimensionar cuando corresponda, de manera consciente y explícita.
4. Comprobar vista de plano, resultados de estudio y documento exportado.

Fundamento o criterio técnico. En el cálculo de red se distinguen magnitudes de empleo y de defecto, recorrido de impedancia, protecciones aguas arriba y acumulación de caída. La simulación muestra consecuencias del modelo, no ensayos físicos sobre un cuadro.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Límites indicados en el traductor: hasta 24 líneas finales, cinco cuadros secundarios y 12 páginas con una estructura radial; validar en la versión real cada importación o esquema singular.

Referencia de implementación: assets/ai/Prompt_Unifilar_BT_9.0.0.txt; clases nativas del APK; notas de restauración 9.0.0.ia

Parámetros de cálculo

Configurar R/X de fase y neutro, aislamiento, método de instalación y factores antes de dimensionar. Registrar Icn y familia de curvas.

1. Abrir editor, identificar página y objeto objetivo.
2. Introducir o revisar todas las propiedades medibles y conexiones.
3. Dimensionar cuando corresponda, de manera consciente y explícita.
4. Comprobar vista de plano, resultados de estudio y documento exportado.

Fundamento o criterio técnico. En el cálculo de red se distinguen magnitudes de empleo y de defecto, recorrido de impedancia, protecciones aguas arriba y acumulación de caída. La simulación muestra consecuencias del modelo, no ensayos físicos sobre un cuadro.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Límites indicados en el traductor: hasta 24 líneas finales, cinco cuadros secundarios y 12 páginas con una estructura radial; validar en la versión real cada importación o esquema singular.

Referencia de implementación: assets/ai/Prompt_Unifilar_BT_9.0.0.txt; clases nativas del APK; notas de restauración 9.0.0.ia

Recalcular y dimensionar

En 9.0.0.ia solo el control específico de dimensionado debe cambiar secciones y calibres; entrar en simulación o cambiar la carga no equivale a recalcular.

1. Abrir editor, identificar página y objeto objetivo.
2. Introducir o revisar todas las propiedades medibles y conexiones.
3. Dimensionar cuando corresponda, de manera consciente y explícita.
4. Comprobar vista de plano, resultados de estudio y documento exportado.

Fundamento o criterio técnico. En el cálculo de red se distinguen magnitudes de empleo y de defecto, recorrido de impedancia, protecciones aguas arriba y acumulación de caída. La simulación muestra consecuencias del modelo, no ensayos físicos sobre un cuadro.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Límites indicados en el traductor: hasta 24 líneas finales, cinco cuadros secundarios y 12 páginas con una estructura radial; validar en la versión real cada importación o esquema singular.

Referencia de implementación: assets/ai/Prompt_Unifilar_BT_9.0.0.txt; clases nativas del APK; notas de restauración 9.0.0.ia

Modo simulación

Distinguir escenario normal de sobrecarga/defecto y visualizar el esquema con estados y magnitudes. La representación depende de los datos de red.

1. Abrir editor, identificar página y objeto objetivo.
2. Introducir o revisar todas las propiedades medibles y conexiones.
3. Dimensionar cuando corresponda, de manera consciente y explícita.
4. Comprobar vista de plano, resultados de estudio y documento exportado.

Fundamento o criterio técnico. En el cálculo de red se distinguen magnitudes de empleo y de defecto, recorrido de impedancia, protecciones aguas arriba y acumulación de caída. La simulación muestra consecuencias del modelo, no ensayos físicos sobre un cuadro.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Límites indicados en el traductor: hasta 24 líneas finales, cinco cuadros secundarios y 12 páginas con una estructura radial; validar en la versión real cada importación o esquema singular.

Referencia de implementación: assets/ai/Prompt_Unifilar_BT_9.0.0.txt; clases nativas del APK; notas de restauración 9.0.0.ia

Simulación de cortocircuito

Evaluar corriente de defecto en el punto seleccionado y tiempos de disparo estimados, manteniendo separadas la Icc máxima y mínima.

1. Abrir editor, identificar página y objeto objetivo.
2. Introducir o revisar todas las propiedades medibles y conexiones.
3. Dimensionar cuando corresponda, de manera consciente y explícita.
4. Comprobar vista de plano, resultados de estudio y documento exportado.

Fundamento o criterio técnico. En el cálculo de red se distinguen magnitudes de empleo y de defecto, recorrido de impedancia, protecciones aguas arriba y acumulación de caída. La simulación muestra consecuencias del modelo, no ensayos físicos sobre un cuadro.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Límites indicados en el traductor: hasta 24 líneas finales, cinco cuadros secundarios y 12 páginas con una estructura radial; validar en la versión real cada importación o esquema singular.

Referencia de implementación: assets/ai/Prompt_Unifilar_BT_9.0.0.txt; clases nativas del APK; notas de restauración 9.0.0.ia

Informe con dos unifilares

El programa permite incorporar plano normal y plano con estado de simulación; conservar el escenario de estudio junto con parámetros e hipótesis.

1. Abrir editor, identificar página y objeto objetivo.
2. Introducir o revisar todas las propiedades medibles y conexiones.
3. Dimensionar cuando corresponda, de manera consciente y explícita.
4. Comprobar vista de plano, resultados de estudio y documento exportado.

Fundamento o criterio técnico. En el cálculo de red se distinguen magnitudes de empleo y de defecto, recorrido de impedancia, protecciones aguas arriba y acumulación de caída. La simulación muestra consecuencias del modelo, no ensayos físicos sobre un cuadro.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Límites indicados en el traductor: hasta 24 líneas finales, cinco cuadros secundarios y 12 páginas con una estructura radial; validar en la versión real cada importación o esquema singular.

Referencia de implementación: assets/ai/Prompt_Unifilar_BT_9.0.0.txt; clases nativas del APK; notas de restauración 9.0.0.ia

Importación de Sección BT

Utilizar formato exportado y revisar correspondencia de cuadros, líneas, fases y cargas. No inventar elementos ausentes.

1. Abrir editor, identificar página y objeto objetivo.
2. Introducir o revisar todas las propiedades medibles y conexiones.
3. Dimensionar cuando corresponda, de manera consciente y explícita.
4. Comprobar vista de plano, resultados de estudio y documento exportado.

Fundamento o criterio técnico. En el cálculo de red se distinguen magnitudes de empleo y de defecto, recorrido de impedancia, protecciones aguas arriba y acumulación de caída. La simulación muestra consecuencias del modelo, no ensayos físicos sobre un cuadro.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Límites indicados en el traductor: hasta 24 líneas finales, cinco cuadros secundarios y 12 páginas con una estructura radial; validar en la versión real cada importación o esquema singular.

Referencia de implementación: assets/ai/Prompt_Unifilar_BT_9.0.0.txt; clases nativas del APK; notas de restauración 9.0.0.ia

Proyectos portables

Guardar y recuperar .ubt.json; revisar versiones y datos manuales antes de usarlo como expediente final.

1. Abrir editor, identificar página y objeto objetivo.
2. Introducir o revisar todas las propiedades medibles y conexiones.
3. Dimensionar cuando corresponda, de manera consciente y explícita.
4. Comprobar vista de plano, resultados de estudio y documento exportado.

Fundamento o criterio técnico. En el cálculo de red se distinguen magnitudes de empleo y de defecto, recorrido de impedancia, protecciones aguas arriba y acumulación de caída. La simulación muestra consecuencias del modelo, no ensayos físicos sobre un cuadro.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Límites indicados en el traductor: hasta 24 líneas finales, cinco cuadros secundarios y 12 páginas con una estructura radial; validar en la versión real cada importación o esquema singular.

Referencia de implementación: assets/ai/Prompt_Unifilar_BT_9.0.0.txt; clases nativas del APK; notas de restauración 9.0.0.ia

Entrada por dictado / IA

El traductor de órdenes admite nueva instalación, líneas, cuadros, agrupaciones, generación FV, grupo electrógeno y continuidad. No sustituye la revisión del esquema importado.

1. Abrir editor, identificar página y objeto objetivo.
2. Introducir o revisar todas las propiedades medibles y conexiones.
3. Dimensionar cuando corresponda, de manera consciente y explícita.
4. Comprobar vista de plano, resultados de estudio y documento exportado.

Fundamento o criterio técnico. En el cálculo de red se distinguen magnitudes de empleo y de defecto, recorrido de impedancia, protecciones aguas arriba y acumulación de caída. La simulación muestra consecuencias del modelo, no ensayos físicos sobre un cuadro.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Límites indicados en el traductor: hasta 24 líneas finales, cinco cuadros secundarios y 12 páginas con una estructura radial; validar en la versión real cada importación o esquema singular.

Referencia de implementación: assets/ai/Prompt_Unifilar_BT_9.0.0.txt; clases nativas del APK; notas de restauración 9.0.0.ia

Grupo electrógeno

Indicar potencia, impedancias, alimentador y cuadro; comprobar enclavamiento con fuente de red y sus condiciones de protección.

1. Abrir editor, identificar página y objeto objetivo.
2. Introducir o revisar todas las propiedades medibles y conexiones.
3. Dimensionar cuando corresponda, de manera consciente y explícita.
4. Comprobar vista de plano, resultados de estudio y documento exportado.

Fundamento o criterio técnico. En el cálculo de red se distinguen magnitudes de empleo y de defecto, recorrido de impedancia, protecciones aguas arriba y acumulación de caída. La simulación muestra consecuencias del modelo, no ensayos físicos sobre un cuadro.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Límites indicados en el traductor: hasta 24 líneas finales, cinco cuadros secundarios y 12 páginas con una estructura radial; validar en la versión real cada importación o esquema singular.

Referencia de implementación: assets/ai/Prompt_Unifilar_BT_9.0.0.txt; clases nativas del APK; notas de restauración 9.0.0.ia

Inversores y aportación de defecto

Configurar FV como fuente, con corriente nominal y parámetros R/X; su contribución a cortocircuito está condicionada por el inversor.

1. Abrir editor, identificar página y objeto objetivo.
2. Introducir o revisar todas las propiedades medibles y conexiones.
3. Dimensionar cuando corresponda, de manera consciente y explícita.
4. Comprobar vista de plano, resultados de estudio y documento exportado.

Fundamento o criterio técnico. En el cálculo de red se distinguen magnitudes de empleo y de defecto, recorrido de impedancia, protecciones aguas arriba y acumulación de caída. La simulación muestra consecuencias del modelo, no ensayos físicos sobre un cuadro.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Límites indicados en el traductor: hasta 24 líneas finales, cinco cuadros secundarios y 12 páginas con una estructura radial; validar en la versión real cada importación o esquema singular.

Referencia de implementación: assets/ai/Prompt_Unifilar_BT_9.0.0.txt; clases nativas del APK; notas de restauración 9.0.0.ia

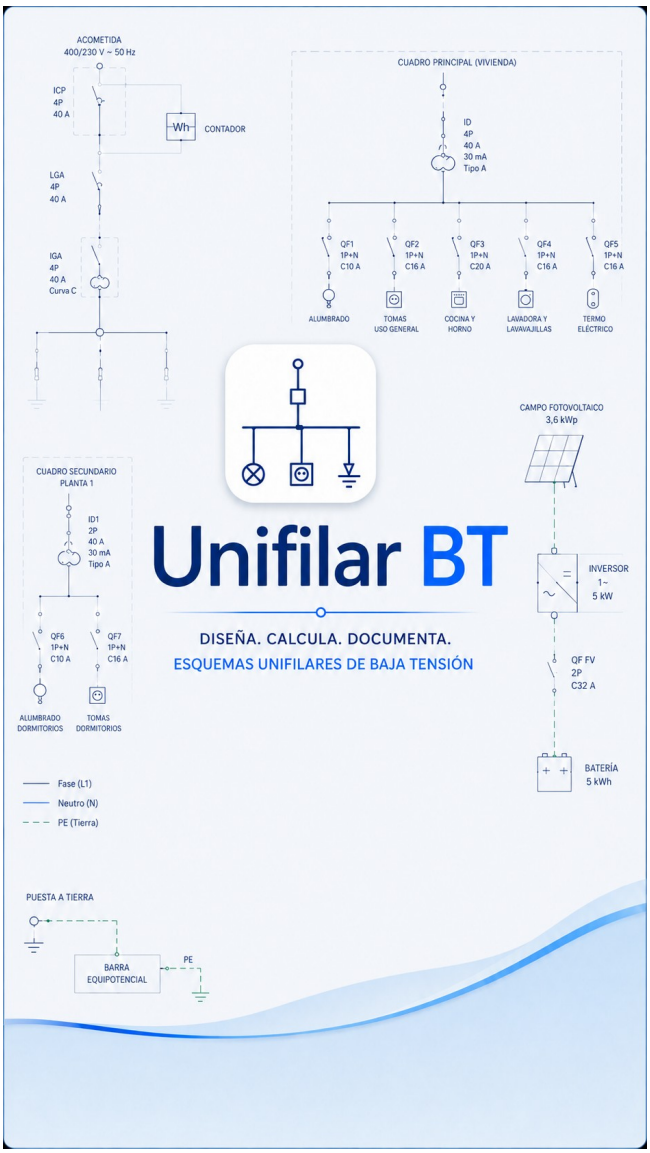


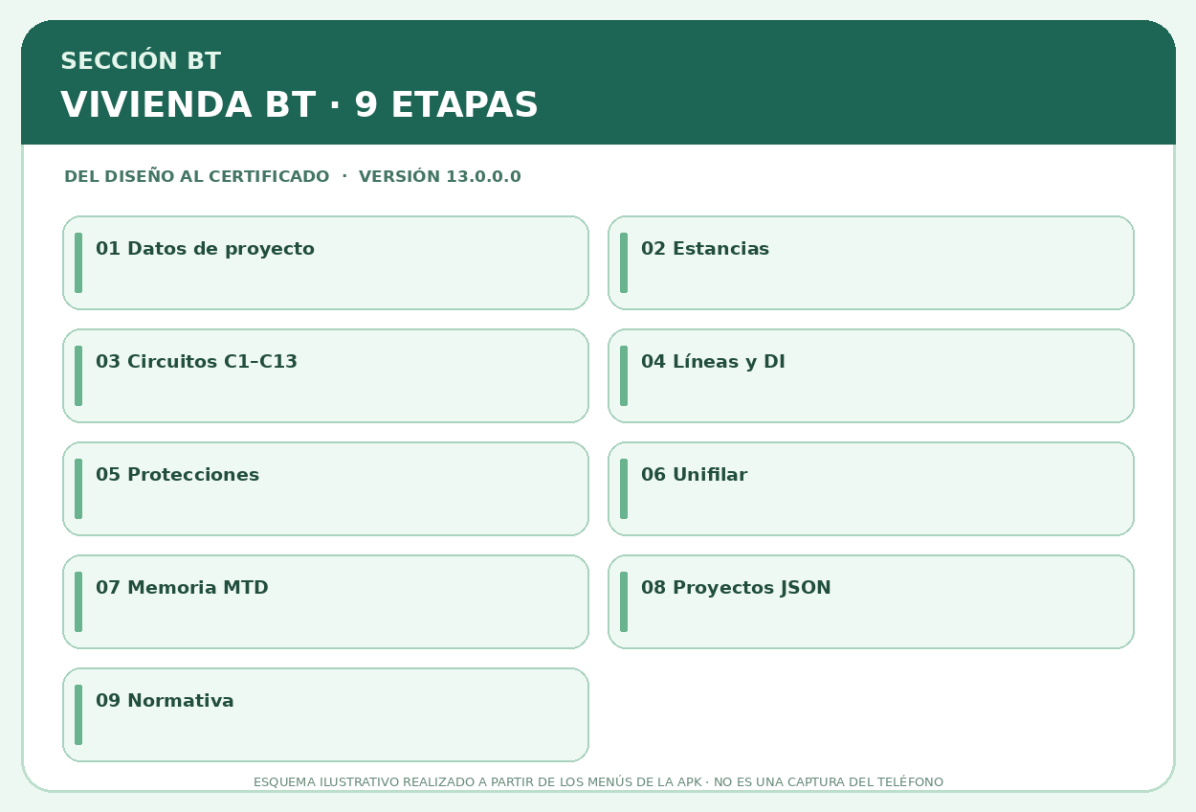
Ilustración de portada original de Unifilar BT extraída del instalador 13.0.0.0 (recurso gráfico del producto, no pantalla operativa).

Orden textual admitida (ejemplo)	Resultado esperado
Instalación trifásica a 400/230 voltios.	Topología de alimentación.
Línea general de alimentación de 25 m.	Longitud de la entrada.
Cuadro 1 desde cuadro general a 15 m.	Alimentador de subcuadro.
Línea 1: motor, 4000 W, 30 m, trifásica, cuadro 1.	Receptor y características de línea.
Agrupa la línea 1 bajo el diferencial 2.	Asociación de protección residual.
Diferencial 2 de 40 A, 30 mA, tetrapolar.	Características del diferencial.

DICTADO La conversión IA es un asistente de entrada: no certifica el cálculo. Los datos manuales no representables por gramática deben ajustarse en el editor antes de imprimir.

11 CIEs BT: Vivienda

Vivienda BT 5.0.0 dispone de nueve etapas visibles desde datos del titular hasta normativa. Propone circuitos, calcula líneas/DI, organiza cuadros, genera unifilar y prepara memorias, certificados y documentación autonómica según funciones incluidas.



Vista explicativa del bloque «CIEs BT: Vivienda», reconstruida a partir de los controles presentes en la APK.

01 · Proyecto

Titular, emplazamiento, provincia, comunidad, tipo de obra, tensión, potencia y datos de enlace.

1. Entrar en la etapa correspondiente del panel principal.
2. Cumplimentar lo que realmente existe o se proyecta.
3. Revisar resultado de circuitos, DI y cuadro.
4. Emitir y cotejar el documento oficial antes de firmarlo.

Fundamento o criterio técnico. La documentación es resultado de las características del proyecto: simultaneidad, Ib, elección de dispositivos, ΔU y clasificación por ITC-BT-04/25/52 deben contrastarse con sus reglas particulares.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Un impreso autonómico puede cambiar; comprobar fecha y requerimientos de tramitación oficiales antes del registro.

Referencia de implementación: assets/cies/apps/vivienda/index.html; assets/cies/apps/vivienda/app.js

02 · Estancias

Reparto por salón, dormitorios, cocina, baños, garaje, terraza, exterior y otros; comparación de dotación mínima y diseño recomendado.

1. Entrar en la etapa correspondiente del panel principal.
2. Cumplimentar lo que realmente existe o se proyecta.
3. Revisar resultado de circuitos, DI y cuadro.
4. Emitir y cotejar el documento oficial antes de firmarlo.

Fundamento o criterio técnico. La documentación es resultado de las características del proyecto: simultaneidad, Ib, elección de dispositivos, ΔU y clasificación por ITC-BT-04/25/52 deben contrastarse con sus reglas particulares.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Un impreso autonómico puede cambiar; comprobar fecha y requerimientos de tramitación oficiales antes del registro.

Referencia de implementación: assets/cies/apps/vivienda/index.html; assets/cies/apps/vivienda/app.js

03 · Circuitos C1–C13

C1 iluminación, C2 tomas generales, C3 cocina/horno, C4 electrodomésticos y C5 auxiliares, con ampliaciones según necesidades y guía.

1. Entrar en la etapa correspondiente del panel principal.
2. Cumplimentar lo que realmente existe o se proyecta.
3. Revisar resultado de circuitos, DI y cuadro.
4. Emitir y cotejar el documento oficial antes de firmarlo.

Fundamento o criterio técnico. La documentación es resultado de las características del proyecto: simultaneidad, Ib, elección de dispositivos, ΔU y clasificación por ITC-BT-04/25/52 deben contrastarse con sus reglas particulares.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Un impreso autonómico puede cambiar; comprobar fecha y requerimientos de tramitación oficiales antes del registro.

Referencia de implementación: assets/cies/apps/vivienda/index.html; assets/cies/apps/vivienda/app.js

04 · Líneas y DI

Longitud, sección, caída individual y cuadro; diferenciar canalización de DI y cableado final.

1. Entrar en la etapa correspondiente del panel principal.
2. Cumplimentar lo que realmente existe o se proyecta.
3. Revisar resultado de circuitos, DI y cuadro.
4. Emitir y cotejar el documento oficial antes de firmarlo.

Fundamento o criterio técnico. La documentación es resultado de las características del proyecto: simultaneidad, Ib, elección de dispositivos, ΔU y clasificación por ITC-BT-04/25/52 deben contrastarse con sus reglas particulares.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Un impreso autonómico puede cambiar; comprobar fecha y requerimientos de tramitación oficiales antes del registro.

Referencia de implementación: assets/cies/apps/vivienda/index.html; assets/cies/apps/vivienda/app.js

05 · Cuadro general

IGA, diferenciales, RCBO, sobretensión POP/SPD cuando corresponda y reparto automático de fases.

1. Entrar en la etapa correspondiente del panel principal.
2. Cumplimentar lo que realmente existe o se proyecta.

3. Revisar resultado de circuitos, DI y cuadro.
4. Emitir y cotejar el documento oficial antes de firmarlo.

Fundamento o criterio técnico. La documentación es resultado de las características del proyecto: simultaneidad, Ib, elección de dispositivos, ΔU y clasificación por ITC-BT-04/25/52 deben contrastarse con sus reglas particulares.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Un impreso autonómico puede cambiar; comprobar fecha y requerimientos de tramitación oficiales antes del registro.

Referencia de implementación: assets/cies/apps/vivienda/index.html; assets/cies/apps/vivienda/app.js

06 · Unifilar

Construcción gráfica a partir de los circuitos del proyecto y exportación .ubt.json.

1. Entrar en la etapa correspondiente del panel principal.
2. Cumplimentar lo que realmente existe o se proyecta.
3. Revisar resultado de circuitos, DI y cuadro.
4. Emitir y cotejar el documento oficial antes de firmarlo.

Fundamento o criterio técnico. La documentación es resultado de las características del proyecto: simultaneidad, Ib, elección de dispositivos, ΔU y clasificación por ITC-BT-04/25/52 deben contrastarse con sus reglas particulares.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Un impreso autonómico puede cambiar; comprobar fecha y requerimientos de tramitación oficiales antes del registro.

Referencia de implementación: assets/cies/apps/vivienda/index.html; assets/cies/apps/vivienda/app.js

07 · Memoria MTD

Memoria general, cálculos, impreso regional y paquetes documentales específicos disponibles.

1. Entrar en la etapa correspondiente del panel principal.
2. Cumplimentar lo que realmente existe o se proyecta.
3. Revisar resultado de circuitos, DI y cuadro.
4. Emitir y cotejar el documento oficial antes de firmarlo.

Fundamento o criterio técnico. La documentación es resultado de las características del proyecto: simultaneidad, Ib, elección de dispositivos, ΔU y clasificación por ITC-BT-04/25/52 deben contrastarse con sus reglas particulares.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Un impreso autonómico puede cambiar; comprobar fecha y requerimientos de tramitación oficiales antes del registro.

Referencia de implementación: assets/cies/apps/vivienda/index.html; assets/cies/apps/vivienda/app.js

08 · Guardar y transferir

Guardar proyecto JSON, abrir otro proyecto o importar desde Sección BT.

1. Entrar en la etapa correspondiente del panel principal.
2. Cumplimentar lo que realmente existe o se proyecta.
3. Revisar resultado de circuitos, DI y cuadro.
4. Emitir y cotejar el documento oficial antes de firmarlo.

Fundamento o criterio técnico. La documentación es resultado de las características del proyecto: simultaneidad, Ib, elección de dispositivos, ΔU y clasificación por ITC-BT-04/25/52 deben contrastarse con sus reglas particulares.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Un impreso autonómico puede cambiar; comprobar fecha y requerimientos de tramitación oficiales antes del registro.

Referencia de implementación: assets/cies/apps/vivienda/index.html; assets/cies/apps/vivienda/app.js

09 · Normativa

Consultar catálogo de REBT e ITC; no confiar en un extracto sin verificar edición y vigencia.

1. Entrar en la etapa correspondiente del panel principal.
2. Cumplimentar lo que realmente existe o se proyecta.
3. Revisar resultado de circuitos, DI y cuadro.
4. Emitir y cotejar el documento oficial antes de firmarlo.

Fundamento o criterio técnico. La documentación es resultado de las características del proyecto: simultaneidad, Ib, elección de dispositivos, ΔU y clasificación por ITC-BT-04/25/52 deben contrastarse con sus reglas particulares.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Un impreso autonómico puede cambiar; comprobar fecha y requerimientos de tramitación oficiales antes del registro.

Referencia de implementación: assets/cies/apps/vivienda/index.html; assets/cies/apps/vivienda/app.js

Ampliaciones y reforma

Seleccionar actuación y grupo de documentación; comprobar si procede proyecto o MTD y si hay modificación de importancia.

1. Entrar en la etapa correspondiente del panel principal.
2. Cumplimentar lo que realmente existe o se proyecta.
3. Revisar resultado de circuitos, DI y cuadro.
4. Emitir y cotejar el documento oficial antes de firmarlo.

Fundamento o criterio técnico. La documentación es resultado de las características del proyecto: simultaneidad, Ib, elección de dispositivos, ΔU y clasificación por ITC-BT-04/25/52 deben contrastarse con sus reglas particulares.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Un impreso autonómico puede cambiar; comprobar fecha y requerimientos de tramitación oficiales antes del registro.

Referencia de implementación: assets/cies/apps/vivienda/index.html; assets/cies/apps/vivienda/app.js

Vehículo eléctrico

Añadir puntos de recarga y circuitos, con protección diferencial y CC residual según esquema de recarga y equipo.

1. Entrar en la etapa correspondiente del panel principal.
2. Cumplimentar lo que realmente existe o se proyecta.
3. Revisar resultado de circuitos, DI y cuadro.
4. Emitir y cotejar el documento oficial antes de firmarlo.

Fundamento o criterio técnico. La documentación es resultado de las características del proyecto: simultaneidad, Ib, elección de dispositivos, ΔU y clasificación por ITC-BT-04/25/52 deben contrastarse con sus reglas particulares.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Un impreso autonómico puede cambiar; comprobar fecha y requerimientos de tramitación oficiales antes del registro.

Referencia de implementación: assets/cies/apps/vivienda/index.html; assets/cies/apps/vivienda/app.js

Generación FV en vivienda

Indicar autoconsumo sin excedentes/con compensación/aislado y su documentación; no confundir modalidad administrativa con protecciones eléctricas.

1. Entrar en la etapa correspondiente del panel principal.
2. Cumplimentar lo que realmente existe o se proyecta.
3. Revisar resultado de circuitos, DI y cuadro.
4. Emitir y cotejar el documento oficial antes de firmarlo.

Fundamento o criterio técnico. La documentación es resultado de las características del proyecto: simultaneidad, Ib, elección de dispositivos, ΔU y clasificación por ITC-BT-04/25/52 deben contrastarse con sus reglas particulares.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Un impreso autonómico puede cambiar; comprobar fecha y requerimientos de tramitación oficiales antes del registro.

Referencia de implementación: assets/cies/apps/vivienda/index.html; assets/cies/apps/vivienda/app.js

12 CIEs BT: Locales

Locales BT 12.2.5 organiza una actividad en dependencias, receptores, cuadros y circuitos con plantillas de partida. A partir del diseño se generan cálculos y documentación, ajustando mínimos y condiciones de la actividad real.



Vista explicativa del bloque «CIEs BT: Locales», reconstruida a partir de los controles presentes en la APK.

Selección de actividad y plantilla

Elegir actividad real (local, comercio, industria o servicio) y, si se desea, una plantilla orientativa editable.

1. Crear el local y guardar una primera versión del proyecto.
2. Agregar zonas y receptores, después cuadros y líneas.
3. Actualizar cálculo y revisar intensidades, caídas y protecciones.
4. Generar CIE/MTD y verificar el impreso campo por campo.

Fundamento o criterio técnico. En locales no basta la suma nominal de receptores: revisar cargas no lineales, motores, corrientes de arranque, ampliaciones previstas y normativa especial de cada actividad.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Las plantillas son ejemplos de trabajo; no sustituyen el reconocimiento del emplazamiento ni el levantamiento de cargas.

Referencia de implementación: assets/cies/apps/locales/index.html; calculator.js; installation-engine.js; network-engine.js

Dependencias funcionales

Crear salas, almacenes, oficinas, baños, cocina, recepción y zonas técnicas; asociar cargas al lugar real.

1. Crear el local y guardar una primera versión del proyecto.
2. Agregar zonas y receptores, después cuadros y líneas.
3. Actualizar cálculo y revisar intensidades, caídas y protecciones.
4. Generar CIE/MTD y verificar el impreso campo por campo.

Fundamento o criterio técnico. En locales no basta la suma nominal de receptores: revisar cargas no lineales, motores, corrientes de arranque, ampliaciones previstas y normativa especial de cada actividad.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Las plantillas son ejemplos de trabajo; no sustituyen el reconocimiento del emplazamiento ni el levantamiento de cargas.

Referencia de implementación: assets/cies/apps/locales/index.html; calculator.js; installation-engine.js; network-engine.js

Equipo o receptor

Introducir potencia absorbida o mecánica, sistema mono/trifásico y categoría de carga. No mezclar Pmec con Pel.

1. Crear el local y guardar una primera versión del proyecto.
2. Agregar zonas y receptores, después cuadros y líneas.
3. Actualizar cálculo y revisar intensidades, caídas y protecciones.
4. Generar CIE/MTD y verificar el impreso campo por campo.

Fundamento o criterio técnico. En locales no basta la suma nominal de receptores: revisar cargas no lineales, motores, corrientes de arranque, ampliaciones previstas y normativa especial de cada actividad.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Las plantillas son ejemplos de trabajo; no sustituyen el reconocimiento del emplazamiento ni el levantamiento de cargas.

Referencia de implementación: assets/cies/apps/locales/index.html; calculator.js; installation-engine.js; network-engine.js

Tomas de corriente

Agrupar usos y simultaneidades justificadas sin sobredimensionar la carga por sumar todas las potencias máximas teóricas.

1. Crear el local y guardar una primera versión del proyecto.
2. Agregar zonas y receptores, después cuadros y líneas.
3. Actualizar cálculo y revisar intensidades, caídas y protecciones.
4. Generar CIE/MTD y verificar el impreso campo por campo.

Fundamento o criterio técnico. En locales no basta la suma nominal de receptores: revisar cargas no lineales, motores, corrientes de arranque, ampliaciones previstas y normativa especial de cada actividad.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Las plantillas son ejemplos de trabajo; no sustituyen el reconocimiento del emplazamiento ni el levantamiento de cargas.

Referencia de implementación: assets/cies/apps/locales/index.html; calculator.js; installation-engine.js; network-engine.js

Alumbrado

Asignar potencia de puntos y número, y comprobar el circuito final con criterios de protección y continuidad de servicio.

1. Crear el local y guardar una primera versión del proyecto.
2. Agregar zonas y receptores, después cuadros y líneas.
3. Actualizar cálculo y revisar intensidades, caídas y protecciones.
4. Generar CIE/MTD y verificar el impreso campo por campo.

Fundamento o criterio técnico. En locales no basta la suma nominal de receptores: revisar cargas no lineales, motores, corrientes de arranque, ampliaciones previstas y normativa especial de cada actividad.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Las plantillas son ejemplos de trabajo; no sustituyen el reconocimiento del emplazamiento ni el levantamiento de cargas.

Referencia de implementación: assets/cies/apps/locales/index.html; calculator.js; installation-engine.js; network-engine.js

Cuadros generales y secundarios

Definir origen, alimentadores, IGA, protecciones y dependencias de cada cuadro.

1. Crear el local y guardar una primera versión del proyecto.
2. Agregar zonas y receptores, después cuadros y líneas.
3. Actualizar cálculo y revisar intensidades, caídas y protecciones.
4. Generar CIE/MTD y verificar el impreso campo por campo.

Fundamento o criterio técnico. En locales no basta la suma nominal de receptores: revisar cargas no lineales, motores, corrientes de arranque, ampliaciones previstas y normativa especial de cada actividad.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Las plantillas son ejemplos de trabajo; no sustituyen el reconocimiento del emplazamiento ni el levantamiento de cargas.

Referencia de implementación: assets/cies/apps/locales/index.html; calculator.js; installation-engine.js; network-engine.js

Diseño del circuito

Ajustar sección, aislamiento, método A1...F, cobre o aluminio, coseno de phi, temperatura y longitud.

1. Crear el local y guardar una primera versión del proyecto.
2. Agregar zonas y receptores, después cuadros y líneas.
3. Actualizar cálculo y revisar intensidades, caídas y protecciones.
4. Generar CIE/MTD y verificar el impreso campo por campo.

Fundamento o criterio técnico. En locales no basta la suma nominal de receptores: revisar cargas no lineales, motores, corrientes de arranque, ampliaciones previstas y normativa especial de cada actividad.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Las plantillas son ejemplos de trabajo; no sustituyen el reconocimiento del emplazamiento ni el levantamiento de cargas.

Referencia de implementación: assets/cies/apps/locales/index.html; calculator.js; installation-engine.js; network-engine.js

Protecciones y diferenciales

Calibre, sensibilidad, tipo A/F/B y selectividad según carga; la protección residual puede ubicarse en la salida o por grupo.

1. Crear el local y guardar una primera versión del proyecto.
2. Agregar zonas y receptores, después cuadros y líneas.

3. Actualizar cálculo y revisar intensidades, caídas y protecciones.
4. Generar CIE/MTD y verificar el impreso campo por campo.

Fundamento o criterio técnico. En locales no basta la suma nominal de receptores: revisar cargas no lineales, motores, corrientes de arranque, ampliaciones previstas y normativa especial de cada actividad.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Las plantillas son ejemplos de trabajo; no sustituyen el reconocimiento del emplazamiento ni el levantamiento de cargas.

Referencia de implementación: assets/cies/apps/locales/index.html; calculator.js; installation-engine.js; network-engine.js

Reparto trifásico

Comprobar reparto por fases y efectos de desequilibrio en neutro; la potencia total no demuestra equilibrio.

1. Crear el local y guardar una primera versión del proyecto.
2. Agregar zonas y receptores, después cuadros y líneas.
3. Actualizar cálculo y revisar intensidades, caídas y protecciones.
4. Generar CIE/MTD y verificar el impreso campo por campo.

Fundamento o criterio técnico. En locales no basta la suma nominal de receptores: revisar cargas no lineales, motores, corrientes de arranque, ampliaciones previstas y normativa especial de cada actividad.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Las plantillas son ejemplos de trabajo; no sustituyen el reconocimiento del emplazamiento ni el levantamiento de cargas.

Referencia de implementación: assets/cies/apps/locales/index.html; calculator.js; installation-engine.js; network-engine.js

Certificado y MTD

Seleccionar región y modelo. La obra real, actividad y datos del titular determinan casillas e información técnica.

1. Crear el local y guardar una primera versión del proyecto.
2. Agregar zonas y receptores, después cuadros y líneas.
3. Actualizar cálculo y revisar intensidades, caídas y protecciones.
4. Generar CIE/MTD y verificar el impreso campo por campo.

Fundamento o criterio técnico. En locales no basta la suma nominal de receptores: revisar cargas no lineales, motores, corrientes de arranque, ampliaciones previstas y normativa especial de cada actividad.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Las plantillas son ejemplos de trabajo; no sustituyen el reconocimiento del emplazamiento ni el levantamiento de cargas.

Referencia de implementación: assets/cies/apps/locales/index.html; calculator.js; installation-engine.js; network-engine.js

Guardar, importar y exportar

Mantener copia de archivo propio y cotejar resultados después de importar; la importación entre aplicaciones no acredita equivalencia de campos.

1. Crear el local y guardar una primera versión del proyecto.
2. Agregar zonas y receptores, después cuadros y líneas.

3. Actualizar cálculo y revisar intensidades, caídas y protecciones.
4. Generar CIE/MTD y verificar el impreso campo por campo.

Fundamento o criterio técnico. En locales no basta la suma nominal de receptores: revisar cargas no lineales, motores, corrientes de arranque, ampliaciones previstas y normativa especial de cada actividad.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Las plantillas son ejemplos de trabajo; no sustituyen el reconocimiento del emplazamiento ni el levantamiento de cargas.

Referencia de implementación: assets/cies/apps/locales/index.html; calculator.js; installation-engine.js; network-engine.js

Locales de pública concurrencia

Comprobar clasificación específica de uso, alumbrado de emergencia, condiciones de seguridad, documentación e inspección.

1. Crear el local y guardar una primera versión del proyecto.
2. Agregar zonas y receptores, después cuadros y líneas.
3. Actualizar cálculo y revisar intensidades, caídas y protecciones.
4. Generar CIE/MTD y verificar el impreso campo por campo.

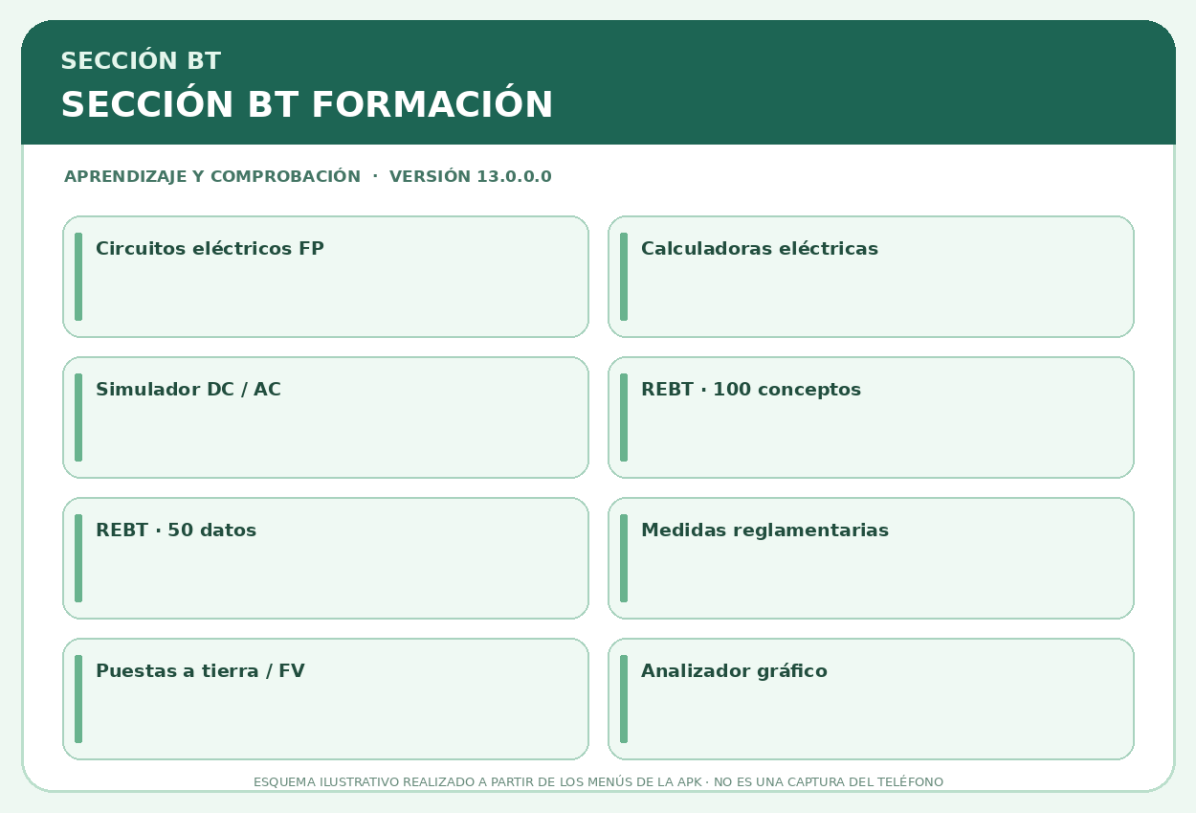
Fundamento o criterio técnico. En locales no basta la suma nominal de receptores: revisar cargas no lineales, motores, corrientes de arranque, ampliaciones previstas y normativa especial de cada actividad.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Las plantillas son ejemplos de trabajo; no sustituyen el reconocimiento del emplazamiento ni el levantamiento de cargas.

Referencia de implementación: assets/cies/apps/locales/index.html; calculator.js; installation-engine.js; network-engine.js

13 Sección BT Formación y analizador

Formación 1.0.1 integra Circuitos eléctricos FP, calculadoras, simulador y un analizador gráfico. Los contenidos didácticos siguen una progresión desde magnitudes básicas hasta máquinas, transformadores, protección, diseño y seguridad.



Vista explicativa del bloque «Sección BT Formación y analizador», reconstruida a partir de los controles presentes en la APK.

Curso de 16 unidades

Desde fundamentos eléctricos y corriente continua hasta integración y seguridad; cada unidad incluye teoría, objetivos, ejemplos, ejercicios y cuestiones.

1. Entrar en Circuitos eléctricos FP.
2. Seleccionar unidad, herramienta de cálculo o anexo.
3. Resolver un caso con valores propios y registrar resultado.
4. Comprobarlo con una medición o una derivación independiente.

Fundamento o criterio técnico. Conviene utilizar ejercicios para comprobar razonamiento y no solo memorizar ecuaciones.

PUNTO DE COMPROBACIÓN El curso es formativo y no habilita por sí solo a firmar documentación profesional.

Referencia de implementación: assets/formacion/curso/index.html; course-data.js; annex-data.js

Calculadoras

Tensión, corriente, potencia, resistencia, caídas e impedancias en problemas básicos.

1. Entrar en Circuitos eléctricos FP.

2. Seleccionar unidad, herramienta de cálculo o anexo.
3. Resolver un caso con valores propios y registrar resultado.
4. Comprobarlo con una medición o una derivación independiente.

Fundamento o criterio técnico. Se debe identificar CA/CC, valores eficaces, cosφ y unidades.

PUNTO DE COMPROBACIÓN El curso es formativo y no habilita por sí solo a firmar documentación profesional.

Referencia de implementación: assets/formacion/curso/index.html; course-data.js; annex-data.js

Simulador de circuitos

Ramas serie, diodo con limitación, paralelos y dos mallas; permite cambiar parámetros para observar consecuencias.

1. Entrar en Circuitos eléctricos FP.
2. Seleccionar unidad, herramienta de cálculo o anexo.
3. Resolver un caso con valores propios y registrar resultado.
4. Comprobarlo con una medición o una derivación independiente.

Fundamento o criterio técnico. Los modelos idealizados ayudan a aprender, pero no sustituyen las tolerancias y protecciones reales.

PUNTO DE COMPROBACIÓN El curso es formativo y no habilita por sí solo a firmar documentación profesional.

Referencia de implementación: assets/formacion/curso/index.html; course-data.js; annex-data.js

Anexo A0

Medidas eléctricas reglamentarias y su interpretación por tipo de ensayo.

1. Entrar en Circuitos eléctricos FP.
2. Seleccionar unidad, herramienta de cálculo o anexo.
3. Resolver un caso con valores propios y registrar resultado.
4. Comprobarlo con una medición o una derivación independiente.

Fundamento o criterio técnico. El alcance y el procedimiento de verificación se determinan con ITC-BT-05 y normas de medida aplicables.

PUNTO DE COMPROBACIÓN El curso es formativo y no habilita por sí solo a firmar documentación profesional.

Referencia de implementación: assets/formacion/curso/index.html; course-data.js; annex-data.js

Anexo A1

Cien conceptos del REBT agrupados por familias de instalaciones.

1. Entrar en Circuitos eléctricos FP.
2. Seleccionar unidad, herramienta de cálculo o anexo.
3. Resolver un caso con valores propios y registrar resultado.
4. Comprobarlo con una medición o una derivación independiente.

Fundamento o criterio técnico. Cada ficha identifica su referencia normativa, pero se debe consultar el texto vigente.

PUNTO DE COMPROBACIÓN El curso es formativo y no habilita por sí solo a firmar documentación profesional.

Referencia de implementación: assets/formacion/curso/index.html; course-data.js; annex-data.js

Anexo A2

Cincuenta datos cuantitativos explicados con su condición de uso.

1. Entrar en Circuitos eléctricos FP.
2. Seleccionar unidad, herramienta de cálculo o anexo.
3. Resolver un caso con valores propios y registrar resultado.
4. Comprobarlo con una medición o una derivación independiente.

Fundamento o criterio técnico. Las cifras aisladas no son prescripciones universales.

PUNTO DE COMPROBACIÓN El curso es formativo y no habilita por sí solo a firmar documentación profesional.

Referencia de implementación: assets/formacion/curso/index.html; course-data.js; annex-data.js

Especial puestas a tierra

Resistividad, electrodos, método de medida, tierras TT/TN y protección frente a contactos.

1. Entrar en Circuitos eléctricos FP.
2. Seleccionar unidad, herramienta de cálculo o anexo.
3. Resolver un caso con valores propios y registrar resultado.
4. Comprobarlo con una medición o una derivación independiente.

Fundamento o criterio técnico. Comparar RA, Zs, condiciones de disparo e incertidumbre instrumental.

PUNTO DE COMPROBACIÓN El curso es formativo y no habilita por sí solo a firmar documentación profesional.

Referencia de implementación: assets/formacion/curso/index.html; course-data.js; annex-data.js

Especial fotovoltaica

Módulos, series, MPPT, curvas, potencias y protecciones.

1. Entrar en Circuitos eléctricos FP.
2. Seleccionar unidad, herramienta de cálculo o anexo.
3. Resolver un caso con valores propios y registrar resultado.
4. Comprobarlo con una medición o una derivación independiente.

Fundamento o criterio técnico. Separar parámetros de fabricante de modelos de producción.

PUNTO DE COMPROBACIÓN El curso es formativo y no habilita por sí solo a firmar documentación profesional.

Referencia de implementación: assets/formacion/curso/index.html; course-data.js; annex-data.js



Pantalla reconstruida del selector de módulos del Analizador Gráfico.

Armónicos

Estudia componentes espectrales y distorsión de formas de onda no sinusoidales.

1. Seleccionar la función y preparar una señal de referencia.
2. Modificar una variable por vez.
3. Observar cómo cambia el gráfico y asociarlo al fenómeno físico.

Fundamento o criterio técnico. Las representaciones pueden ser didácticas; no utilizarlas como medida de armónicos en una instalación ni como ensayo de comportamiento de un variador real.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Registrar amplitudes, frecuencia y condiciones para interpretar correctamente la gráfica.

Referencia de implementación: assets/formacion/analizador/index.html

Fotovoltaica

Permite relacionar curvas y comportamiento de generación solar.

1. Seleccionar la función y preparar una señal de referencia.
2. Modificar una variable por vez.
3. Observar cómo cambia el gráfico y asociarlo al fenómeno físico.

Fundamento o criterio técnico. Las representaciones pueden ser didácticas; no utilizarlas como medida de armónicos en una instalación ni como ensayo de comportamiento de un variador real.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Registrar amplitudes, frecuencia y condiciones para interpretar correctamente la gráfica.

Referencia de implementación: assets/formacion/analizador/index.html

SPWM / inversor

Ilustra modulación por ancho de pulso y síntesis de onda en un inversor.

1. Seleccionar la función y preparar una señal de referencia.
2. Modificar una variable por vez.
3. Observar cómo cambia el gráfico y asociarlo al fenómeno físico.

Fundamento o criterio técnico. Las representaciones pueden ser didácticas; no utilizarlas como medida de armónicos en una instalación ni como ensayo de comportamiento de un variador real.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Registrar amplitudes, frecuencia y condiciones para interpretar correctamente la gráfica.

Referencia de implementación: assets/formacion/analizador/index.html

Variador / VFD

Relaciona frecuencia, tensión y actuación de variadores sobre motores.

1. Seleccionar la función y preparar una señal de referencia.
2. Modificar una variable por vez.
3. Observar cómo cambia el gráfico y asociarlo al fenómeno físico.

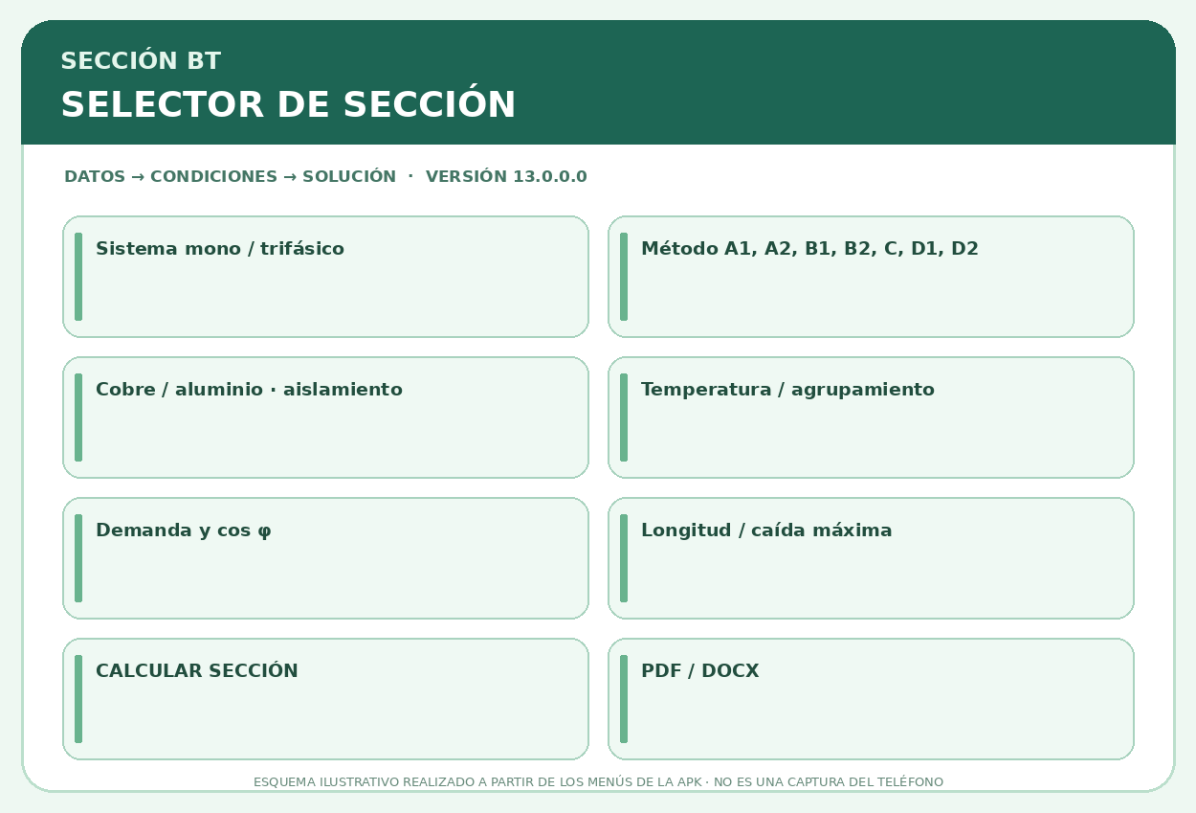
Fundamento o criterio técnico. Las representaciones pueden ser didácticas; no utilizarlas como medida de armónicos en una instalación ni como ensayo de comportamiento de un variador real.

PUNTO DE COMPROBACIÓN Registrar amplitudes, frecuencia y condiciones para interpretar correctamente la gráfica.

Referencia de implementación: assets/formacion/analizador/index.html

14 Casos de aplicación y ejercicios

Los siguientes supuestos son demostraciones de ingeniería. Sus magnitudes y resultados se han calculado para el ejemplo, no constituyen valores preseleccionados del programa. Cada ejercicio separa entradas, método, interpretación y validación que quedaría pendiente.



Vista explicativa del bloque «Casos de aplicación y ejercicios», reconstruida a partir de los controles presentes en la APK.

Caso 01. Línea monofásica de alumbrado

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	230 V; 2.000 W; cosφ=1; 15 m; cobre 2,5 mm²
Resultado orientativo	Ib=2000/230=8,70 A
Validación pendiente	Elegir método real e Iz corregida; determinar ΔU de fase y neutro; verificar protección y selectividad.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL Elegir método real e Iz corregida; determinar ΔU de fase y neutro; verificar protección y selectividad.

Caso 02. Línea de tomas en cobre

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	230 V; 2.300 W; cosφ=1; 25 m; cobre 2,5 mm²
Resultado orientativo	Ib=10,0 A
Validación pendiente	Comprobar el criterio de distribución de tomas, sección y limitación de caída.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL Comprobar el criterio de distribución de tomas, sección y limitación de caída.

Caso 03. Motor trifásico 11 kW

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	400 V; P mecánica=11 kW; η=0,90; cosφ=0,84
Resultado orientativo	Ib≈21,0 A
Validación pendiente	Prever arranque y curva magnética; verificar tensión bajo arranque.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL Prever arranque y curva magnética; verificar tensión bajo arranque.

Caso 04. Motor trifásico 30 kW

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	400 V; P mecánica=30 kW; η=0,92; cosφ=0,90
Resultado orientativo	Ib≈52,3 A
Validación pendiente	Evaluar agrupamiento y temperatura, protección de motor y alimentación del variador.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL Evaluar agrupamiento y temperatura, protección de motor y alimentación del variador.

Caso 05. Derivación individual 9,2 kW

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	230 V; P=9,2 kW; cosφ=1
Resultado orientativo	Ib=40 A
Validación pendiente	Evaluar cada caso de longitud de DI y caída asignada según configuración de enlace.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL Evaluar cada caso de longitud de DI y caída asignada según configuración de enlace.

Caso 06. Cortocircuito simplificado

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	230 V; Z de bucle total 0,40 Ω
Resultado orientativo	Icc≈575 A (hipótesis simple U/Z)
Validación pendiente	Comprobar R+jX real, tolerancias de tensión, temperatura y disparo mínimo.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL Comprobar R+jX real, tolerancias de tensión, temperatura y disparo mínimo.

Caso 07. Comprobación térmica 2,5 mm²

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	Cu PVC 2,5 mm²; k=115 A√s/mm²
Resultado orientativo	$k^2S^2 \approx 82.656$ A²s

Validación pendiente	Comparar contra energía de paso real del dispositivo.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL Comparar contra energía de paso real del dispositivo.

Caso 08. Energía adiabática de defecto

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	Icc=2.000 A; tiempo=0,01 s
Resultado orientativo	I^2t=40.000 A^2s
Validación pendiente	Esfuerzo calculado menor que k^2S^2 de ejemplo, condicionado a un tiempo real de disparo.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL Esfuerzo calculado menor que k^2S^2 de ejemplo, condicionado a un tiempo real de disparo.

Caso 09. Corriente de carga EV monofásica

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	230 V; P=6.000 W; cosφ≈1
Resultado orientativo	Ib≈26,1 A
Validación pendiente	Revisar línea dedicada, diferencial adecuado, posible detección 6 mA CC y curva de carga.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL Revisar línea dedicada, diferencial adecuado, posible detección 6 mA CC y curva de carga.

Caso 10. Circuito de emergencia

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	230 V; 500 W; cosφ=0,95; 40 m
Resultado orientativo	Ib≈2,29 A
Validación pendiente	Coordinar continuidad de servicio, protección y prescripciones del local.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL Coordinar continuidad de servicio, protección y prescripciones del local.

Caso 11. Desequilibrio trifásico

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	Tres fases con cargas 2,0 / 4,0 / 1,5 kW
Resultado orientativo	I1≈8,70 A; I2≈17,39 A; I3≈6,52 A
Validación pendiente	La suma no representa corriente de neutro: calcular suma fasorial.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL La suma no representa corriente de neutro: calcular suma fasorial.

Caso 12. Caída de línea trifásica

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	400 V; I=35 A; L=45 m; R=0,0012 Ω/m; X=0,00008 Ω/m; cosφ=0,90
Resultado orientativo	ΔU≈3,04 V
Validación pendiente	Distinguir caída de tramo y acumulada al receptor.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL Distinguir caída de tramo y acumulada al receptor.

Caso 13. Caída monofásica resistiva

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	230 V; 16 A; L=20 m; R=0,0089 Ω/m
Resultado orientativo	ΔU≈5,70 V; 2,48 %
Validación pendiente	R debe representar conductor a su temperatura de cálculo.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL R debe representar conductor a su temperatura de cálculo.

Caso 14. Agrupamiento y temperatura

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	Iz tabla=40 A; kT=0,91; kG=0,80
Resultado orientativo	Iz corregida=29,12 A
Validación pendiente	Verificar si In=32 A queda fuera por condición In≤Iz.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL Verificar si In=32 A queda fuera por condición In≤Iz.

Caso 15. Línea con cosφ reducido

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	230 V; P=2.000 W; cosφ=0,75
Resultado orientativo	Ib≈11,59 A
Validación pendiente	La caída y pérdidas difieren de la carga resistiva de igual P.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL La caída y pérdidas difieren de la carga resistiva de igual P.

Caso 16. Protección TT

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	RA=50 Ω; IΔn=30 mA
Resultado orientativo	RA·IΔn=1,5 V
Validación pendiente	Comprobar tierra real, tiempos, tipo de diferencial, tensión de contacto permitida.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL Comprobar tierra real, tiempos, tipo de diferencial, tensión de contacto permitida.

Caso 17. Protección TN

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	U0=230 V; Zs=0,50 Ω
Resultado orientativo	Ik de bucle≈460 A
Validación pendiente	Contrastar corriente de actuación en tiempo reglamentario.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL Contrastar corriente de actuación en tiempo reglamentario.

Caso 18. String fotovoltaico

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	14 módulos × Voc STC 50 V; βVoc=−0,27 %/°C; T=−10 °C
Resultado orientativo	Voc,fío≈766 V
Validación pendiente	Comprobar Udc máxima del inversor y margen de condiciones extremas.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL Comprobar Udc máxima del inversor y margen de condiciones extremas.

Caso 19. Potencia de campo FV

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	24 módulos × 565 Wp
Resultado orientativo	PDC,STC=13,56 kWp
Validación pendiente	No comparar directamente con P AC máxima instantánea por irradiancia y temperatura.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL No comparar directamente con P AC máxima instantánea por irradiancia y temperatura.

Caso 20. Clipping de inversor

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	PDC útil instantánea 12 kW; PAC nominal 10 kW
Resultado orientativo	Clipping idealizado 2 kW instantáneos
Validación pendiente	Integrar energías horarias reales para kWh de limitación.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL Integrar energías horarias reales para kWh de limitación.

Caso 21. Strings a MPPT

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	Dos strings similares en paralelo, 13 módulos en serie
Resultado orientativo	U misma; I del MPPT≈I1+I2
Validación pendiente	Consultar Imax e Isc admitidas por el MPPT y cableado.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL Consultar Imax e Isc admitidas por el MPPT y cableado.

Caso 22. Resistividad del cobre

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	R20=0,008 Ω/m; α=0,00393/°C; θ=70 °C
Resultado orientativo	R70≈0,00957 Ω/m
Validación pendiente	La temperatura repercute en caída y Z de línea.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL La temperatura repercute en caída y Z de línea.

Caso 23. Acumulación de caídas

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	Entrada 1,0 % + alimentador 1,3 % + final 2,0 %
Resultado orientativo	Total por recorrido=4,3 %
Validación pendiente	Contrastar límites aplicables a cada tramo y al conjunto.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL Contrastar límites aplicables a cada tramo y al conjunto.

Caso 24. Sobrecorriente de arranque

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	Motor nominal 25 A; arranque=6 × In
Resultado orientativo	Iarr≈150 A
Validación pendiente	No sobredimensionar magnetotérmico sin valorar curva y protección térmica.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL No sobredimensionar magnetotérmico sin valorar curva y protección térmica.

Caso 25. Selección de diferencial

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	Cuatro líneas finales, 30 mA, cargas electrónicas
Resultado orientativo	Tipo A como punto de partida condicionado
Validación pendiente	Examinar corrientes residuales DC y recomendaciones de fabricante.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL Examinar corrientes residuales DC y recomendaciones de fabricante.

Caso 26. Factor de simultaneidad

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	4 receptores × 2 kW; Ks=0,65
Resultado orientativo	Psim=5,2 kW
Validación pendiente	La simultaneidad de diseño debe justificarse por uso real, no por conveniencia.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL La simultaneidad de diseño debe justificarse por uso real, no por conveniencia.

Caso 27. Corriente alterna de inversor

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	Inversor 10 kW 400 V 3F; cosφ=1
Resultado orientativo	I≈14,43 A
Validación pendiente	Comprobar datos de placa de salida, rango de tensión y aporte a cortocircuito.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL Comprobar datos de placa de salida, rango de tensión y aporte a cortocircuito.

Caso 28. Pérdida óhmica trifásica

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	3 fases; 25 A; Rfase=0,12 Ω
Resultado orientativo	Pj≈225 W
Validación pendiente	Se requiere resistencia total por fase a temperatura de servicio.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL Se requiere resistencia total por fase a temperatura de servicio.

Caso 29. Transformador y bucle

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	Fuente de 400 V; R=0,02 Ω; X=0,05 Ω por fase
Resultado orientativo	$\|Z\| \approx 0{,}0539\ \Omega$
Validación pendiente	Sin red y alimentador completos no puede calcularse Icc del punto final.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL Sin red y alimentador completos no puede calcularse Icc del punto final.

Caso 30. Energía consumida

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	Carga 3 kW durante 4,5 h
Resultado orientativo	E=13,5 kWh
Validación pendiente	El producto de potencia por tiempo no es potencia instalada.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL El producto de potencia por tiempo no es potencia instalada.

Caso 31. Autonomía de batería

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	Batería 42 kWh; usable 85 %; carga 7 kW
Resultado orientativo	Autonomía idealizada≈5,1 h

Validación pendiente	Pérdidas de conversión, potencia y reserva modifican resultado.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL Pérdidas de conversión, potencia y reserva modifican resultado.

Caso 32. Factor de carga motor

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	Pn mec=7,5 kW; 60% carga; η=0,88
Resultado orientativo	Pentrada≈5,11 kW
Validación pendiente	Verificar curva real de eficiencia fuera del nominal.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL Verificar curva real de eficiencia fuera del nominal.

Caso 33. Comparación Cu/Al

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	Igual R objetivo, ρCu≈0,0172 y ρAl≈0,0282 Ωmm²/m
Resultado orientativo	SAl/SCu≈1,64
Validación pendiente	No sustituir sección por proporción sin comprobar terminales y tabla de Iz.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL No sustituir sección por proporción sin comprobar terminales y tabla de Iz.

Caso 34. Continuidad de protección

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	PE y neutro definidos desde cuadro hasta receptor
Resultado orientativo	Verificación cualitativa del recorrido
Validación pendiente	La línea de PE no debe desaparecer en ramificaciones o entradas a equipos.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL La línea de PE no debe desaparecer en ramificaciones o entradas a equipos.

Caso 35. Revisión de clasificación documental

Dato / etapa	Desarrollo
Entradas	Actividad y potencia determinan ITC-BT-04
Resultado orientativo	Elegir MTD/proyecto según caso
Validación pendiente	Evitar que una plantilla decida la clasificación sin conocer el uso.

Procedimiento con la suite. Abrir el módulo correspondiente, introducir las variables del caso, comprobar unidades y método de instalación, ejecutar cálculo y exportar la hoja de resultados. Comparar las magnitudes obtenidas con el desarrollo manual y explicar cualquier divergencia debida a reactancia, corrección térmica, coseno de phi o hipótesis de la herramienta.

Interpretación. El resultado de este caso es una referencia matemática de trabajo. No determina automáticamente sección ni protección válidas: el proyecto final exige comprobar Iz corregida, caída en todo el recorrido, sobrecargas, Icc máxima y mínima, desconexión, capacidad de corte, servicio real y prescripciones particulares.

COMPROBACIÓN PROFESIONAL Evitar que una plantilla decida la clasificación sin conocer el uso.

15 Diagnóstico, verificación y mantenimiento

Esta sección establece una secuencia de control de calidad. Se distingue problema de datos, problema de modelo, problema de importación, error de emisión de documentos y comportamiento real del dispositivo.



Vista explicativa del bloque «Diagnóstico, verificación y mantenimiento», reconstruida a partir de los controles presentes en la APK.

La APK no se instala

Comprobar que no es un fragmento, compatibilidad de Android, procedencia, firma y espacio. No desinstalar versión previa sin respaldos.

Secuencia de comprobación: (1) registrar versión y pantalla; (2) anotar entradas reproducibles; (3) guardar una copia; (4) aislar una variable; (5) comparar con una relación manual independiente; (6) exportar un informe del caso. No modificar varias hipótesis simultáneamente porque se pierde la causa de la diferencia.

No aparece el menú Plus

Verificar licencia permanente activa y que la pantalla de activación no esté bloqueando el acceso.

Secuencia de comprobación: (1) registrar versión y pantalla; (2) anotar entradas reproducibles; (3) guardar una copia; (4) aislar una variable; (5) comparar con una relación manual independiente; (6) exportar un informe del caso. No modificar varias hipótesis simultáneamente porque se pierde la causa de la diferencia.

Error de licencia online

Revisar código de comprador sin espacios erróneos, red, fecha/hora y el estado del servicio de emisión.

Secuencia de comprobación: (1) registrar versión y pantalla; (2) anotar entradas reproducibles; (3) guardar una copia; (4) aislar una variable; (5) comparar con una relación manual independiente; (6) exportar un informe del caso. No modificar varias hipótesis simultáneamente porque se pierde la causa de la diferencia.

Error de respuesta offline

Usar la solicitud generada en el propio terminal; no cambiar dispositivo, no generar solicitud nueva tras emitir respuesta.

Secuencia de comprobación: (1) registrar versión y pantalla; (2) anotar entradas reproducibles; (3) guardar una copia; (4) aislar una variable; (5) comparar con una relación manual independiente; (6) exportar un informe del caso. No modificar varias hipótesis simultáneamente porque se pierde la causa de la diferencia.

Sección inesperada

Revisar método, temperatura, número de conductores, aislamiento, aluminio/cobre, tensión y simultaneidad.

Secuencia de comprobación: (1) registrar versión y pantalla; (2) anotar entradas reproducibles; (3) guardar una copia; (4) aislar una variable; (5) comparar con una relación manual independiente; (6) exportar un informe del caso. No modificar varias hipótesis simultáneamente porque se pierde la causa de la diferencia.

Caída de tensión desproporcionada

Comprobar metros reales, ida/vuelta, unidad Ω/m frente Ω/km, cosφ, temperatura y secciones.

Secuencia de comprobación: (1) registrar versión y pantalla; (2) anotar entradas reproducibles; (3) guardar una copia; (4) aislar una variable; (5) comparar con una relación manual independiente; (6) exportar un informe del caso. No modificar varias hipótesis simultáneamente porque se pierde la causa de la diferencia.

Icc incoherente

Revisar R/X de red, fase/neutro/PE, condiciones cmin/cmax, secciones y neutro del tramo.

Secuencia de comprobación: (1) registrar versión y pantalla; (2) anotar entradas reproducibles; (3) guardar una copia; (4) aislar una variable; (5) comparar con una relación manual independiente; (6) exportar un informe del caso. No modificar varias hipótesis simultáneamente porque se pierde la causa de la diferencia.

No cambia magnetotérmico al simular

La versión 9.0.0.ia requiere control explícito de dimensionado. Entrar en simulación no cambia calibres.

Secuencia de comprobación: (1) registrar versión y pantalla; (2) anotar entradas reproducibles; (3) guardar una copia; (4) aislar una variable; (5) comparar con una relación manual independiente; (6) exportar un informe del caso. No modificar varias hipótesis simultáneamente porque se pierde la causa de la diferencia.

Curvas sin selectividad concluyente

No basta el aspecto visual de curvas. Examinar datos y tablas del fabricante.

Secuencia de comprobación: (1) registrar versión y pantalla; (2) anotar entradas reproducibles; (3) guardar una copia; (4) aislar una variable; (5) comparar con una relación manual independiente; (6) exportar un informe del caso. No modificar varias hipótesis simultáneamente porque se pierde la causa de la diferencia.

No se importa un archivo

Verificar formato correcto (.json, .ubt.json), estructura, versión y si el módulo receptor admite ese tipo de proyecto.

Secuencia de comprobación: (1) registrar versión y pantalla; (2) anotar entradas reproducibles; (3) guardar una copia; (4) aislar una variable; (5) comparar con una relación manual independiente; (6) exportar un informe del caso. No modificar varias hipótesis simultáneamente porque se pierde la causa de la diferencia.

Informe con datos antiguos

Recalcular proyecto y volver a generar el documento; comprobar fecha, trazabilidad y nombre de exportación.

Secuencia de comprobación: (1) registrar versión y pantalla; (2) anotar entradas reproducibles; (3) guardar una copia; (4) aislar una variable; (5) comparar con una relación manual independiente; (6) exportar un informe del caso. No modificar varias hipótesis simultáneamente porque se pierde la causa de la diferencia.

Modelo autonómico desajustado

Contrastar impreso vigente del organismo competente y mapear campos; revisar manualmente cada casilla.

Secuencia de comprobación: (1) registrar versión y pantalla; (2) anotar entradas reproducibles; (3) guardar una copia; (4) aislar una variable; (5) comparar con una relación manual independiente; (6) exportar un informe del caso. No modificar varias hipótesis simultáneamente porque se pierde la causa de la diferencia.

Producción FV sorprendente

Revisar azimut, inclinación, strings, clima, potencia AC, pérdidas, sombras, orientación y clipping.

Secuencia de comprobación: (1) registrar versión y pantalla; (2) anotar entradas reproducibles; (3) guardar una copia; (4) aislar una variable; (5) comparar con una relación manual independiente; (6) exportar un informe del caso. No modificar varias hipótesis simultáneamente porque se pierde la causa de la diferencia.

Pantalla de formación sin ejercicio

Comprobar módulo y variante; distinguir lección, simulador y anexo; no todos los temas usan idéntico recurso.

Secuencia de comprobación: (1) registrar versión y pantalla; (2) anotar entradas reproducibles; (3) guardar una copia; (4) aislar una variable; (5) comparar con una relación manual independiente; (6) exportar un informe del caso. No modificar varias hipótesis simultáneamente porque se pierde la causa de la diferencia.

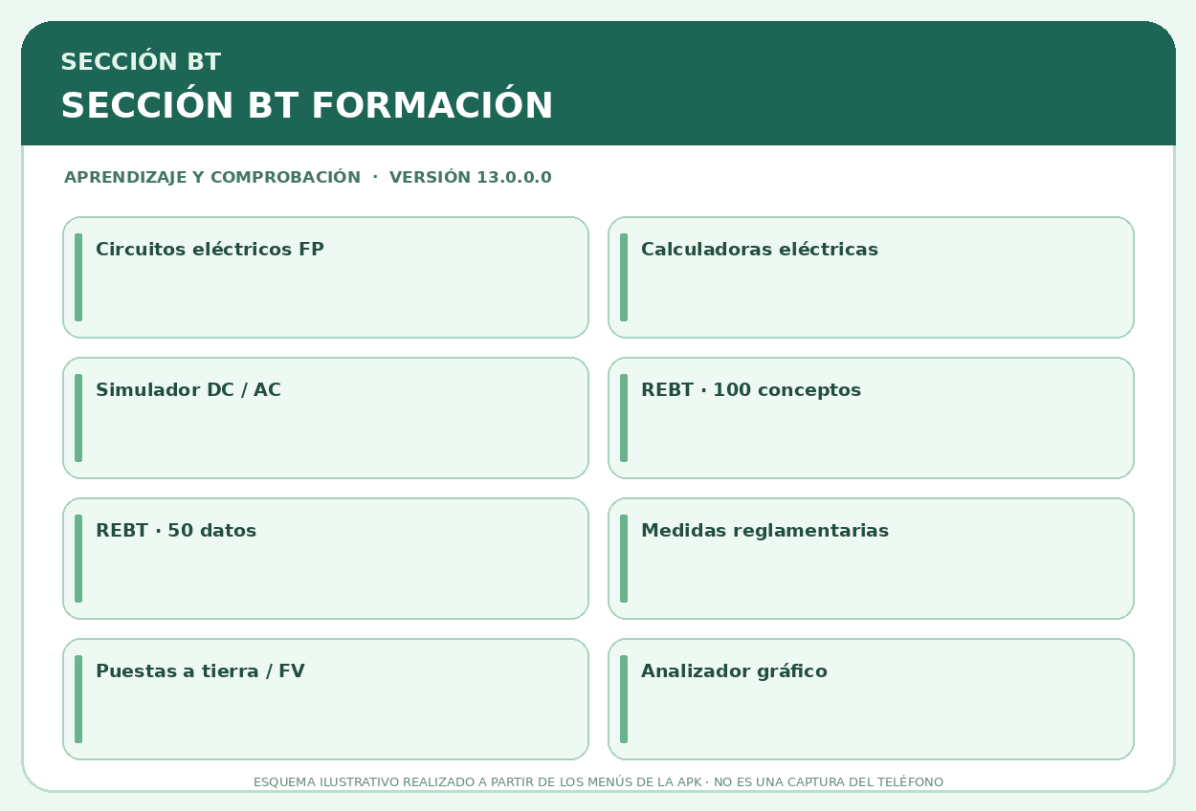
Pérdida de proyecto al actualizar

Recuperar exportaciones y restaurar sin borrar datos adicionales; investigar compatibilidad del archivo.

Secuencia de comprobación: (1) registrar versión y pantalla; (2) anotar entradas reproducibles; (3) guardar una copia; (4) aislar una variable; (5) comparar con una relación manual independiente; (6) exportar un informe del caso. No modificar varias hipótesis simultáneamente porque se pierde la causa de la diferencia.

16 Anexo docente: desarrollo de las 16 unidades

El contenido que sigue reproduce y estructura el material educativo incorporado en «Circuitos eléctricos FP» dentro de la APK examinada. Su inclusión facilita un manual autosuficiente para los fundamentos que utilizan las calculadoras, los motores de cableado y la simulación.



Vista explicativa del bloque «Anexo docente: desarrollo de las 16 unidades», reconstruida a partir de los controles presentes en la APK.

Unidad 01 · Fundamentos eléctricos

Magnitudes, leyes y grandezas básicas

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE Interpretar carga, tensión, corriente y resistencia; Relacionar potencia y energía; Trabajar con unidades y órdenes de magnitud

Carga eléctrica y materia

La carga eléctrica es una propiedad de algunas partículas. Los protones tienen carga positiva y los electrones negativa; los neutrones no tienen carga. Un cuerpo es eléctricamente neutro cuando ambas cantidades se equilibran. La unidad de carga es el culombio (C), que representa una cantidad enorme de cargas elementales. Cuando un material gana o pierde electrones, queda cargado y puede atraer o repeler otros cuerpos.

Tensión: energía disponible

La tensión es la diferencia de energía eléctrica entre dos puntos, medida por cada culombio de carga que se mueve entre ellos. Se mide en voltios (V): un voltio equivale a un julio por culombio. Puede imaginarse como el desnivel que impulsa el agua por una tubería. Una pila o una fuente crea esa diferencia de potencial; la tensión por sí sola no indica cuánta corriente circulará.

Corriente: carga en movimiento

La corriente eléctrica es el paso ordenado de carga por un conductor. Su intensidad indica cuánta carga atraviesa una sección en cada segundo: un amperio equivale a un culombio por segundo. En los esquemas se utiliza el sentido convencional, del punto de mayor potencial al de menor potencial. En un metal los electrones se mueven en sentido contrario, pero los cálculos de circuitos siguen la convención.

Resistencia y materiales

La resistencia describe cuánto se opone un elemento al paso de corriente. Se mide en ohmios (Ω). Un cable largo y fino suele ofrecer más resistencia que uno corto y grueso; además, el material y su temperatura influyen. Una resistencia transforma parte de la energía eléctrica en calor. La resistencia de un componente puede ser útil, pero la de los cables también produce pérdidas que conviene controlar.

Potencia y energía no son lo mismo

La potencia, medida en vatios (W), expresa la rapidez con que un receptor consume o entrega energía. La energía es la cantidad acumulada durante un intervalo y puede expresarse en julios o en kilovatios hora (kWh). Un aparato de 1000 W funcionando una hora consume 1 kWh. Por eso, una potencia alta durante poco tiempo puede consumir lo mismo que una potencia baja durante más tiempo.

Unidades y comprobación

Antes de sustituir valores en una fórmula, anota las unidades y convierte los prefijos: mili significa una milésima, kilo mil y micro una millonésima. Por ejemplo, 2 mA son 0,002 A. Comprueba que la

unidad final tiene sentido: potencia en vatios, carga en culombios y tiempo en segundos. Revisar unidades y orden de magnitud ayuda a detectar errores de coma antes de aceptar un resultado.

1 · Mapa conceptual

En esta unidad estudiamos magnitudes eléctricas. El hilo conductor son carga, tensión, corriente, resistencia, potencia y energía. Antes de memorizar expresiones, dibuja el sistema y marca sus entradas, salidas y fronteras. Un esquema pequeño con referencias claras suele revelar si una magnitud pertenece a una fuente, una carga o un intervalo de medida. Identifica cada magnitud con su unidad y con el elemento o intervalo donde se mide.

2 · Modelo físico y límites

Identifica cada magnitud con su unidad y con el elemento o intervalo donde se mide. El modelo de cálculo simplifica una realidad física: componentes ideales, condiciones iniciales, equilibrio o temperatura fijada. Indica siempre cuáles son esas hipótesis. Si los datos no respetan el modelo, cambia la representación o utiliza una medición más completa en lugar de forzar una fórmula. En magnitudes eléctricas, conocer el límite del modelo evita obtener un número correcto para una situación mal descrita.

3 · Ruta de resolución paso a paso

Traduce el enunciado a un esquema, anota unidades, elige una relación y comprueba el resultado con balance de potencia. Después de obtener el resultado, comprueba unidades y coherencia física. Pregunta qué ocurriría si duplicaras la carga o redujeras la sección; la tendencia debe coincidir con el comportamiento esperado. Si una ecuación entrega una cifra sorprendente, revisa conversiones, prefijos, condiciones nominales y si confundiste valores de línea y de fase o magnitudes instantáneas y eficaces.

4 · Lectura de la medida

Mide primero tensión en paralelo y corriente en serie usando bornes y rangos correctos. Deja que el circuito alcance una condición estable cuando la prueba lo requiera y anota simultáneamente los valores relacionados. Registra el punto exacto, el rango y el estado de carga. Repetir una lectura sin cambiar las condiciones permite estimar su estabilidad; comparar lecturas tomadas en condiciones distintas no demuestra por sí solo una avería.

5 · Diagnóstico técnico

Revisa polaridad, escala, conexión, resolución del aparato y si el circuito debe estar energizado. Comienza con observaciones visuales y de placa con el equipo desenergizado. Formula al menos dos causas posibles y elige una prueba que las separe. Cambia una condición cada vez. Tras cualquier corrección repite la medición inicial y otra prueba funcional. Así se comprueba el efecto de la reparación y se evita confundir coincidencia temporal con causa real.

6 · Aplicación en instalación

Separa dato, incógnita, unidad y sentido físico; revisa que el orden de magnitud sea plausible. Lleva el resultado a una decisión concreta: seleccionar un componente, proponer una medida, ajustar un esquema o justificar una verificación. Indica qué dato falta para cerrar la decisión y dónde se obtendría. Si entra en juego dimensionado reglamentario, anota norma, guía, tabla y edición vigente que aplicaste; el material didáctico no sustituye esa comprobación.

7 · Comprobación por balance

Comprueba el balance del sistema: corrientes en un nodo, tensiones alrededor de una malla, potencia de entrada y salida o energía acumulada durante el ensayo, según corresponda. Las diferencias pequeñas pueden deberse a pérdidas, tolerancia e incertidumbre; diferencias grandes señalan una hipótesis, conexión o lectura que debe revisarse. Escribe la diferencia y explica qué mecanismo físico puede producirla.

8 · Vocabulario y comunicación

Explica el resultado en una frase completa: qué se midió o calculó, dónde, bajo qué condición y qué significa para magnitudes eléctricas. Distingue valor nominal, valor medido y valor calculado. Añade unidades y redondea con criterio. Esta práctica permite que otra persona reproduzca el trabajo y detecte si la conclusión depende de una hipótesis aún no verificada.

De carga a energía: qué representa cada magnitud

La carga Q mide cuánta electricidad se desplaza; la corriente I indica cuánta carga cruza una sección cada segundo: $I = \Delta Q/\Delta t$. La tensión U expresa la energía transferida por unidad de carga: $U = \Delta W/Q$. Esta relación evita confundir tensión con corriente: una fuente de 12 V establece energía disponible, mientras que la corriente depende del circuito conectado. La potencia $P = U \cdot I$ mide el ritmo de transferencia de energía y la energía consumida durante un intervalo es $E = \int P\,dt$. Si P permanece aproximadamente constante, $E = P \cdot t$. En instalaciones, expresa kWh como producto de kW por horas; un equipo de 2 kW que funciona 3 h consume 6 kWh, no 6 kW. Cada cambio de prefijo debe acompañarse de la unidad para evitar errores de factor mil.

Resistencia: geometría, material y temperatura

Para un conductor uniforme, $R = \rho \cdot L/S$. La longitud aumenta la resistencia, la sección la reduce y el material determina la resistividad ρ. La expresión presupone temperatura y geometría definidas. En un hilo metálico, al aumentar la temperatura suele aumentar la resistencia; por eso una medida en frío no reproduce exactamente el comportamiento bajo carga. En una carga resistiva, la potencia disipada como calor se puede calcular también como $P = I^2R$ o $P = U^2/R$. Estas formas son equivalentes solo cuando U, I y R corresponden al mismo elemento y al mismo estado. Una resistencia de contacto concentrada puede producir calentamiento local aunque el valor medio del conductor parezca correcto. Para interpretar un resultado, distingue resistencia del receptor, de los cables y de las uniones.

Convención de signos y referencias

En un esquema se elige de forma explícita el sentido de las corrientes y la polaridad de las tensiones. Esas flechas son referencias matemáticas, no una afirmación previa sobre el sentido real. Si el cálculo entrega $I = -0{,}4$ A, la corriente real tiene 0,4 A en sentido contrario al elegido. Con la convención pasiva, cuando la corriente entra por el terminal marcado positivo, $p = u \cdot i$ representa potencia absorbida; un valor negativo indica que el elemento entrega potencia al resto del circuito. Esta lectura permite analizar fuentes, baterías cargando o descargando y receptores sin cambiar fórmulas a mitad del cálculo. Anota las referencias junto al esquema y conserva la misma convención al medir; muchos errores aparentes son solo una inversión de puntas.

Cómo cerrar un balance de potencia

En una red ideal, la suma algebraica de potencias en todos los elementos es cero. En un equipo real, la potencia de entrada se reparte entre salida útil y pérdidas: Pentrada = Psalida + Ppérdidas. Este

balance es una comprobación independiente de la ley de Ohm. Por ejemplo, si una fuente entrega 24 V y 2 A, aporta 48 W. Si dos resistencias absorben 30 W y 18 W, el cálculo cierra; si dan 46 W, falta localizar 2 W en una resistencia de cable, una unión o un dato de medida. La diferencia también puede proceder de lecturas tomadas en momentos distintos o de instrumentos con tolerancia. Escribe la diferencia residual y valora si es razonable respecto a la incertidumbre.

Problema guiado: medir sin cambiar el circuito

Para medir tensión, el voltímetro se conecta en paralelo y presenta una resistencia interna alta. Para corriente, el amperímetro se intercala en serie y su resistencia interna debe ser baja. Si un multímetro está en modo amperímetro y se conecta entre dos puntos de tensión, puede crear un cortocircuito. Antes de mover puntas, identifica bornes y función; después selecciona un rango superior al valor esperado y reduce el rango si procede. Mide la tensión primero y estima corriente con una relación conocida. Si la corriente real debe medirse, desenergiza y abre el circuito para insertar el instrumento o usa una pinza adecuada. Registra el montaje; una cifra sin conexión descrita no es reproducible.

Lectura de placa y orden de magnitud

Una placa puede informar potencia mecánica de salida, potencia eléctrica absorbida, tensión nominal, corriente, frecuencia o régimen. Comprueba qué magnitud expresa antes de sustituirla en $P = U \cdot I$. Para un receptor en alterna, la potencia activa no suele ser $U \cdot I$ a secas; en condiciones sinusoidales interviene $\cos \varphi$. Para un equipo de corriente continua ideal, $P = U \cdot I$ es potencia eléctrica absorbida. Como control, estima la corriente con $I \approx P/U$ solo si el tipo de potencia y el modelo permiten esa aproximación. Si el resultado supera ampliamente la corriente nominal, no lo redondees: revisa unidades, tensión aplicada, conexión y factor de potencia.

Fórmulas de referencia de la unidad

Corriente: $I = Q / t$ — $A = C/s$

Tensión: $V = W / Q$ — $V = J/C$

Potencia: $P = V \cdot I$ — W

Energía: $E = P \cdot t$ — J o Wh

Ejemplo resuelto

Una carga de 12 C atraviesa una sección de cable en 3 s. El receptor conectado trabaja a 12 V. Calcula la corriente y la energía transferida en ese intervalo.

1. Identificamos los datos: $Q = 12$ C, $t = 3$ s y $V = 12$ V.
2. La corriente se obtiene dividiendo la carga entre el tiempo: $I = Q/t$.
3. Sustituimos: $I = 12$ C/3 s $= 4$ A.
4. Calculamos la potencia: $P = V \cdot I = 12$ V·4 A $= 48$ W.
5. La energía en 3 s es $E = P \cdot t = 48$ W·3 s $= 144$ J.

RESULTADO DEL EJEMPLO Circulan 4 A y se transfieren 144 J en los 3 s.

Ejercicio de comprobación

Un receptor funciona a 230 V y absorbe 2 A durante 3 h. Calcula la potencia y la energía consumida en kWh. Indica qué dato describe la rapidez de consumo.

SOLUCIÓN RAZONADA P = V·I = 230·2 = 460 W. La energía es E = P·t = 460 W·3 h = 1380 Wh = 1,38 kWh. La potencia (460 W) describe la rapidez de consumo; la energía (1,38 kWh) es lo acumulado durante las 3 h.

Práctica guiada · Fundamentos eléctricos

Objetivo: Aplicar magnitudes eléctricas con un montaje de baja tensión o una simulación autorizada, registrando datos y justificando diferencias.

Equipo o material: ['Esquema de la práctica y fuente protegida adecuada', 'Instrumento con categoría y rango apropiados', 'Conductores y carga didáctica identificados', 'Hoja de registro, calculadora y elementos de protección requeridos']

1. Lee el esquema y localiza puntos de medida antes de conectar.
2. Con la alimentación aislada, revisa polaridad, continuidad y bornes.
3. Anota valores nominales e hipótesis; predice el orden de magnitud.
4. Conecta el circuito siguiendo el procedimiento del laboratorio y energiza solo con autorización.
5. Mide en puntos definidos, registra unidades y repite una lectura estable.
6. Desconecta, verifica el estado seguro y compara cálculo, medida y balance.
7. Explica discrepancias y redacta una conclusión que cite límites y fuentes.

QUÉ DEBE OBSERVARSE ['Esquema rotulado y procedimiento reproducible.', 'Tabla con valores previstos, medidos y diferencia relativa.', 'Conclusión que distingue dato, hipótesis e interpretación.']

Seguridad: ['No improvises conexiones en instalaciones de red ni midas tensión con el multímetro en borne de corriente.', 'Aísla, verifica ausencia de tensión y descarga elementos que puedan almacenar energía antes de manipular.', 'Detén la práctica ante calentamiento, olor, ruido anormal, lectura inesperada o protección disparada. Sigue las instrucciones del centro y del responsable.']

Pregunta de autoevaluación

¿Qué magnitud expresa energía por unidad de carga?

A. Corriente
B. Tensión
C. Potencia
D. Resistencia

CRITERIO DE RESPUESTA La tensión es W/Q y se mide en voltios.

Puente entre teoría y práctica profesional

Las magnitudes forman una cadena de causa y efecto: la tensión crea las condiciones para que circule corriente, mientras la resistencia limita cuánto puede circular. Al resolver un circuito, identifica primero dónde se mide cada tensión y qué camino sigue la corriente; después comprueba que el resultado tenga sentido con la fuente y la carga. Esta lectura inicial evita aplicar una fórmula sin entender el fenómeno.

Unidad 02 · Circuitos de corriente continua

Ley de Ohm, asociaciones y métodos de resolución

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE Resolver serie y paralelo; Aplicar Kirchhoff; Comprobar potencia y balance energético

Qué representa la ley de Ohm

En una resistencia óhmica, si la temperatura se mantiene aproximadamente constante, tensión, corriente y resistencia se relacionan con V = I·R. Si se aplica más tensión a la misma resistencia, circula más corriente. Si se mantiene la tensión y aumenta la resistencia, la corriente disminuye. La ley permite calcular el valor que falta, pero no describe por igual todos los componentes: una lámpara o un diodo pueden no comportarse como una resistencia constante.

Circuito en serie

En una conexión en serie hay un único camino para la corriente. Por eso, la misma intensidad atraviesa todos los elementos. La tensión total se reparte entre ellos y la resistencia equivalente es la suma de las resistencias. Si un elemento se abre, se interrumpe el camino y deja de circular corriente en todo el circuito. Esta idea ayuda a reconocer una serie y a comprobar que las caídas de tensión suman la tensión de la fuente.

Circuito en paralelo

En paralelo, cada rama conecta los mismos dos puntos, así que todas las ramas tienen la misma tensión. La corriente total se divide entre ellas y vuelve a sumarse al reunirse. Añadir una rama resistiva ofrece otro camino y reduce la resistencia equivalente vista por la fuente. Para dos resistencias puede usarse Req = R1·R2/(R1+R2); para varias, resulta práctico sumar las conductancias 1/R.

Ley de corrientes de Kirchhoff

En un nudo se juntan varias ramas. La carga no desaparece allí, por lo que la suma de las corrientes que entran debe ser igual a la suma de las que salen. Se puede elegir un sentido para cada corriente; si el cálculo entrega un valor negativo, significa que el sentido real es el contrario al supuesto. Esta ley permite resolver circuitos ramificados incluso cuando no se pueden reducir directamente a serie y paralelo.

Ley de tensiones de Kirchhoff

Al recorrer una malla cerrada, las subidas y bajadas de tensión se compensan: su suma algebraica es cero. Una fuente aporta energía por unidad de carga y los receptores producen caídas de tensión. El signo depende del sentido de recorrido y de la polaridad elegida. Si al final de una malla las caídas no igualan las subidas, suele haber un error de signo, de cálculo o una conexión mal interpretada.

Potencia y revisión del circuito

La potencia eléctrica en corriente continua puede calcularse con P = V·I. Para una resistencia también valen P = I^2R y P = V^2/R; usa la forma cuyos datos conoces. Al resolver, revisa el balance: la potencia entregada por las fuentes debe coincidir con la absorbida por los elementos, salvo

redondeos. La potencia disipada en una resistencia aparece principalmente como calor, por lo que el componente debe tener una potencia nominal adecuada.

1 · Mapa conceptual

En esta unidad estudiamos circuitos de corriente continua. El hilo conductor son resistencias, fuentes, ramas, nodos y mallas. Antes de memorizar expresiones, dibuja el sistema y marca sus entradas, salidas y fronteras. Un esquema pequeño con referencias claras suele revelar si una magnitud pertenece a una fuente, una carga o un intervalo de medida. Dibuja sentidos de referencia antes de resolver; un signo negativo indica que el sentido real es opuesto.

2 · Modelo físico y límites

Dibuja sentidos de referencia antes de resolver; un signo negativo indica que el sentido real es opuesto. El modelo de cálculo simplifica una realidad física: componentes ideales, condiciones iniciales, equilibrio o temperatura fijada. Indica siempre cuáles son esas hipótesis. Si los datos no respetan el modelo, cambia la representación o utiliza una medición más completa en lugar de forzar una fórmula. En circuitos de corriente continua, conocer el límite del modelo evita obtener un número correcto para una situación mal descrita.

3 · Ruta de resolución paso a paso

Simplifica asociaciones, define nodos, plantea kirchhoff y contrasta la corriente total con la fuente. Después de obtener el resultado, comprueba unidades y coherencia física. Pregunta qué ocurriría si duplicaras la carga o redujeras la sección; la tendencia debe coincidir con el comportamiento esperado. Si una ecuación entrega una cifra sorprendente, revisa conversiones, prefijos, condiciones nominales y si confundiste valores de línea y de fase o magnitudes instantáneas y eficaces.

4 · Lectura de la medida

Comprueba tensión de alimentación, polaridad, continuidad y corriente por rama. Deja que el circuito alcance una condición estable cuando la prueba lo requiera y anota simultáneamente los valores relacionados. Registra el punto exacto, el rango y el estado de carga. Repetir una lectura sin cambiar las condiciones permite estimar su estabilidad; comparar lecturas tomadas en condiciones distintas no demuestra por sí solo una avería.

5 · Diagnóstico técnico

Un amperímetro en paralelo altera el circuito; evita esa conexión y selecciona el borne correcto. Comienza con observaciones visuales y de placa con el equipo desenergizado. Formula al menos dos causas posibles y elige una prueba que las separe. Cambia una condición cada vez. Tras cualquier corrección repite la medición inicial y otra prueba funcional. Así se comprueba el efecto de la reparación y se evita confundir coincidencia temporal con causa real.

6 · Aplicación en instalación

Un circuito en serie comparte corriente; uno en paralelo comparte tensión entre ramas. Lleva el resultado a una decisión concreta: seleccionar un componente, proponer una medida, ajustar un esquema o justificar una verificación. Indica qué dato falta para cerrar la decisión y dónde se obtendría. Si entra en juego dimensionado reglamentario, anota norma, guía, tabla y edición vigente que aplicaste; el material didáctico no sustituye esa comprobación.

7 · Comprobación por balance

Comprueba el balance del sistema: corrientes en un nodo, tensiones alrededor de una malla, potencia de entrada y salida o energía acumulada durante el ensayo, según corresponda. Las diferencias pequeñas pueden deberse a pérdidas, tolerancia e incertidumbre; diferencias grandes señalan una hipótesis, conexión o lectura que debe revisarse. Escribe la diferencia y explica qué mecanismo físico puede producirla.

8 · Vocabulario y comunicación

Explica el resultado en una frase completa: qué se midió o calculó, dónde, bajo qué condición y qué significa para circuitos de corriente continua. Distingue valor nominal, valor medido y valor calculado. Añade unidades y redondea con criterio. Esta práctica permite que otra persona reproduzca el trabajo y detecte si la conclusión depende de una hipótesis aún no verificada.

Nodos, ramas y mallas

Un nodo reúne puntos conectados por conductor ideal y con el mismo potencial. Una rama conecta dos nodos y contiene uno o varios elementos; una malla es un recorrido cerrado independiente. Identificar esa topología antes de calcular evita plantear ecuaciones redundantes. La ley de corrientes de Kirchhoff expresa conservación de carga: la suma algebraica de corrientes en un nodo vale cero. La ley de tensiones expresa conservación de energía: la suma algebraica de tensiones alrededor de un recorrido cerrado vale cero. Define sentidos arbitrarios; un resultado negativo solo invierte el sentido real. En redes con varios nodos, escoge un nodo de referencia, asigna tensiones nodales y escribe una ecuación por nodo independiente.

Asociaciones serie y paralelo

En serie, los elementos comparten la misma corriente y sus resistencias equivalentes se suman: Req = R1 + R2 + … . En paralelo comparten tensión y sus conductancias se suman: 1/Req = 1/R1 + 1/R2 + … . Para dos resistencias en paralelo puede usarse Req = R1·R2/(R1+R2). La equivalente en paralelo siempre es menor que la resistencia más pequeña del conjunto; si el cálculo produce más, revisa. Una carga abierta en serie interrumpe toda la corriente; una rama abierta en paralelo deja funcionando las demás, aunque redistribuye corriente. La simplificación reduce el circuito, pero no conserva cada tensión y corriente interna: vuelve al esquema original para hallar los valores de cada componente.

Divisores de tensión y corriente

Dos resistencias en serie conectadas a una fuente U forman un divisor. La tensión en R2 es U2 = U·R2/(R1+R2), siempre que la carga conectada no altere significativamente el divisor. Al añadir una carga en paralelo con R2, la resistencia equivalente disminuye y la tensión de salida cae: es el efecto de carga. En un divisor de corriente con dos ramas en paralelo, la corriente se reparte inversamente a las resistencias; la rama de menor resistencia conduce más. Las fórmulas simplificadas se aplican a la topología concreta, no a cualquier circuito que tenga dos resistencias. Dibuja primero qué terminales comparten tensión y cuáles están en serie.

Fuentes reales y resistencia interna

Una fuente real de tensión se aproxima por una tensión ideal en serie con resistencia interna. Bajo carga, la tensión terminal vale U = E − I·r, donde E es la fuerza electromotriz y r la resistencia interna. Cuando crece la corriente, aumenta la caída interna y disminuye la tensión en bornes. Una fuente real de corriente se modela con una fuente ideal en paralelo con una resistencia interna

elevada. Estos modelos permiten estimar regulación y potencia perdida, pero son aproximaciones válidas en el rango de operación del dispositivo. Para comprobar una batería, mide tensión en vacío y bajo una carga controlada; una lectura en vacío por sí sola no demuestra que pueda entregar corriente útil.

Método nodal paso a paso

Elige tierra y llama V1, V2… a los potenciales desconocidos. Para cada nodo escribe corrientes salientes, por ejemplo (V1−V2)/R, y aplica la ley de corrientes. Incorpora la fuente con su polaridad y resuelve el sistema. Comprueba después cada corriente en el esquema original y verifica una ecuación de malla independiente. Si hay una fuente ideal de tensión entre dos nodos no referidos a tierra, puede ser necesario formar un supernodo. Conserva unidades y signos en las ecuaciones. Este método resulta especialmente claro con circuitos paralelos complejos y facilita programar comprobaciones numéricas.

Superposición y equivalentes

En un circuito lineal con varias fuentes independientes, la tensión o corriente de una rama se obtiene sumando algebraicamente las contribuciones de cada fuente por separado. Al desactivar fuentes ideales, una fuente de tensión se sustituye por un cortocircuito y una fuente de corriente por un circuito abierto; las fuentes dependientes se mantienen activas. El teorema de Thévenin permite reemplazar una red vista desde dos bornes por una tensión equivalente y una resistencia equivalente. Estos métodos simplifican el análisis de una carga variable. No se suman potencias obtenidas por superposición: se suman primero tensiones o corrientes y luego se calcula la potencia total.

Fórmulas de referencia de la unidad

Ohm: $V = I \cdot R$ — V, A, Ω

Serie: $R_{eq} = R1 + R2 + \ldots$ — misma I

Paralelo: $1/R_{eq} = \Sigma(1/R)$ — misma V

Potencia: $P = I^2R = V^2/R$ — W

Ejemplo resuelto

Una fuente ideal de 12 V alimenta dos resistencias en serie: R1 = 10 Ω y R2 = 20 Ω. Calcula corriente, caídas de tensión y potencia total.

1. Al estar en serie, sumamos las resistencias: Req = 10 + 20 = 30 Ω.
2. Aplicamos Ohm al circuito completo: I = V/Req = 12/30 = 0,4 A.
3. La corriente de 0,4 A atraviesa ambas resistencias.
4. Caídas: V1 = I·R1 = 0,4·10 = 4 V y V2 = 0,4·20 = 8 V.
5. Comprobación: V1 + V2 = 4 + 8 = 12 V, igual a la fuente.
6. Potencia total: P = V·I = 12·0,4 = 4,8 W.

RESULTADO DEL EJEMPLO I = 0,4 A; V1 = 4 V; V2 = 8 V; potencia total = 4,8 W.

Ejercicio de comprobación

Dos resistencias de 6 Ω y 3 Ω están en paralelo y se conectan a 12 V. Calcula la resistencia equivalente, la corriente de cada rama y la corriente total.

SOLUCIÓN RAZONADA Req = (6·3)/(6+3) = 18/9 = 2 Ω. La tensión en cada rama es 12 V. I6Ω = 12/6 = 2 A e I3Ω = 12/3 = 4 A. La corriente total es 2 + 4 = 6 A; también coincide con 12/2 = 6 A.

Práctica guiada · Circuitos de corriente continua

Objetivo: Aplicar circuitos de corriente continua con un montaje de baja tensión o una simulación autorizada, registrando datos y justificando diferencias.

Equipo o material: ['Esquema de la práctica y fuente protegida adecuada', 'Instrumento con categoría y rango apropiados', 'Conductores y carga didáctica identificados', 'Hoja de registro, calculadora y elementos de protección requeridos']

1. Lee el esquema y localiza puntos de medida antes de conectar.
2. Con la alimentación aislada, revisa polaridad, continuidad y bornes.
3. Anota valores nominales e hipótesis; predice el orden de magnitud.
4. Conecta el circuito siguiendo el procedimiento del laboratorio y energiza solo con autorización.
5. Mide en puntos definidos, registra unidades y repite una lectura estable.
6. Desconecta, verifica el estado seguro y compara cálculo, medida y balance.
7. Explica discrepancias y redacta una conclusión que cite límites y fuentes.

QUÉ DEBE OBSERVARSE ['Esquema rotulado y procedimiento reproducible.', 'Tabla con valores previstos, medidos y diferencia relativa.', 'Conclusión que distingue dato, hipótesis e interpretación.']

Seguridad: ['No improvises conexiones en instalaciones de red ni midas tensión con el multímetro en borne de corriente.', 'Aísla, verifica ausencia de tensión y descarga elementos que puedan almacenar energía antes de manipular.', 'Detén la práctica ante calentamiento, olor, ruido anormal, lectura inesperada o protección disparada. Sigue las instrucciones del centro y del responsable.']

Pregunta de autoevaluación

En una asociación serie, ¿qué magnitud es común?

A. Tensión
B. Corriente
C. Potencia
D. Resistencia

CRITERIO DE RESPUESTA En serie la misma corriente atraviesa todos los elementos.

Puente entre teoría y práctica profesional

En corriente continua, el esquema permite anticipar cómo se reparte la tensión y por dónde circula la corriente. En serie, todos los elementos comparten la misma corriente; en paralelo, comparten la tensión de sus bornes. Usa esa diferencia para elegir la ecuación, y confirma el resultado comparando la resistencia equivalente con las ramas originales y comprobando la ley de Kirchhoff en cada nodo.

Unidad 03 · Condensadores

Capacidad, asociaciones y transitorios

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE Entender almacenamiento de carga; Resolver asociaciones; Interpretar carga y descarga RC

Qué hace un condensador

Un condensador está formado por dos conductores separados por un material aislante llamado dieléctrico. Al conectarlo a una fuente, se acumulan cargas opuestas en sus placas y queda energía almacenada en el campo eléctrico. La capacidad C indica cuánta carga puede almacenar por cada voltio aplicado. Se mide en faradios (F), aunque en electrónica son habituales el microfaradio (µF) y el nanofaradio (nF).

De qué depende la capacidad

En el modelo de placas paralelas, la capacidad aumenta cuando crece el área de las placas o cuando el dieléctrico permite almacenar más campo eléctrico. Disminuye si se separan las placas. La relación C = εA/d muestra estas tendencias: ε representa el material aislante, A el área y d la separación. En un componente real también importan su construcción, tolerancia, temperatura y tensión máxima admisible.

Asociaciones de condensadores

En paralelo, todos los condensadores tienen la misma tensión y las capacidades se suman: la asociación puede almacenar más carga. En serie, cada condensador lleva la misma carga y la capacidad equivalente se calcula sumando las inversas; queda menor que cualquiera de las capacidades individuales. En la práctica, los condensadores electrolíticos suelen tener polaridad: invertirla puede dañarlos, por lo que hay que respetar sus marcas y condiciones de uso.

Carga y descarga

Al conectar un condensador descargado a una fuente a través de una resistencia, la corriente comienza alta y va disminuyendo mientras sube la tensión del condensador. Durante la descarga, la tensión y la corriente también cambian gradualmente. No es un cambio instantáneo: la velocidad depende de R y C. La constante de tiempo τ = R·C permite estimar esa rapidez; después de una constante de tiempo la carga está cerca del 63 % del valor final.

Cómo interpretar cinco constantes de tiempo

Tras unas cinco constantes de tiempo, un circuito RC ideal ha llegado a más del 99 % de su valor final, así que en ejercicios básicos se llama carga prácticamente completa. No es que el condensador deje de existir: simplemente el cambio restante suele ser pequeño. Si se duplica R o C, también se duplica τ y el proceso tarda más. Las curvas son exponenciales, por eso la carga no avanza en cantidades iguales cada segundo.

Energía y precaución

La energía almacenada por un condensador ideal es $E = \frac{1}{2}CV^2$. Depende del cuadrado de la tensión: al duplicar la tensión, la energía se multiplica por cuatro. Algunos condensadores pueden conservar carga después de desconectar el equipo. En circuitos reales hay que considerar la tensión nominal, polaridad, tolerancia y descarga segura según el procedimiento aplicable; no debe suponerse que el componente está vacío solo porque la alimentación se haya quitado.

1 · Mapa conceptual

En esta unidad estudiamos condensadores y transitorios. El hilo conductor son capacitancia, energía almacenada, carga, descarga y constante de tiempo. Antes de memorizar expresiones, dibuja el sistema y marca sus entradas, salidas y fronteras. Un esquema pequeño con referencias claras suele revelar si una magnitud pertenece a una fuente, una carga o un intervalo de medida. En el instante inicial el condensador descargado se comporta como cortocircuito ideal; en régimen continuo estable como circuito abierto.

2 · Modelo físico y límites

En el instante inicial el condensador descargado se comporta como cortocircuito ideal; en régimen continuo estable como circuito abierto. El modelo de cálculo simplifica una realidad física: componentes ideales, condiciones iniciales, equilibrio o temperatura fijada. Indica siempre cuáles son esas hipótesis. Si los datos no respetan el modelo, cambia la representación o utiliza una medición más completa en lugar de forzar una fórmula. En condensadores y transitorios, conocer el límite del modelo evita obtener un número correcto para una situación mal descrita.

3 · Ruta de resolución paso a paso

Distingue condición inicial y final, determina $\tau = r \cdot c$, y observa la curva durante varios múltiplos de τ. Después de obtener el resultado, comprueba unidades y coherencia física. Pregunta qué ocurriría si duplicaras la carga o redujeras la sección; la tendencia debe coincidir con el comportamiento esperado. Si una ecuación entrega una cifra sorprendente, revisa conversiones, prefijos, condiciones nominales y si confundiste valores de línea y de fase o magnitudes instantáneas y eficaces.

4 · Lectura de la medida

Descarga y verifica ausencia de tensión antes de tocar o medir resistencia; confirma polaridad en condensadores polarizados. Deja que el circuito alcance una condición estable cuando la prueba lo requiera y anota simultáneamente los valores relacionados. Registra el punto exacto, el rango y el estado de carga. Repetir una lectura sin cambiar las condiciones permite estimar su estabilidad; comparar lecturas tomadas en condiciones distintas no demuestra por sí solo una avería.

5 · Diagnóstico técnico

El multímetro puede mostrar un valor variable mientras el condensador se carga; espera estabilización y descarga segura. Comienza con observaciones visuales y de placa con el equipo desenergizado. Formula al menos dos causas posibles y elige una prueba que las separe. Cambia una condición cada vez. Tras cualquier corrección repite la medición inicial y otra prueba funcional. Así se comprueba el efecto de la reparación y se evita confundir coincidencia temporal con causa real.

6 · Aplicación en instalación

No confundas tensión final con velocidad de carga; duplicar c duplica τ si r permanece constante. Lleva el resultado a una decisión concreta: seleccionar un componente, proponer una medida, ajustar un esquema o justificar una verificación. Indica qué dato falta para cerrar la decisión y

dónde se obtendría. Si entra en juego dimensionado reglamentario, anota norma, guía, tabla y edición vigente que aplicaste; el material didáctico no sustituye esa comprobación.

7 · Comprobación por balance

Comprueba el balance del sistema: corrientes en un nodo, tensiones alrededor de una malla, potencia de entrada y salida o energía acumulada durante el ensayo, según corresponda. Las diferencias pequeñas pueden deberse a pérdidas, tolerancia e incertidumbre; diferencias grandes señalan una hipótesis, conexión o lectura que debe revisarse. Escribe la diferencia y explica qué mecanismo físico puede producirla.

8 · Vocabulario y comunicación

Explica el resultado en una frase completa: qué se midió o calculó, dónde, bajo qué condición y qué significa para condensadores y transitorios. Distingue valor nominal, valor medido y valor calculado. Añade unidades y redondea con criterio. Esta práctica permite que otra persona reproduzca el trabajo y detecte si la conclusión depende de una hipótesis aún no verificada.

Carga almacenada y ley constitutiva

Un condensador almacena carga separada entre dos armaduras. Su relación básica es Q = C·U, donde C se mide en faradios y U es la tensión entre terminales. La corriente viene dada por i = C·du/dt: si la tensión no cambia, la corriente ideal es cero; durante una variación rápida aparece corriente. La tensión en un condensador no puede cambiar instantáneamente en un modelo con corriente finita, porque exigiría una corriente infinita. Esta condición inicial es esencial al resolver maniobras de conexión y desconexión. En condensadores electrolíticos, respeta polaridad y tensión máxima indicada; en capacitores de alterna, utiliza el tipo especificado para esa aplicación.

Energía y descarga segura

La energía eléctrica almacenada es $W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$. Depende del cuadrado de la tensión: duplicar U cuadruplica la energía. Por eso un condensador pequeño a alta tensión puede conservar una energía peligrosa tras desconectar la fuente. No lo descargues mediante un cortocircuito improvisado: el pico de corriente puede dañar terminales, herramienta y componente. Utiliza el procedimiento del fabricante o del laboratorio, con resistencia de descarga adecuada, verifica tensión residual con instrumento y repite la comprobación después de esperar. Si existe una cadena de condensadores, comprueba cada sección; resistencias de equilibrado pueden fallar y dejar tensiones desiguales.

Asociaciones de condensadores

En paralelo, todos los condensadores tienen la misma tensión y la capacidad equivalente suma: Ceq = C1 + C2 + … . En serie, todos almacenan la misma carga y 1/Ceq = 1/C1 + 1/C2 + … . La tensión total se reparte inversamente a la capacidad si los componentes son ideales; tolerancias y fugas pueden modificar el reparto real. Al conectar condensadores en serie para elevar la tensión admisible, se emplean criterios de equilibrado apropiados y componentes especificados. No confundas la regla de asociación de condensadores con la de resistencias: en paralelo se suman capacidades, mientras que en serie disminuye la capacidad equivalente.

Respuesta exponencial del circuito RC

Al aplicar un escalón a un circuito RC serie inicialmente descargado, la tensión del condensador crece como Uc(t)=U·(1−e^(−t/RC)) y la corriente decrece como i(t)=(U/R)e^(−t/RC). La constante de tiempo $\tau = R \cdot C$ se mide en segundos. A $t = \tau$, Uc alcanza aproximadamente el 63,2 % del valor final; a 5τ

se considera prácticamente cargado para muchos análisis de ingeniería. En descarga, Uc(t)=U0·e^(−t/RC). Estos porcentajes son aproximaciones matemáticas de un proceso exponencial, no umbrales físicos exactos. Si la curva no se ajusta, revisa resistencia efectiva, tolerancias, fuga del condensador y resistencia de salida de la fuente.

Condensador en continua y alterna

En régimen permanente de continua, un condensador ideal se comporta como circuito abierto porque du/dt=0. Durante el transitorio sí circula corriente. En alterna sinusoidal, presenta reactancia capacitiva Xc=1/(2πfC), que disminuye cuando aumentan frecuencia o capacidad. La corriente adelanta a la tensión en un condensador ideal. Un capacitor real añade resistencia serie equivalente, inductancia parásita y pérdidas dieléctricas; a frecuencias altas deja de ser un elemento puramente capacitivo. Para seleccionar uno, comprueba capacidad, tensión, tolerancia, corriente de rizado, temperatura y clase de servicio.

Ensayo RC: datos y gráfico

Monta un circuito de baja tensión, define U de fuente y mide Uc a intervalos de tiempo conocidos. Usa intervalos cortos al principio, pues allí la pendiente es mayor, y más largos después. Registra valor inicial, valor final y resolución del cronómetro y del multímetro; la actualización lenta de un multímetro puede ocultar la respuesta rápida. Grafica Uc frente a t y compara con la curva exponencial. Estima τ cuando Uc alcanza aproximadamente 0,632·Ufinal. Repite cambiando R o C por separado: al duplicar R o C, τ se duplica. Esta comprobación detecta errores de unidades y conexiones.

Fórmulas de referencia de la unidad

Capacidad: $C = Q / V$ — F

Placas: $C = \varepsilon A / d$ — F

Energía: $E = \tfrac{1}{2} C V^2$ — J

Constante de tiempo: $\tau = R \cdot C$ — s

Ejemplo resuelto

Un condensador de 100 µF se conecta a 12 V mediante una resistencia de 10 kΩ. Calcula la carga máxima, la energía almacenada y la constante de tiempo.

1. Convertimos unidades: 100 µF = 100·10⁻⁶ F = 0,0001 F.
2. Carga final: Q = C·V = 0,0001·12 = 0,0012 C.
3. Convertimos la carga: 0,0012 C = 1,2 mC.
4. Energía: E = ½·C·V² = 0,5·0,0001·12² = 0,0072 J.
5. Convertimos la resistencia: 10 kΩ = 10 000 Ω; τ = R·C = 10 000·0,0001 = 1 s.

RESULTADO DEL EJEMPLO Q = 1,2 mC; E = 7,2 mJ; τ = 1 s y la carga se considera prácticamente completa hacia 5 s.

Ejercicio de comprobación

Un circuito tiene R = 10 kΩ y C = 47 µF. Calcula τ y el tiempo aproximado para considerar el condensador cargado.

SOLUCIÓN RAZONADA Convertimos: 10 kΩ = 10 000 Ω y 47 µF = 47·10⁻⁶ F. τ = R·C = 10 000·47·10⁻⁶ = 0,47 s. Como

aproximación didáctica, 5τ = 2,35 s para alcanzar prácticamente el valor final.

Práctica guiada · Condensadores

Objetivo: Aplicar condensadores y transitorios con un montaje de baja tensión o una simulación autorizada, registrando datos y justificando diferencias.

Equipo o material: ['Esquema de la práctica y fuente protegida adecuada', 'Instrumento con categoría y rango apropiados', 'Conductores y carga didáctica identificados', 'Hoja de registro, calculadora y elementos de protección requeridos']

1. Lee el esquema y localiza puntos de medida antes de conectar.
2. Con la alimentación aislada, revisa polaridad, continuidad y bornes.
3. Anota valores nominales e hipótesis; predice el orden de magnitud.
4. Conecta el circuito siguiendo el procedimiento del laboratorio y energiza solo con autorización.
5. Mide en puntos definidos, registra unidades y repite una lectura estable.
6. Desconecta, verifica el estado seguro y compara cálculo, medida y balance.
7. Explica discrepancias y redacta una conclusión que cite límites y fuentes.

QUÉ DEBE OBSERVARSE ['Esquema rotulado y procedimiento reproducible.', 'Tabla con valores previstos, medidos y diferencia relativa.', 'Conclusión que distingue dato, hipótesis e interpretación.']

Seguridad: ['No improvises conexiones en instalaciones de red ni midas tensión con el multímetro en borne de corriente.', 'Aísla, verifica ausencia de tensión y descarga elementos que puedan almacenar energía antes de manipular.', 'Detén la práctica ante calentamiento, olor, ruido anormal, lectura inesperada o protección disparada. Sigue las instrucciones del centro y del responsable.']

Pregunta de autoevaluación

¿Qué ocurre con C si aumenta la distancia entre placas?

A. Aumenta
B. Disminuye
C. No cambia
D. Se anula siempre

CRITERIO DE RESPUESTA C = εA/d, por tanto es inversamente proporcional a d.

Puente entre teoría y práctica profesional

Un condensador almacena energía en su campo eléctrico, por eso su tensión no cambia de golpe durante la carga o la descarga. La resistencia del circuito fija junto con la capacidad el tiempo característico: una constante de tiempo describe un cambio importante, y varias constantes acercan la respuesta al valor final. Antes de manipularlo, comprueba su tensión residual y descárgalo de forma controlada.

Unidad 04 · Electromagnetismo

Campo, fuerza, inducción y autoinducción

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE Relacionar corriente y campo magnético; Aplicar Faraday y Lenz; Comprender inductancias

Campo magnético

Un imán y una corriente eléctrica producen un campo magnético. Podemos representarlo con líneas que indican la dirección del campo; donde están más juntas, el campo es más intenso. Alrededor de un conductor recto con corriente, las líneas forman circunferencias. La regla de la mano derecha ayuda a encontrar su sentido: apunta el pulgar en el sentido convencional de corriente y los dedos curvados indican el campo.

Fuerza sobre un conductor

Un conductor con corriente situado dentro de un campo magnético puede experimentar una fuerza. Su dirección depende del sentido de la corriente y del campo. Este efecto permite que un motor produzca movimiento: la interacción electromagnética empuja conductores y genera par. La fuerza es mayor con corrientes y campos más intensos, y depende de la longitud de conductor dentro del campo y del ángulo entre ambos.

Flujo magnético

El flujo magnético expresa cuánto campo atraviesa una superficie. Depende de la intensidad del campo, del área y de la orientación de la superficie. Se mide en webers (Wb). Si un imán se mueve respecto de una bobina, si cambia el campo o si gira la bobina, el flujo puede variar. Esa variación es la condición esencial para inducir una tensión; un campo constante sin cambio de flujo no basta.

Ley de Faraday y sentido de Lenz

La ley de Faraday relaciona la tensión inducida con la rapidez de cambio del flujo y el número de espiras. Más espiras o un cambio más rápido producen una tensión inducida mayor. El signo negativo representa la ley de Lenz: el efecto inducido se opone al cambio que lo provoca. No significa que la tensión sea siempre negativa; el signo depende de la referencia elegida para el flujo y los terminales.

Autoinducción en una bobina

Cuando cambia la corriente de una bobina, también cambia su propio campo magnético y se induce una tensión que se opone a ese cambio. La inductancia L, medida en henrios (H), indica cuánto efecto tiene. Por eso la corriente de una bobina no cambia instantáneamente en el modelo ideal. En una desconexión pueden aparecer tensiones elevadas; los circuitos reales pueden necesitar elementos de protección adecuados.

Energía magnética

Una bobina recorrida por corriente almacena energía en su campo magnético. Para una inductancia ideal, $E = \frac{1}{2}LI^2$. Igual que con el condensador, aparece un cuadrado: si se duplica la corriente, la

energía se hace cuatro veces mayor. Este almacenamiento y la oposición a los cambios explican los transitorios de los circuitos RL y el comportamiento de inductores en fuentes, motores y transformadores.

1 · Mapa conceptual

En esta unidad estudiamos magnetismo e inducción. El hilo conductor son campo, flujo, fuerza magnetomotriz, Faraday y Lenz. Antes de memorizar expresiones, dibuja el sistema y marca sus entradas, salidas y fronteras. Un esquema pequeño con referencias claras suele revelar si una magnitud pertenece a una fuente, una carga o un intervalo de medida. Un flujo variable induce tensión; una corriente inducida crea un campo que se opone al cambio que la produce.

2 · Modelo físico y límites

Un flujo variable induce tensión; una corriente inducida crea un campo que se opone al cambio que la produce. El modelo de cálculo simplifica una realidad física: componentes ideales, condiciones iniciales, equilibrio o temperatura fijada. Indica siempre cuáles son esas hipótesis. Si los datos no respetan el modelo, cambia la representación o utiliza una medición más completa en lugar de forzar una fórmula. En magnetismo e inducción, conocer el límite del modelo evita obtener un número correcto para una situación mal descrita.

3 · Ruta de resolución paso a paso

Identifica bobina y núcleo, cuenta sentido de espiras, evalúa cambio de flujo y frecuencia. Después de obtener el resultado, comprueba unidades y coherencia física. Pregunta qué ocurriría si duplicaras la carga o redujeras la sección; la tendencia debe coincidir con el comportamiento esperado. Si una ecuación entrega una cifra sorprendente, revisa conversiones, prefijos, condiciones nominales y si confundiste valores de línea y de fase o magnitudes instantáneas y eficaces.

4 · Lectura de la medida

Usa señales alternas de baja tensión y protege la bobina frente a sobrecorriente y calentamiento. Deja que el circuito alcance una condición estable cuando la prueba lo requiera y anota simultáneamente los valores relacionados. Registra el punto exacto, el rango y el estado de carga. Repetir una lectura sin cambiar las condiciones permite estimar su estabilidad; comparar lecturas tomadas en condiciones distintas no demuestra por sí solo una avería.

5 · Diagnóstico técnico

Más espiras no siempre significan más potencia; núcleo, saturación, sección y frecuencia limitan el conjunto. Comienza con observaciones visuales y de placa con el equipo desenergizado. Formula al menos dos causas posibles y elige una prueba que las separe. Cambia una condición cada vez. Tras cualquier corrección repite la medición inicial y otra prueba funcional. Así se comprueba el efecto de la reparación y se evita confundir coincidencia temporal con causa real.

6 · Aplicación en instalación

Mantén constante la geometría al comparar mediciones y separa efecto de frecuencia del número de vueltas. Lleva el resultado a una decisión concreta: seleccionar un componente, proponer una medida, ajustar un esquema o justificar una verificación. Indica qué dato falta para cerrar la decisión y dónde se obtendría. Si entra en juego dimensionado reglamentario, anota norma, guía, tabla y edición vigente que aplicaste; el material didáctico no sustituye esa comprobación.

7 · Comprobación por balance

Comprueba el balance del sistema: corrientes en un nodo, tensiones alrededor de una malla, potencia de entrada y salida o energía acumulada durante el ensayo, según corresponda. Las diferencias pequeñas pueden deberse a pérdidas, tolerancia e incertidumbre; diferencias grandes señalan una hipótesis, conexión o lectura que debe revisarse. Escribe la diferencia y explica qué mecanismo físico puede producirla.

8 · Vocabulario y comunicación

Explica el resultado en una frase completa: qué se midió o calculó, dónde, bajo qué condición y qué significa para magnetismo e inducción. Distingue valor nominal, valor medido y valor calculado. Añade unidades y redondea con criterio. Esta práctica permite que otra persona reproduzca el trabajo y detecte si la conclusión depende de una hipótesis aún no verificada.

Campo H, inducción B y flujo

La corriente crea un campo magnético H; el material responde con inducción B. En un núcleo uniforme, $B=\mu \cdot H$ es una aproximación lineal, con permeabilidad μ dependiente del material. El flujo Φ integra B sobre el área perpendicular: para un campo uniforme, $\Phi \approx B \cdot A$. Estas magnitudes no son intercambiables: H se relaciona con la excitación de la bobina; B con la respuesta del núcleo; Φ con el flujo enlazado. El número de espiras multiplica la fuerza magnetomotriz NI. Un entrehierro puede dominar la reluctancia del circuito magnético aunque sea pequeño, porque su permeabilidad es mucho menor que la del núcleo ferromagnético.

Faraday y ley de Lenz

La tensión inducida en una bobina es $e=-N \cdot d\Phi/dt$. El signo menos expresa la ley de Lenz: el efecto inducido se opone al cambio de flujo que lo origina, no necesariamente al flujo existente. Aumentar el número de espiras, la rapidez del movimiento o la variación de corriente aumenta la tensión inducida. En un alternador, el flujo enlazado cambia periódicamente y produce tensión alterna. En un transformador, la corriente alterna primaria establece flujo variable que induce tensión secundaria. Una corriente continua estable crea campo, pero no induce tensión secundaria sostenida; al conectar o desconectar aparecen transitorios.

Inductancia y energía magnética

Una bobina se opone a cambios de corriente: $u=L \cdot di/dt$ según la referencia pasiva. Si L es grande, un mismo cambio de corriente requiere mayor tensión; si la corriente cambia lentamente, la tensión inducida es menor. La energía almacenada en un inductor ideal es $W=\frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2$. Al interrumpir corriente, el campo colapsa y puede aparecer una sobretensión elevada. Por eso contactores y bobinas suelen requerir supresión adecuada, seleccionada para tensión, corriente y tiempo de desexcitación. Un diodo de rueda libre reduce la sobretensión en continua, pero también retrasa la liberación del contactor; no es una solución universal para alterna.

Curva de magnetización e histéresis

Al aumentar H, B crece hasta acercarse a saturación; a partir de ese punto, aumentos pequeños de flujo requieren un aumento considerable de corriente magnetizante. Si se invierte H, B no vuelve por la misma trayectoria: aparece histéresis, que implica pérdidas por ciclo. El área del lazo B-H representa energía disipada por unidad de volumen y ciclo. En núcleos laminados se interrumpen caminos de corrientes parásitas y se reducen pérdidas por Foucault. El material y el diseño se

escogen según frecuencia, flujo máximo, temperatura y forma de onda. Un zumbido o calentamiento puede indicar excitación excesiva, pero debe verificarse con medidas.

Transitorio al abrir una bobina

La energía magnética almacenada no desaparece al abrir el circuito. La bobina genera una tensión que intenta mantener la corriente, y el valor puede superar el aislamiento de contactos y electrónica. La magnitud depende de inductancia, corriente, parásitos y dispositivo de supresión. Para observar el fenómeno en laboratorio, usa fuente limitada y una bobina didáctica con protección definida; nunca provoques una apertura improvisada en una instalación. Registra tensión en los bornes con sonda adecuada y verifica que la categoría y ancho de banda del instrumento sean correctos. El circuito de supresión debe dimensionarse para energía repetitiva, no solo para la tensión nominal.

Aplicación: elegir un electroimán

Un electroimán se diseña para producir fuerza suficiente en el entrehierro, no simplemente para tener muchas vueltas. Intervienen corriente, número de espiras, sección del núcleo, geometría del entrehierro, saturación y calentamiento del devanado. La resistencia del cobre crece con temperatura, de modo que una bobina alimentada a tensión constante puede reducir corriente al calentarse. Si el núcleo cierra mal o hay separación mecánica, la reluctancia aumenta y la fuerza disminuye. Para comparar prototipos conserva alimentación, temperatura inicial y geometría; registra corriente y fuerza. Evalúa ciclo de servicio porque un actuador intermitente admite condiciones distintas de uno energizado continuamente.

Fórmulas de referencia de la unidad

Faraday: $e = -N \cdot d\Phi/dt$ — V

Autoinducción: $e_L = -L \cdot di/dt$ — V

Energía inductiva: $E = \tfrac{1}{2} L I^2$ — J

Conductor rectilíneo: $B = \mu I / (2\pi r)$ — T

Ejemplo resuelto

Una bobina de 200 espiras recibe un cambio de flujo de 0,01 Wb por espira en 0,1 s. Calcula el valor medio de la tensión inducida.

1. Datos: $N = 200$, $\Delta\Phi = 0{,}01$ Wb y $\Delta t = 0{,}1$ s.
2. Usamos la forma media de Faraday: $|e| = N \cdot |\Delta\Phi| / \Delta t$.
3. Sustituimos: $|e| = 200 \cdot 0{,}01 / 0{,}1$.
4. Primero $0{,}01/0{,}1 = 0{,}1$; después $200 \cdot 0{,}1 = 20$.
5. El signo se determina con el sentido de referencia y la ley de Lenz; aquí se pide el valor absoluto.

RESULTADO DEL EJEMPLO La tensión inducida media tiene un valor de 20 V y su sentido se opone al cambio de flujo.

Ejercicio de comprobación

Una inductancia de 0,5 H conduce 4 A. Calcula la energía almacenada en su campo magnético.

SOLUCIÓN RAZONADA Aplicamos $E = \tfrac{1}{2} L I^2$. Sustituimos: $E = 0{,}5 \cdot 0{,}5 \cdot 4^2 = 0{,}25 \cdot 16 = 4$ J. El resultado se refiere al modelo ideal de la bobina.

Práctica guiada · Electromagnetismo

Objetivo: Aplicar magnetismo e inducción con un montaje de baja tensión o una simulación autorizada, registrando datos y justificando diferencias.

Equipo o material: ['Esquema de la práctica y fuente protegida adecuada', 'Instrumento con categoría y rango apropiados', 'Conductores y carga didáctica identificados', 'Hoja de registro, calculadora y elementos de protección requeridos']

1. Lee el esquema y localiza puntos de medida antes de conectar.
2. Con la alimentación aislada, revisa polaridad, continuidad y bornes.
3. Anota valores nominales e hipótesis; predice el orden de magnitud.
4. Conecta el circuito siguiendo el procedimiento del laboratorio y energiza solo con autorización.
5. Mide en puntos definidos, registra unidades y repite una lectura estable.
6. Desconecta, verifica el estado seguro y compara cálculo, medida y balance.
7. Explica discrepancias y redacta una conclusión que cite límites y fuentes.

QUÉ DEBE OBSERVARSE ['Esquema rotulado y procedimiento reproducible.', 'Tabla con valores previstos, medidos y diferencia relativa.', 'Conclusión que distingue dato, hipótesis e interpretación.']

Seguridad: ['No improvises conexiones en instalaciones de red ni midas tensión con el multímetro en borne de corriente.', 'Aísla, verifica ausencia de tensión y descarga elementos que puedan almacenar energía antes de manipular.', 'Detén la práctica ante calentamiento, olor, ruido anormal, lectura inesperada o protección disparada. Sigue las instrucciones del centro y del responsable.']

Pregunta de autoevaluación

La ley de Lenz indica que la f.e.m. inducida…

A. Favorece la variación de flujo
B. Se opone a la variación de flujo
C. Es siempre nula
D. Solo aparece en CC

CRITERIO DE RESPUESTA La oposición se refleja en el signo negativo de Faraday.

Puente entre teoría y práctica profesional

La corriente crea un campo magnético y un campo que cambia puede inducir tensión: esa relación explica electroimanes, relés y generadores. La ley de Faraday indica que importa cuánto cambia el flujo y con qué rapidez; la ley de Lenz fija el sentido de la respuesta inducida. Al interpretar un montaje, observa el movimiento relativo, el sentido del campo y la polaridad que aparecerá en la bobina.

Unidad 05 · Corriente alterna monofásica

Señal sinusoidal, reactancias e impedancia

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE Manejar valores instantáneo y eficaz; Resolver R, L, C y RLC; Interpretar desfase y resonancia

La forma de onda sinusoidal

En corriente alterna, la tensión cambia de valor y de sentido de forma periódica. Una senoide se describe mediante su valor máximo, su frecuencia y su fase. El periodo T es el tiempo de un ciclo y se relaciona con la frecuencia f mediante T = 1/f. Una red de 50 Hz completa 50 ciclos por segundo, por lo que su periodo es 0,02 s.

Valor máximo y valor eficaz

El valor máximo es el mayor valor instantáneo de la senoide. El valor eficaz permite comparar su efecto térmico con una corriente continua: una resistencia produce el mismo calor con ese valor continuo. Para una senoide ideal, el eficaz es el máximo dividido por √2. Cuando se dice 230 V en una red doméstica se habla normalmente del valor eficaz, no del máximo instantáneo.

Desfase entre tensión y corriente

En una resistencia ideal, tensión y corriente alcanzan sus máximos al mismo tiempo: están en fase. En una bobina ideal, la corriente se retrasa 90° respecto de la tensión. En un condensador ideal, la corriente se adelanta 90°. En equipos reales suele haber una combinación de resistencia y reactancia, así que el ángulo queda entre esos casos. El desfase influye en las potencias y en la corriente que circula.

Reactancia inductiva y capacitiva

La bobina y el condensador se oponen a la corriente alterna de una forma que depende de la frecuencia. La reactancia inductiva $X_L = 2\pi fL$ crece cuando aumenta f; la reactancia capacitiva $X_C = 1/(2\pi fC)$ disminuye. Ambas se miden en ohmios. No son resistencias que disipen energía del mismo modo: en componentes ideales almacenan y devuelven energía a cada ciclo.

Impedancia de un circuito RLC

La impedancia combina la resistencia y el efecto reactivo, y se mide en ohmios. En un RLC serie ideal, la reactancia neta es $X = X_L - X_C$, así que el módulo de la impedancia es $\sqrt{(R^2+X^2)}$. Después se calcula la corriente eficaz con $I = V/|Z|$. Para sumar tensiones y corrientes con desfase se necesitan magnitudes fasoriales; no se deben sumar sus valores eficaces como si estuvieran siempre alineados.

Resonancia en serie

En un circuito RLC serie se alcanza resonancia cuando X_L y X_C tienen el mismo valor. Sus efectos reactivos se compensan, de modo que la impedancia queda aproximadamente igual a R y la corriente puede aumentar. La frecuencia de resonancia depende de L y C. Esta explicación corresponde al modelo ideal básico; en equipos reales hay pérdidas, tolerancias y límites de corriente, así que resonancia no significa que un circuito pueda operar sin comprobaciones.

1 · Mapa conceptual

En esta unidad estudiamos corriente alterna monofásica. El hilo conductor son sinusoide, frecuencia, fase, valores eficaces y reactancia. Antes de memorizar expresiones, dibuja el sistema y marca sus entradas, salidas y fronteras. Un esquema pequeño con referencias claras suele revelar si una magnitud pertenece a una fuente, una carga o un intervalo de medida. El valor eficaz compara el efecto térmico con corriente continua; el valor de pico y el eficaz no son iguales.

2 · Modelo físico y límites

El valor eficaz compara el efecto térmico con corriente continua; el valor de pico y el eficaz no son iguales. El modelo de cálculo simplifica una realidad física: componentes ideales, condiciones iniciales, equilibrio o temperatura fijada. Indica siempre cuáles son esas hipótesis. Si los datos no respetan el modelo, cambia la representación o utiliza una medición más completa en lugar de forzar una fórmula. En corriente alterna monofásica, conocer el límite del modelo evita obtener un número correcto para una situación mal descrita.

3 · Ruta de resolución paso a paso

Lee amplitud y período, calcula frecuencia, identifica desfase y decide si el receptor es r, l, c o mixto. Después de obtener el resultado, comprueba unidades y coherencia física. Pregunta qué ocurriría si duplicaras la carga o redujeras la sección; la tendencia debe coincidir con el comportamiento esperado. Si una ecuación entrega una cifra sorprendente, revisa conversiones, prefijos, condiciones nominales y si confundiste valores de línea y de fase o magnitudes instantáneas y eficaces.

4 · Lectura de la medida

Mide tensión y corriente con instrumentos adecuados a frecuencia, forma de onda y categoría. Deja que el circuito alcance una condición estable cuando la prueba lo requiera y anota simultáneamente los valores relacionados. Registra el punto exacto, el rango y el estado de carga. Repetir una lectura sin cambiar las condiciones permite estimar su estabilidad; comparar lecturas tomadas en condiciones distintas no demuestra por sí solo una avería.

5 · Diagnóstico técnico

Un valor rms verdadero resulta clave cuando la corriente deja de ser sinusoidal. Comienza con observaciones visuales y de placa con el equipo desenergizado. Formula al menos dos causas posibles y elige una prueba que las separe. Cambia una condición cada vez. Tras cualquier corrección repite la medición inicial y otra prueba funcional. Así se comprueba el efecto de la reparación y se evita confundir coincidencia temporal con causa real.

6 · Aplicación en instalación

Dibuja fasores usando una referencia común antes de combinar tensiones y corrientes. Lleva el resultado a una decisión concreta: seleccionar un componente, proponer una medida, ajustar un esquema o justificar una verificación. Indica qué dato falta para cerrar la decisión y dónde se obtendría. Si entra en juego dimensionado reglamentario, anota norma, guía, tabla y edición vigente que aplicaste; el material didáctico no sustituye esa comprobación.

7 · Comprobación por balance

Comprueba el balance del sistema: corrientes en un nodo, tensiones alrededor de una malla, potencia de entrada y salida o energía acumulada durante el ensayo, según corresponda. Las diferencias pequeñas pueden deberse a pérdidas, tolerancia e incertidumbre; diferencias grandes

señalan una hipótesis, conexión o lectura que debe revisarse. Escribe la diferencia y explica qué mecanismo físico puede producirla.

8 · Vocabulario y comunicación

Explica el resultado en una frase completa: qué se midió o calculó, dónde, bajo qué condición y qué significa para corriente alterna monofásica. Distingue valor nominal, valor medido y valor calculado. Añade unidades y redondea con criterio. Esta práctica permite que otra persona reproduzca el trabajo y detecte si la conclusión depende de una hipótesis aún no verificada.

Frecuencia, período y fase

Una onda sinusoidal puede expresarse como $u(t)=\hat{U}\cdot\operatorname{sen}(\omega t+\varphi)$, donde $\hat{U}$ es el valor de pico, $\omega=2\pi f$ y φ fija la fase respecto a una referencia temporal. El período T es el tiempo de un ciclo y $f=1/T$. Dos señales con igual frecuencia pueden estar desfasadas: el retraso entre cruces por cero, dividido por el período y multiplicado por 360°, da el ángulo en grados. La fase solo tiene sentido cuando se especifica qué señal se toma como referencia. En redes, tensión y corriente se comparan para determinar el comportamiento de la carga.

Valor eficaz y valor de pico

En una senoide, el valor eficaz es $U=\hat{U}/\sqrt{2}$ e $I=\hat{I}/\sqrt{2}$. Este valor produce en una resistencia el mismo calentamiento medio que una continua de igual magnitud. La relación vale para ondas sinusoidales; una señal recortada o pulsante requiere un instrumento true RMS con ancho de banda y factor de cresta suficientes. La tensión nominal de red se expresa normalmente en valor eficaz. El pico alcanza $\sqrt{2}$ veces ese valor en una senoide, pero una distorsión puede elevar o modificar el pico sin cambiar de forma equivalente la lectura promedio.

Impedancia y representación fasorial

En régimen sinusoidal, R, L y C se representan mediante impedancias complejas: $Z_R=R$, $Z_L=j\omega L$ y $Z_C=1/(j\omega C)$. La ley de Ohm fasorial es $V=Z\cdot I$. El fasor conserva amplitud eficaz y fase, por lo que permite resolver redes de alterna como un circuito algebraico complejo. Al sumar tensiones con desfase, suma componentes reales e imaginarias; no sumes directamente sus módulos. La magnitud de Z determina cuánto se limita corriente y su argumento describe el desfase. Al volver al tiempo, recupera frecuencia, amplitud y fase.

Comportamiento de R, L y C

En una resistencia ideal, tensión y corriente están en fase. En una inductancia ideal, la corriente retrasa 90° respecto de tensión; en una capacidad ideal, la corriente adelanta 90°. En componentes reales los ángulos son distintos por pérdidas y parásitos. En una carga serie R-L, el triángulo de impedancias relaciona R, X_L y $|Z|$; en R-C se usa X_C. La corriente se obtiene con $I=U/|Z|$. Esta relación permite explicar por qué una carga inductiva puede absorber corriente considerable sin transformar toda la potencia aparente en trabajo útil.

Serie RLC y resonancia

En un circuito serie RLC, $X_L=2\pi fL$ y $X_C=1/(2\pi fC)$ se oponen en la parte reactiva. La reactancia neta es $X=X_L-X_C$ y $|Z|=\sqrt{(R^2+X^2)}$. En la frecuencia de resonancia ideal, $X_L=X_C$ y la impedancia serie se aproxima a R; la corriente puede aumentar y la tensión en L o C puede superar la tensión de alimentación. La frecuencia ideal $f_0=1/(2\pi\sqrt{LC})$ no incluye pérdidas ni tolerancias. No se debe buscar resonancia con componentes de potencia sin límites y protección definidos.

Medida segura de fase

Para medir desfase con osciloscopio o analizador, conecta sondas y referencias según el tipo de instalación y equipo. En una práctica de baja tensión se observan simultáneamente u(t) e i(t), se mide su desplazamiento temporal Δt y se calcula φ=360°·Δt/T. En sistemas conectados a red, una masa de osciloscopio convencional puede estar unida a tierra y causar un cortocircuito. Usa sondas diferenciales o instrumentación aislada y procedimientos autorizados. El resultado depende de distorsión y armónicos; si las formas de onda no son sinusoidales, una única fase no describe toda la calidad de potencia.

Fórmulas de referencia de la unidad

Pulsación: $\omega = 2\pi f$ — rad/s

Reactancias: $X_L = \omega L$; $X_C = 1/(\omega C)$ — Ω

Impedancia: $|Z| = \sqrt{(R^2 + X^2)}$ — Ω

Corriente: $I = V / |Z|$ — A

Ejemplo resuelto

Una resistencia de 20 Ω y una reactancia inductiva de 15 Ω están en serie. Se conectan a una tensión eficaz de 100 V. Calcula la impedancia y la corriente eficaz.

1. Al ser inductivo el circuito, X = +15 Ω.
2. Calculamos el módulo: $|Z| = \sqrt{(R^2+X^2)} = \sqrt{(20^2+15^2)}$.
3. $|Z| = \sqrt{(400+225)} = \sqrt{625} = 25$ Ω.
4. Aplicamos la ley de Ohm en valores eficaces: $I = V/|Z| = 100/25 = 4$ A.
5. El ángulo es $\arctan(15/20) \approx 36{,}9°$, por lo que la corriente se retrasa respecto de la tensión.

RESULTADO DEL EJEMPLO |Z| = 25 Ω e I = 4 A eficaces; el circuito es inductivo y la corriente se retrasa aproximadamente 36,9°.

Ejercicio de comprobación

A 50 Hz hay una bobina ideal de 0,1 H. Calcula su reactancia inductiva.

SOLUCIÓN RAZONADA $X_L = 2\pi fL = 2\cdot\pi\cdot50\cdot0{,}1 = 10\pi \approx 31{,}42$ Ω. Es una oposición reactiva; no debe interpretarse como una resistencia que disipa esa misma potencia.

Práctica guiada · Corriente alterna monofásica

Objetivo: Aplicar corriente alterna monofásica con un montaje de baja tensión o una simulación autorizada, registrando datos y justificando diferencias.

Equipo o material: ['Esquema de la práctica y fuente protegida adecuada', 'Instrumento con categoría y rango apropiados', 'Conductores y carga didáctica identificados', 'Hoja de registro, calculadora y elementos de protección requeridos']

1. Lee el esquema y localiza puntos de medida antes de conectar.
2. Con la alimentación aislada, revisa polaridad, continuidad y bornes.
3. Anota valores nominales e hipótesis; predice el orden de magnitud.

4. Conecta el circuito siguiendo el procedimiento del laboratorio y energiza solo con autorización.
5. Mide en puntos definidos, registra unidades y repite una lectura estable.
6. Desconecta, verifica el estado seguro y compara cálculo, medida y balance.
7. Explica discrepancias y redacta una conclusión que cite límites y fuentes.

QUÉ DEBE OBSERVARSE ['Esquema rotulado y procedimiento reproducible.', 'Tabla con valores previstos, medidos y diferencia relativa.', 'Conclusión que distingue dato, hipótesis e interpretación.']

Seguridad: ['No improvises conexiones en instalaciones de red ni midas tensión con el multímetro en borne de corriente.', 'Aísla, verifica ausencia de tensión y descarga elementos que puedan almacenar energía antes de manipular.', 'Detén la práctica ante calentamiento, olor, ruido anormal, lectura inesperada o protección disparada. Sigue las instrucciones del centro y del responsable.']

Pregunta de autoevaluación

En una carga puramente inductiva, la corriente…

A. Adelanta 90°
B. Retrasa 90°
C. Está en fase
D. Es continua

CRITERIO DE RESPUESTA En una inductancia ideal la corriente retrasa 90° respecto a la tensión.

Puente entre teoría y práctica profesional

La corriente alterna se entiende mejor como una señal que cambia de valor y sentido siguiendo un ciclo. El valor eficaz permite compararla con una tensión continua por su efecto térmico, mientras frecuencia y fase describen el ritmo y el adelanto entre señales. En medidas reales, selecciona el rango y el modo adecuados del instrumento; no confundas el valor máximo de la onda con su valor eficaz.

Unidad 06 · Potencia en corriente alterna

P, Q, S, factor de potencia y compensación

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE Distinguir potencia activa, reactiva y aparente; Interpretar cos φ; Calcular compensación básica

Potencia activa: trabajo útil

La potencia activa P, medida en vatios (W), es la parte que realiza trabajo o se transforma de forma neta en calor, movimiento, luz u otra forma de energía. En monofásica sinusoidal se calcula con P = V·I·cosφ, usando tensión y corriente eficaces. El ángulo φ es el desfase entre ambas. Una carga resistiva ideal tiene cosφ = 1 y convierte en trabajo toda la potencia aparente.

Potencia reactiva: energía que va y vuelve

La potencia reactiva Q, medida en voltamperios reactivos (var), aparece cuando hay campos magnéticos o eléctricos en bobinas y condensadores. La energía se almacena durante parte del ciclo y vuelve a la red durante otra parte. No representa trabajo neto útil, pero sí hace que circule corriente y condiciona el tamaño de conductores y equipos. Las cargas inductivas suelen tener Q positiva según la convención habitual.

Potencia aparente

La potencia aparente S = V·I se mide en voltamperios (VA). Relaciona la tensión y la corriente eficaces y ayuda a dimensionar transformadores, generadores y líneas. En régimen sinusoidal, P, Q y S forman el triángulo de potencias: $S^2 = P^2+Q^2$. Conviene respetar las unidades: W para P, var para Q y VA para S, aunque sus valores numéricos puedan parecer similares.

Factor de potencia

En cargas sinusoidales, el factor de potencia es cosφ = P/S. Si para entregar la misma potencia activa el factor baja, la corriente necesaria aumenta. Una corriente mayor puede elevar pérdidas por efecto Joule y ocupar capacidad de la instalación. En formas de onda distorsionadas, el factor de potencia real también depende de la distorsión; por eso cosφ y factor de potencia no siempre son equivalentes en redes con armónicos.

Compensación con condensadores

Una batería de condensadores puede aportar parte de la potencia reactiva que necesitan cargas inductivas. Así la red suministra menos Q y, normalmente, disminuye la corriente para la misma potencia activa. El objetivo se calcula según la situación inicial y el factor deseado. Una compensación excesiva puede dejar la instalación capacitiva; además, armónicos, maniobras y condiciones de carga deben considerarse en un diseño real.

Lectura correcta de resultados

Para una carga monofásica equilibrada y sinusoidal, P = V·I·cosφ, Q = V·I·sinφ y S = V·I. Si conoces P y cosφ, despeja S = P/cosφ. Comprueba que S sea al menos igual que P y que las unidades sean

coherentes. Estas expresiones describen el modelo sinusoidal básico; para medidas reales con armónicos conviene usar un analizador apropiado y sus definiciones de potencia.

1 · Mapa conceptual

En esta unidad estudiamos potencia en corriente alterna. El hilo conductor son potencia activa, reactiva, aparente, factor de potencia y compensación. Antes de memorizar expresiones, dibuja el sistema y marca sus entradas, salidas y fronteras. Un esquema pequeño con referencias claras suele revelar si una magnitud pertenece a una fuente, una carga o un intervalo de medida. La potencia reactiva intercambia energía por ciclo con campos magnéticos o eléctricos; no es energía activa consumida.

2 · Modelo físico y límites

La potencia reactiva intercambia energía por ciclo con campos magnéticos o eléctricos; no es energía activa consumida. El modelo de cálculo simplifica una realidad física: componentes ideales, condiciones iniciales, equilibrio o temperatura fijada. Indica siempre cuáles son esas hipótesis. Si los datos no respetan el modelo, cambia la representación o utiliza una medición más completa en lugar de forzar una fórmula. En potencia en corriente alterna, conocer el límite del modelo evita obtener un número correcto para una situación mal descrita.

3 · Ruta de resolución paso a paso

Calcula p, q y s, comprueba unidades y signo, y distingue cos φ de factor de potencia total con armónicos. Después de obtener el resultado, comprueba unidades y coherencia física. Pregunta qué ocurriría si duplicaras la carga o redujeras la sección; la tendencia debe coincidir con el comportamiento esperado. Si una ecuación entrega una cifra sorprendente, revisa conversiones, prefijos, condiciones nominales y si confundiste valores de línea y de fase o magnitudes instantáneas y eficaces.

4 · Lectura de la medida

Registra p, q, s, cos φ y perfil horario antes de recomendar condensadores. Deja que el circuito alcance una condición estable cuando la prueba lo requiera y anota simultáneamente los valores relacionados. Registra el punto exacto, el rango y el estado de carga. Repetir una lectura sin cambiar las condiciones permite estimar su estabilidad; comparar lecturas tomadas en condiciones distintas no demuestra por sí solo una avería.

5 · Diagnóstico técnico

Compensar en exceso produce comportamiento capacitivo y puede crear resonancias o sobretensiones. Comienza con observaciones visuales y de placa con el equipo desenergizado. Formula al menos dos causas posibles y elige una prueba que las separe. Cambia una condición cada vez. Tras cualquier corrección repite la medición inicial y otra prueba funcional. Así se comprueba el efecto de la reparación y se evita confundir coincidencia temporal con causa real.

6 · Aplicación en instalación

Evalúa la compensación en el punto y régimen de carga donde se necesita. Lleva el resultado a una decisión concreta: seleccionar un componente, proponer una medida, ajustar un esquema o justificar una verificación. Indica qué dato falta para cerrar la decisión y dónde se obtendría. Si entra en juego dimensionado reglamentario, anota norma, guía, tabla y edición vigente que aplicaste; el material didáctico no sustituye esa comprobación.

7 · Comprobación por balance

Comprueba el balance del sistema: corrientes en un nodo, tensiones alrededor de una malla, potencia de entrada y salida o energía acumulada durante el ensayo, según corresponda. Las diferencias pequeñas pueden deberse a pérdidas, tolerancia e incertidumbre; diferencias grandes señalan una hipótesis, conexión o lectura que debe revisarse. Escribe la diferencia y explica qué mecanismo físico puede producirla.

8 · Vocabulario y comunicación

Explica el resultado en una frase completa: qué se midió o calculó, dónde, bajo qué condición y qué significa para potencia en corriente alterna. Distingue valor nominal, valor medido y valor calculado. Añade unidades y redondea con criterio. Esta práctica permite que otra persona reproduzca el trabajo y detecte si la conclusión depende de una hipótesis aún no verificada.

Potencias P, Q y S: interpretación

La potencia activa P es el promedio temporal de u(t)i(t) y se convierte en trabajo, calor o luz. En una carga sinusoidal lineal, $P=U\cdot I\cdot\cos\varphi$. La potencia reactiva $Q=U\cdot I\cdot\operatorname{sen}\varphi$ cuantifica el intercambio periódico de energía con campos eléctricos o magnéticos; no equivale a energía neta consumida en el ciclo. La aparente $S=U\cdot I$ combina tensión y corriente RMS y representa la exigencia sobre conductores y equipos. Sus unidades son W, var y VA. En ondas distorsionadas, el triángulo clásico deja de describir por completo la relación entre potencia aparente y activa.

Factor de potencia y corriente

El factor de potencia total es $\lambda=P/S$. Para ondas sinusoidales y carga lineal coincide con $\cos\varphi$; con armónicos puede diferir porque la distorsión aumenta corriente RMS sin aportar potencia activa proporcional. Para una potencia activa fija, reducir el factor de potencia aumenta corriente de línea, pérdidas I^2R y caída de tensión. Un analizador debe indicar qué factor presenta: $\cos\varphi$ de desplazamiento o factor de potencia verdadero. No uses una lectura de $\cos\varphi$ como prueba única de calidad eléctrica cuando hay rectificadores, variadores o fuentes conmutadas.

Compensación capacitiva

Una batería de condensadores aporta potencia reactiva capacitiva y reduce la reactiva inductiva que circula desde la red. Para carga estable y sinusoidal, una estimación común es $Qc=P(\tan\varphi1-\tan\varphi2)$, donde $\varphi1$ y $\varphi2$ son los ángulos antes y después. La potencia nominal de condensadores depende de tensión y frecuencia reales; sus conexiones y protección deben elegirse según fabricante y diseño. La compensación no reduce por sí misma la potencia activa de la máquina y puede causar sobrecompensación a baja carga. Las baterías automáticas escalonadas adaptan pasos a la demanda.

Riesgo de resonancia con armónicos

La impedancia de la red y una batería capacitiva pueden formar una resonancia paralela o serie. Si coincide con una frecuencia armónica presente, pueden aumentar tensión o corriente en condensadores, transformador y conductores. Antes de compensar una instalación con variadores, rectificadores o elevado THDi, analiza espectro y potencia reactiva por períodos; puede requerirse batería con reactancias de rechazo o filtrado diseñado. No se debe conectar una batería estándar basándose solo en un valor bajo de $\cos\varphi$. El estudio considera cortocircuito de red, potencia del transformador y espectro de cargas.

Lectura del triángulo de potencias

En régimen sinusoidal inductivo, P ocupa el eje horizontal, Q el eje vertical y S la hipotenusa; el ángulo φ satisface cosφ=P/S. Si se corrige factor de potencia, P permanece aproximadamente igual y disminuye la componente Q que demanda la red, por lo que S y corriente bajan. La energía reactiva puede acumularse en kvarh aunque no sea potencia activa. Comprueba si el instrumento mide signo inductivo/capacitivo y si usa convenciones de cuadrante. La posición de un condensador debe estar próxima al receptor o al centro de carga según estrategia y régimen.

Caso de cálculo con decisión

Un motor absorbe 12 kW a 400 V trifásicos con cosφ=0,78. La corriente estimada en sistema equilibrado es I=P/(√3·U·cosφ), aproximadamente 22,2 A si se ignoran pérdidas adicionales y se usa potencia eléctrica absorbida. Si una placa declara potencia mecánica, incluye rendimiento η en el denominador. Para proponer compensación, registra carga real y cosφ verdadero, calcula Q actual y objetivo y estima Qc; después verifica armónicos, maniobras, protección y temperatura del condensador. El cálculo inicial orienta el diseño, no sustituye selección del equipo.

Fórmulas de referencia de la unidad

Activa: $P = V\,I\cos\varphi$ — W

Reactiva: $Q = V\,I\sin\varphi$ — var

Aparente: $S = V\,I$ — VA

Relación: $S^2 = P^2 + Q^2$ — —

Ejemplo resuelto

Una carga monofásica consume 230 V eficaces y 10 A eficaces con cosφ = 0,8 inductivo. Calcula P, S y Q.

1. Aparente: S = V·I = 230·10 = 2300 VA.
2. Activa: P = V·I·cosφ = 2300·0,8 = 1840 W.
3. Con cosφ = 0,8, el seno es sinφ = 0,6 para el ángulo agudo correspondiente.
4. Reactiva: Q = V·I·sinφ = 2300·0,6 = 1380 var.
5. Comprobación: $\sqrt{(1840^2+1380^2)} = 2300$, por lo que el triángulo cierra.

RESULTADO DEL EJEMPLO P = 1840 W; Q = 1380 var inductivos; S = 2300 VA.

Ejercicio de comprobación

Una carga sinusoidal consume 5 kW y tiene cosφ = 0,75. Calcula la potencia aparente y explica qué expresa.

SOLUCIÓN RAZONADA S = P/cosφ = 5/0,75 = 6,67 kVA aproximadamente. La potencia aparente relaciona los valores eficaces de tensión y corriente y sirve para dimensionar equipos; no es toda potencia útil.

Práctica guiada · Potencia en corriente alterna

Objetivo: Aplicar potencia en corriente alterna con un montaje de baja tensión o una simulación autorizada, registrando datos y justificando diferencias.

Equipo o material: ['Esquema de la práctica y fuente protegida adecuada', 'Instrumento con categoría y rango apropiados', 'Conductores y carga didáctica identificados', 'Hoja de registro, calculadora y elementos de protección requeridos']

1. Lee el esquema y localiza puntos de medida antes de conectar.
2. Con la alimentación aislada, revisa polaridad, continuidad y bornes.
3. Anota valores nominales e hipótesis; predice el orden de magnitud.
4. Conecta el circuito siguiendo el procedimiento del laboratorio y energiza solo con autorización.
5. Mide en puntos definidos, registra unidades y repite una lectura estable.
6. Desconecta, verifica el estado seguro y compara cálculo, medida y balance.
7. Explica discrepancias y redacta una conclusión que cite límites y fuentes.

QUÉ DEBE OBSERVARSE ['Esquema rotulado y procedimiento reproducible.', 'Tabla con valores previstos, medidos y diferencia relativa.', 'Conclusión que distingue dato, hipótesis e interpretación.']

Seguridad: ['No improvises conexiones en instalaciones de red ni midas tensión con el multímetro en borne de corriente.', 'Aísla, verifica ausencia de tensión y descarga elementos que puedan almacenar energía antes de manipular.', 'Detén la práctica ante calentamiento, olor, ruido anormal, lectura inesperada o protección disparada. Sigue las instrucciones del centro y del responsable.']

Pregunta de autoevaluación

Corregir el factor de potencia permite principalmente…

A. Aumentar la frecuencia
B. Reducir corriente para la misma P
C. Elevar la tensión nominal
D. Eliminar toda potencia activa

CRITERIO DE RESPUESTA Al disminuir Q y S, también disminuye la corriente para una P dada.

Puente entre teoría y práctica profesional

En alterna, la potencia aparente describe la exigencia total sobre cables y equipos, la activa representa la energía que se transforma en trabajo o calor útil y la reactiva sostiene campos eléctricos y magnéticos. El factor de potencia relaciona estas magnitudes. Si se corrige con condensadores, el objetivo es reducir corriente innecesaria sin sobrecompensar; compara la situación antes y después con medidas compatibles.

Unidad 07 · Sistemas trifásicos

Estrella, triángulo y potencias

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE Relacionar magnitudes de fase y línea; Resolver cargas equilibradas; Reconocer desequilibrios

Tres fases coordinadas

Un sistema trifásico equilibrado está formado por tres tensiones sinusoidales de igual frecuencia y amplitud, separadas 120° eléctricos. Las tres fases permiten transportar potencia de forma eficiente y alimentar receptores monofásicos o trifásicos. Si las cargas son iguales, las corrientes también quedan equilibradas. En las instalaciones reales, el desequilibrio puede aparecer cuando las cargas de una fase difieren de las demás.

Magnitudes de línea y de fase

La tensión de fase se mide en un devanado o carga individual. La tensión de línea se mide entre dos conductores de fase. La corriente de fase atraviesa un devanado; la corriente de línea circula por el conductor de alimentación. Estas definiciones son importantes porque las relaciones cambian según la carga esté conectada en estrella o triángulo.

Conexión estrella

En estrella, un extremo de cada fase se une a un punto común llamado neutro. Para una carga equilibrada, la tensión de línea es √3 veces la tensión de fase y la corriente de línea coincide con la de fase. En una red habitual de 400/230 V, entre fases hay aproximadamente 400 V y entre fase y neutro, 230 V. El neutro también puede conducir corriente si las cargas no están equilibradas.

Conexión triángulo

En triángulo, los tres devanados se conectan formando un circuito cerrado. La tensión de línea coincide con la tensión de fase, mientras que la corriente de línea es √3 veces la corriente de fase en equilibrio. En motores, el esquema de placa indica cómo conectar los devanados para una tensión concreta. No se debe elegir estrella o triángulo solo por la forma del dibujo: hay que respetar tensión nominal y documentación del equipo.

Potencia trifásica equilibrada

En una carga trifásica equilibrada, la potencia activa total puede calcularse como $P = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos\varphi$; se usan magnitudes de línea. De forma similar se calculan Q y S. La fórmula evita sumar fase por fase cuando el sistema está equilibrado. Si las cargas están desequilibradas o las formas de onda se distorsionan, el cálculo y la medición requieren más cuidado y puede ser necesario analizar cada fase.

Desequilibrio y neutro

Si las cargas de fase no son iguales, las corrientes dejan de tener igual valor. En una estrella con neutro, la corriente por el neutro corresponde a la suma fasorial de las corrientes de fase y puede ser distinta de cero. Las cargas no lineales también pueden aportar corrientes armónicas. Observar

tensión, corriente por fase y neutro ayuda a descubrir reparto deficiente, calentamiento y problemas de calidad de suministro.

1 · Mapa conceptual

En esta unidad estudiamos sistemas trifásicos. El hilo conductor son secuencia, equilibrio, conexiones estrella y triángulo, potencia. Antes de memorizar expresiones, dibuja el sistema y marca sus entradas, salidas y fronteras. Un esquema pequeño con referencias claras suele revelar si una magnitud pertenece a una fuente, una carga o un intervalo de medida. En sistema equilibrado las magnitudes de fase tienen igual módulo y están separadas 120° eléctricos.

2 · Modelo físico y límites

En sistema equilibrado las magnitudes de fase tienen igual módulo y están separadas 120° eléctricos. El modelo de cálculo simplifica una realidad física: componentes ideales, condiciones iniciales, equilibrio o temperatura fijada. Indica siempre cuáles son esas hipótesis. Si los datos no respetan el modelo, cambia la representación o utiliza una medición más completa en lugar de forzar una fórmula. En sistemas trifásicos, conocer el límite del modelo evita obtener un número correcto para una situación mal descrita.

3 · Ruta de resolución paso a paso

Convierte entre magnitudes de línea y fase según la conexión; identifica neutro y secuencia. Después de obtener el resultado, comprueba unidades y coherencia física. Pregunta qué ocurriría si duplicaras la carga o redujeras la sección; la tendencia debe coincidir con el comportamiento esperado. Si una ecuación entrega una cifra sorprendente, revisa conversiones, prefijos, condiciones nominales y si confundiste valores de línea y de fase o magnitudes instantáneas y eficaces.

4 · Lectura de la medida

Mide tensiones fase-fase y fase-neutro siguiendo el esquema y las reglas de seguridad. Deja que el circuito alcance una condición estable cuando la prueba lo requiera y anota simultáneamente los valores relacionados. Registra el punto exacto, el rango y el estado de carga. Repetir una lectura sin cambiar las condiciones permite estimar su estabilidad; comparar lecturas tomadas en condiciones distintas no demuestra por sí solo una avería.

5 · Diagnóstico técnico

Una fase perdida o un desequilibrio puede recalentar motores aunque la tensión promedio parezca correcta. Comienza con observaciones visuales y de placa con el equipo desenergizado. Formula al menos dos causas posibles y elige una prueba que las separe. Cambia una condición cada vez. Tras cualquier corrección repite la medición inicial y otra prueba funcional. Así se comprueba el efecto de la reparación y se evita confundir coincidencia temporal con causa real.

6 · Aplicación en instalación

Etiqueta l1-l2-l3, bornes y puentes antes de cambiar conexiones. Lleva el resultado a una decisión concreta: seleccionar un componente, proponer una medida, ajustar un esquema o justificar una verificación. Indica qué dato falta para cerrar la decisión y dónde se obtendría. Si entra en juego dimensionado reglamentario, anota norma, guía, tabla y edición vigente que aplicaste; el material didáctico no sustituye esa comprobación.

7 · Comprobación por balance

Comprueba el balance del sistema: corrientes en un nodo, tensiones alrededor de una malla, potencia de entrada y salida o energía acumulada durante el ensayo, según corresponda. Las diferencias pequeñas pueden deberse a pérdidas, tolerancia e incertidumbre; diferencias grandes señalan una hipótesis, conexión o lectura que debe revisarse. Escribe la diferencia y explica qué mecanismo físico puede producirla.

8 · Vocabulario y comunicación

Explica el resultado en una frase completa: qué se midió o calculó, dónde, bajo qué condición y qué significa para sistemas trifásicos. Distingue valor nominal, valor medido y valor calculado. Añade unidades y redondea con criterio. Esta práctica permite que otra persona reproduzca el trabajo y detecte si la conclusión depende de una hipótesis aún no verificada.

Secuencia de fases y campo giratorio

Las tensiones trifásicas equilibradas tienen igual frecuencia y módulo y están desfasadas 120°. El orden temporal L1-L2-L3 determina la secuencia. Intercambiar dos fases invierte el sentido del campo giratorio de un motor trifásico y, por tanto, su giro, aunque los valores RMS de línea sean los mismos. Comprueba secuencia con un comprobador apropiado antes de acoplar equipos o conectar una máquina. Etiqueta fases y bornes antes de desmontar. La secuencia también es esencial para sincronizar fuentes y evitar conexiones incompatibles.

Estrella: línea y fase

En estrella cada devanado se conecta entre una fase y el punto neutro. En sistema equilibrado Ulinea=√3·Uf y Ilinea=Ifase. El neutro permite alimentar cargas monofásicas y transportar corriente desequilibrada o armónica. La relación de √3 resulta de la suma vectorial de dos tensiones fase-neutro separadas 120°, no de una regla de memoria aplicable a cualquier magnitud. Antes de usarla identifica explícitamente las tensiones de placa y la conexión de devanados.

Triángulo: línea y fase

En triángulo cada devanado se conecta entre dos líneas, por lo que Ulinea=Uf. La corriente de línea es √3 veces la corriente de devanado en equilibrio. La tensión que soporta cada bobina depende de cómo estén conectados los devanados; una conexión equivocada puede sobreexcitar el motor. La placa puede mostrar doble tensión con dos conexiones, por ejemplo estrella a tensión mayor y triángulo a tensión menor, según diseño. Confirma siempre los seis terminales y el diagrama del fabricante.

Potencia trifásica equilibrada

Para una carga trifásica equilibrada, P=√3·UL·IL·cosφ, Q=√3·UL·IL·senφ y S=√3·UL·IL. También puede calcularse por fase y multiplicarse por tres, usando magnitudes de fase consistentes. Si la carga está desequilibrada, estas fórmulas globales no sustituyen la suma fase a fase. El analizador puede medir tres tensiones y tres corrientes y ofrecer energía total; comprueba su esquema de conexión de 3 o 4 hilos. Una pinza colocada en neutro mide el desequilibrio y armónicos, no la suma aritmética de corrientes de fase.

Desequilibrio y corriente de neutro

En una carga lineal equilibrada ideal, la suma vectorial de corrientes de fase es cero y el neutro no conduce corriente fundamental. Con desequilibrio, aparece corriente de neutro. En cargas

electrónicas monofásicas, armónicos triples pueden estar en fase en las tres fases y sumarse en el neutro en vez de cancelarse. Por eso un neutro cargado no se dimensiona suponiendo siempre corriente nula. Mide las corrientes de fase y neutro simultáneamente y consulta criterios de diseño aplicables a la instalación y al tipo de conductor.

Identificación de una avería trifásica

Un desequilibrio de tensión puede causar desequilibrio de corriente mucho mayor en motores y calentamiento. Registra U12, U23 y U31, corrientes de las tres fases, tensión fase-neutro cuando exista, carga mecánica y temperatura. Si una corriente es muy alta, no intercambies fases con el equipo energizado para “probar”: primero aísla y revisa bornes, fusibles, contactor y devanados con procedimiento autorizado. Distingue pérdida de fase, secuencia invertida y reparto desigual de carga: producen síntomas distintos y requieren pruebas distintas.

Fórmulas de referencia de la unidad

Potencia activa: $P = \sqrt{3}\, U_L\, I_L \cos\varphi$ — W

Reactiva: $Q = \sqrt{3}\, U_L\, I_L \sin\varphi$ — var

Aparente: $S = \sqrt{3}\, U_L\, I_L$ — VA

Estrella: $U_L = \sqrt{3}\, U_F$ — —

Ejemplo resuelto

Un motor trifásico equilibrado se alimenta a 400 V entre líneas y absorbe 12 A, con $\cos\varphi = 0{,}85$. Estima su potencia activa eléctrica.

1. Identificamos valores de línea: $U_L = 400$ V e $I_L = 12$ A.
2. Usamos $P = \sqrt{3}\cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos\varphi$ para carga equilibrada.
3. Sustituimos: $P = 1{,}732 \cdot 400 \cdot 12 \cdot 0{,}85$.
4. Primero $400 \cdot 12 \cdot 0{,}85 = 4080$; al multiplicar por $\sqrt{3}$, el resultado es unos 7067 W.
5. $P \approx 1{,}732 \cdot 4080 = 7067$ W. Es la potencia eléctrica activa absorbida, no la potencia mecánica útil del eje.

RESULTADO DEL EJEMPLO $P \approx 7{,}07$ kW de potencia eléctrica activa.

Ejercicio de comprobación

Una carga equilibrada está conectada en estrella en una red de 400 V entre líneas. Calcula la tensión de fase.

SOLUCIÓN RAZONADA En estrella $U_L = \sqrt{3}\cdot U_F$, por tanto $U_F = U_L/\sqrt{3} = 400/1{,}732 \approx 230{,}9$ V. Cada fase de la carga recibe unos 231 V.

Práctica guiada · Sistemas trifásicos

Objetivo: Aplicar sistemas trifásicos con un montaje de baja tensión o una simulación autorizada, registrando datos y justificando diferencias.

Equipo o material: ['Esquema de la práctica y fuente protegida adecuada', 'Instrumento con categoría y rango apropiados', 'Conductores y carga didáctica identificados', 'Hoja de registro, calculadora y elementos de protección requeridos']

1. Lee el esquema y localiza puntos de medida antes de conectar.
2. Con la alimentación aislada, revisa polaridad, continuidad y bornes.
3. Anota valores nominales e hipótesis; predice el orden de magnitud.
4. Conecta el circuito siguiendo el procedimiento del laboratorio y energiza solo con autorización.
5. Mide en puntos definidos, registra unidades y repite una lectura estable.
6. Desconecta, verifica el estado seguro y compara cálculo, medida y balance.
7. Explica discrepancias y redacta una conclusión que cite límites y fuentes.

QUÉ DEBE OBSERVARSE ['Esquema rotulado y procedimiento reproducible.', 'Tabla con valores previstos, medidos y diferencia relativa.', 'Conclusión que distingue dato, hipótesis e interpretación.']

Seguridad: ['No improvises conexiones en instalaciones de red ni midas tensión con el multímetro en borne de corriente.', 'Aísla, verifica ausencia de tensión y descarga elementos que puedan almacenar energía antes de manipular.', 'Detén la práctica ante calentamiento, olor, ruido anormal, lectura inesperada o protección disparada. Sigue las instrucciones del centro y del responsable.']

Pregunta de autoevaluación

En conexión estrella equilibrada…

A. UL = UF
B. UL = √3·UF
C. IL = √3·IF
D. No existe desfase

CRITERIO DE RESPUESTA En estrella la tensión de línea es √3 veces la de fase.

Puente entre teoría y práctica profesional

En un sistema trifásico conviven tensiones de fase y tensiones entre líneas; la conexión estrella o triángulo determina cómo se relacionan. Distingue siempre qué tensión y corriente aparecen en la placa del equipo y en qué punto se mide cada valor. En motores, un error entre línea y fase puede llevar a elegir mal la conexión. Comprueba esquema, secuencia de fases y protecciones antes de energizar.

Unidad 08 · Medidas eléctricas

Instrumentación, seguridad e interpretación

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE Elegir instrumento y escala; Medir sin alterar el circuito; Interpretar errores y calidad de red

Elegir la función correcta del multímetro

Antes de medir, identifica qué magnitud necesitas, qué rango esperas y si el circuito está energizado. Un multímetro puede medir tensión, corriente, resistencia y continuidad, pero cada función tiene bornes y límites propios. Colocar la punta en la entrada equivocada es una causa frecuente de errores y puede provocar un cortocircuito. Lee las indicaciones del instrumento y empieza con un rango seguro cuando no conozcas el valor.

Medir tensión

Para medir una diferencia de potencial, el voltímetro se conecta en paralelo entre los dos puntos de interés. El circuito permanece cerrado y el instrumento debe presentar una impedancia de entrada alta para alterar poco la medida. Selecciona corriente alterna o continua según corresponda. Si buscas tensión fase-neutro, mide esos dos puntos; medir entre fases da un valor distinto.

Medir corriente con multímetro

Para medir corriente con un multímetro tradicional hay que abrir el circuito e insertar el instrumento en serie, de modo que la corriente pase por él. Se debe elegir el borne de corriente y un rango adecuado antes de conectar. Nunca se coloca un amperímetro directamente en paralelo con una fuente: su baja resistencia puede causar un cortocircuito. Tras la medida, devuelve la punta al borne de tensión.

Pinza amperimétrica y True RMS

La pinza mide el campo alrededor de un conductor, por lo que normalmente no hace falta abrir el circuito. Abraza un solo conductor; si rodea a la vez ida y vuelta, los campos pueden cancelarse y la lectura será cercana a cero. En corrientes no sinusoidales, una pinza True RMS mide correctamente el valor eficaz dentro de sus límites. Comprueba categoría, rango y frecuencia admisible del instrumento.

Error e incertidumbre

Toda medida es una aproximación: influyen la resolución de pantalla, precisión especificada, calibración, temperatura, conexiones y técnica. El error absoluto compara la lectura con una referencia; el relativo lo divide por la referencia y el porcentual lo multiplica por 100. La incertidumbre no significa necesariamente que el instrumento funcione mal: expresa el intervalo razonable alrededor del valor medido. Anota unidades, rango y condiciones si el resultado se documenta.

Potencia, energía y armónicos

Un analizador de redes puede medir tensión, corriente, frecuencia, potencias, energía y, según el modelo, armónicos. El THD expresa el contenido armónico respecto del componente fundamental y se calcula a partir de componentes a múltiplos de la frecuencia base. Para que el dato sea comparable, revisa si el equipo reporta THD de tensión o de corriente, qué orden armónico incluye y en qué condiciones se tomó la muestra.

1 · Mapa conceptual

En esta unidad estudiamos medidas e instrumentación. El hilo conductor son instrumentos analógicos y digitales, conexión y errores. Antes de memorizar expresiones, dibuja el sistema y marca sus entradas, salidas y fronteras. Un esquema pequeño con referencias claras suele revelar si una magnitud pertenece a una fuente, una carga o un intervalo de medida. La indicación incluye incertidumbre, resolución, rango y respuesta temporal; ningún display es exactitud absoluta.

2 · Modelo físico y límites

La indicación incluye incertidumbre, resolución, rango y respuesta temporal; ningún display es exactitud absoluta. El modelo de cálculo simplifica una realidad física: componentes ideales, condiciones iniciales, equilibrio o temperatura fijada. Indica siempre cuáles son esas hipótesis. Si los datos no respetan el modelo, cambia la representación o utiliza una medición más completa en lugar de forzar una fórmula. En medidas e instrumentación, conocer el límite del modelo evita obtener un número correcto para una situación mal descrita.

3 · Ruta de resolución paso a paso

Elige el instrumento, verifica categoría, selecciona rango, conecta con circuito aislado cuando corresponde y registra método. Después de obtener el resultado, comprueba unidades y coherencia física. Pregunta qué ocurriría si duplicaras la carga o redujeras la sección; la tendencia debe coincidir con el comportamiento esperado. Si una ecuación entrega una cifra sorprendente, revisa conversiones, prefijos, condiciones nominales y si confundiste valores de línea y de fase o magnitudes instantáneas y eficaces.

4 · Lectura de la medida

Compara medida con una referencia segura y revisa puntas antes y después de uso. Deja que el circuito alcance una condición estable cuando la prueba lo requiera y anota simultáneamente los valores relacionados. Registra el punto exacto, el rango y el estado de carga. Repetir una lectura sin cambiar las condiciones permite estimar su estabilidad; comparar lecturas tomadas en condiciones distintas no demuestra por sí solo una avería.

5 · Diagnóstico técnico

Una categoría de medida inadecuada puede comprometer al usuario aunque la tensión nominal parezca pequeña. Comienza con observaciones visuales y de placa con el equipo desenergizado. Formula al menos dos causas posibles y elige una prueba que las separe. Cambia una condición cada vez. Tras cualquier corrección repite la medición inicial y otra prueba funcional. Así se comprueba el efecto de la reparación y se evita confundir coincidencia temporal con causa real.

6 · Aplicación en instalación

Anota incertidumbre y condiciones; no escribas más decimales que los que soporta la medición. Lleva el resultado a una decisión concreta: seleccionar un componente, proponer una medida, ajustar un esquema o justificar una verificación. Indica qué dato falta para cerrar la decisión y

dónde se obtendría. Si entra en juego dimensionado reglamentario, anota norma, guía, tabla y edición vigente que aplicaste; el material didáctico no sustituye esa comprobación.

7 · Comprobación por balance

Comprueba el balance del sistema: corrientes en un nodo, tensiones alrededor de una malla, potencia de entrada y salida o energía acumulada durante el ensayo, según corresponda. Las diferencias pequeñas pueden deberse a pérdidas, tolerancia e incertidumbre; diferencias grandes señalan una hipótesis, conexión o lectura que debe revisarse. Escribe la diferencia y explica qué mecanismo físico puede producirla.

8 · Vocabulario y comunicación

Explica el resultado en una frase completa: qué se midió o calculó, dónde, bajo qué condición y qué significa para medidas e instrumentación. Distingue valor nominal, valor medido y valor calculado. Añade unidades y redondea con criterio. Esta práctica permite que otra persona reproduzca el trabajo y detecte si la conclusión depende de una hipótesis aún no verificada.

Exactitud, resolución y rango

La resolución es el menor cambio que muestra un instrumento; la exactitud indica cuánto puede apartarse de la magnitud real bajo condiciones especificadas. Un display de cuatro dígitos no significa precisión de cuatro decimales. La especificación suele combinar porcentaje de lectura y cuentas del último dígito. Si se mide una tensión próxima al límite inferior del rango, la incertidumbre relativa puede ser grande; selecciona el rango adecuado sin superar límites. Registra modelo, rango, función y condiciones cuando la medida respalda una decisión técnica.

Categorías de medida y seguridad

Las categorías CAT II, CAT III y CAT IV describen el entorno de transitorios y el punto de medida, no simplemente una tensión máxima. Los transitorios más energéticos pueden aparecer cerca de la acometida y de la distribución fija. Instrumento, puntas, accesorios y procedimiento deben corresponder a la categoría y tensión del punto. Inspecciona aislamiento, guardas y fusibles internos. Un multímetro con borne de corriente sin fusible adecuado puede fallar de forma peligrosa. Si no puedes confirmar categoría o estado del equipo, no conectes el instrumento.

Multímetro: secuencia de trabajo

Antes de medir, determina si necesitas tensión AC/DC, corriente, resistencia, continuidad, capacitancia o frecuencia. La resistencia y continuidad se miden normalmente con circuito desenergizado y el componente aislado para evitar caminos paralelos. En modo tensión conecta en paralelo; en modo corriente, en serie o pinza. Comprueba el borne rojo antes de cada cambio de función. Al terminar, retira las puntas y devuelve el cable al borne de tensión. Esta secuencia de hábitos reduce accidentes y lecturas falsas.

Pinza y transformador de corriente

La pinza de corriente alterna detecta flujo magnético y debe abrazar un único conductor. Centra el cable dentro de la mordaza, ciérrala completamente y orienta el instrumento según sus instrucciones. Algunos modelos también miden corriente continua con sensor Hall. Un transformador de corriente fijo se conecta a un circuito de medida y su secundario nunca debe dejarse abierto mientras el primario conduce, salvo que el fabricante y el procedimiento contemplen

la condición: pueden aparecer tensiones peligrosas. Identifica relación, polaridad y burden del secundario.

Osciloscopio: qué aporta y qué no

El osciloscopio muestra variación temporal, picos, distorsión y transitorios que un multímetro promedia. Ajusta base de tiempos, escala vertical, acoplamiento y disparo; una configuración inadecuada puede ocultar una señal o producir aliasing. La sonda modifica el circuito por su resistencia y capacitancia. La pinza de masa de muchos osciloscopios está referida a tierra de protección; no la conectes sin comprobar el esquema, especialmente en red. Para señales flotantes usa técnica diferencial y accesorios con especificación suficiente.

Calibración, verificación y trazabilidad

Calibrar compara la indicación con patrones y estima errores; verificar comprueba que el instrumento cumple un criterio para el uso previsto. Una etiqueta vigente no elimina la necesidad de revisar puntas, baterías, fusibles y funcionamiento. Antes de una medida crítica, confirma el equipo en una fuente conocida y compruébalo de nuevo al acabar: así detectas una avería ocurrida durante la prueba. Guarda número de equipo, estado de calibración, incertidumbre y fecha. Si dos instrumentos discrepan, compara sus especificaciones y métodos, no elijas automáticamente el que coincide con la expectativa.

Fórmulas de referencia de la unidad

Error absoluto: $Ea = |\text{medido} - \text{referencia}|$ — unidad medida

Error relativo: $Er = Ea / \text{referencia}$ — pu

Error porcentual: $Er\% = Er \cdot 100$ — %

THD: $THD = \sqrt{\Sigma(h \geq 2\ Ih^2)} / I1$ — %

Ejemplo resuelto

La referencia esperada es 230 V y un instrumento indica 226 V. Calcula el error absoluto y el error porcentual respecto de la referencia.

1. Error absoluto: $Ea = |\text{medida} - \text{referencia}|$.
2. $Ea = |226 - 230| = 4$ V.
3. Error relativo: $Er = 4/230 = 0{,}01739$ aproximadamente.
4. Porcentaje: $Er\% = 0{,}01739 \cdot 100 = 1{,}739$ %.
5. Redondeamos de forma razonable a dos decimales; la precisión real también depende del instrumento.

RESULTADO DEL EJEMPLO El error absoluto es 4 V y el error porcentual es aproximadamente 1,74 %.

Ejercicio de comprobación

Una corriente de referencia es 10 A y el instrumento indica 9,8 A. Calcula el error absoluto y el porcentual respecto de la referencia.

SOLUCIÓN RAZONADA $Ea = |9{,}8 - 10| = 0{,}2$ A. $Er\% = 0{,}2/10 \cdot 100 = 2$ %. La lectura está 0,2 A por debajo de la referencia.

Práctica guiada · Medidas eléctricas

Objetivo: Aplicar medidas e instrumentación con un montaje de baja tensión o una simulación autorizada, registrando datos y justificando diferencias.

Equipo o material: ['Esquema de la práctica y fuente protegida adecuada', 'Instrumento con categoría y rango apropiados', 'Conductores y carga didáctica identificados', 'Hoja de registro, calculadora y elementos de protección requeridos']

1. Lee el esquema y localiza puntos de medida antes de conectar.
2. Con la alimentación aislada, revisa polaridad, continuidad y bornes.
3. Anota valores nominales e hipótesis; predice el orden de magnitud.
4. Conecta el circuito siguiendo el procedimiento del laboratorio y energiza solo con autorización.
5. Mide en puntos definidos, registra unidades y repite una lectura estable.
6. Desconecta, verifica el estado seguro y compara cálculo, medida y balance.
7. Explica discrepancias y redacta una conclusión que cite límites y fuentes.

QUÉ DEBE OBSERVARSE ['Esquema rotulado y procedimiento reproducible.', 'Tabla con valores previstos, medidos y diferencia relativa.', 'Conclusión que distingue dato, hipótesis e interpretación.']

Seguridad: ['No improvises conexiones en instalaciones de red ni midas tensión con el multímetro en borne de corriente.', 'Aísla, verifica ausencia de tensión y descarga elementos que puedan almacenar energía antes de manipular.', 'Detén la práctica ante calentamiento, olor, ruido anormal, lectura inesperada o protección disparada. Sigue las instrucciones del centro y del responsable.']

Pregunta de autoevaluación

Para medir tensión con multímetro se conecta…

A. En serie
B. En paralelo
C. A tierra únicamente
D. Cortocircuitando la carga

CRITERIO DE RESPUESTA El voltímetro se conecta entre los dos puntos cuya diferencia de potencial se quiere medir.

Puente entre teoría y práctica profesional

Una lectura solo es útil si el instrumento está bien elegido y conectado. El voltímetro se coloca en paralelo, el amperímetro en serie y el óhmetro se utiliza con el circuito aislado y sin tensión. Revisa categoría, rango, puntas y estado del equipo antes de medir. Anota también condiciones y unidades: así podrás separar un fallo de funcionamiento de un error de conexión o de una medida poco fiable.

Unidad 09 · Líneas eléctricas

Conductores, caída de tensión y dimensionado

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE Calcular resistencia de conductor; Estimar caída de tensión; Entender criterios de selección de sección

Resistencia de los conductores

Un conductor tiene resistencia porque los electrones encuentran oposición al moverse por el material. Para una misma temperatura, R = ρL/S: aumenta con la longitud L y la resistividad ρ, y disminuye al aumentar la sección S. El cobre y el aluminio tienen resistividades distintas. La temperatura también cambia la resistencia; en tendidos largos ese efecto puede hacer que la caída real sea mayor que la estimada con valores de referencia a temperatura ambiente.

Caída de tensión

Al circular corriente por la impedancia del cable, una parte de la tensión se pierde a lo largo de la línea. El receptor recibe una tensión algo menor que la del origen. La caída depende de corriente, longitud, sección, material, temperatura y tipo de alimentación. Se suele expresar en voltios o como porcentaje de la tensión nominal. Una fórmula simplificada sirve para aprender y estimar, pero no sustituye el cálculo completo requerido por el caso real.

Diferencias entre monofásica y trifásica

En corriente continua o en un circuito monofásico resistivo, una aproximación común cuenta ida y vuelta del circuito, de ahí el factor 2 en ΔV ≈ 2LIρ/S. En trifásica equilibrada se emplean relaciones diferentes y puede ser necesario incluir reactancia y factor de potencia. Antes de usar una fórmula identifica el sistema, la longitud considerada y las unidades de resistividad; no mezcles metros, milímetros cuadrados y ohmios por metro.

Intensidad admisible

La intensidad admisible es la corriente que el cable puede transportar en unas condiciones concretas sin superar su temperatura permitida. Depende de la sección, aislamiento, método de instalación, temperatura ambiente, agrupamiento con otros cables y número de conductores cargados. Por eso no existe una única corriente admisible para cada sección. La tabla y los factores correctores deben corresponder al método y a la guía normativa aplicable.

Protección y coordinación

La sección se coordina con la protección para que el conductor quede protegido frente a sobrecargas y cortocircuitos. Además de la intensidad admisible, se revisan caída de tensión, capacidad de cortocircuito, longitud, condiciones mecánicas y normativa. Elegir una sección por un único criterio puede dejar sin comprobar los demás. En un proyecto real se documentan los datos de instalación y el método usado para que otra persona pueda revisar el resultado.

Comprobación térmica de cortocircuito

Durante un cortocircuito circula una corriente elevada hasta que actúa la protección y el conductor se calienta. El criterio adiabático $I^2t \leq k^2S^2$ compara la energía que deja pasar la protección con la capacidad térmica del conductor. I^2t representa el esfuerzo térmico; k depende del material y del aislamiento, y S es la sección. Es una comprobación específica: hace falta usar datos compatibles de protección, conductor, duración y condiciones.

1 · Mapa conceptual

En esta unidad estudiamos líneas y cables. El hilo conductor son resistencia, caída de tensión, calentamiento y selección. Antes de memorizar expresiones, dibuja el sistema y marca sus entradas, salidas y fronteras. Un esquema pequeño con referencias claras suele revelar si una magnitud pertenece a una fuente, una carga o un intervalo de medida. Longitud, sección, material, temperatura y recorrido modifican la impedancia y la caída.

2 · Modelo físico y límites

Longitud, sección, material, temperatura y recorrido modifican la impedancia y la caída. El modelo de cálculo simplifica una realidad física: componentes ideales, condiciones iniciales, equilibrio o temperatura fijada. Indica siempre cuáles son esas hipótesis. Si los datos no respetan el modelo, cambia la representación o utiliza una medición más completa en lugar de forzar una fórmula. En líneas y cables, conocer el límite del modelo evita obtener un número correcto para una situación mal descrita.

3 · Ruta de resolución paso a paso

Calcula corriente, elige sección inicial, aplica factores de instalación, verifica caída y cortocircuito. Después de obtener el resultado, comprueba unidades y coherencia física. Pregunta qué ocurriría si duplicaras la carga o redujeras la sección; la tendencia debe coincidir con el comportamiento esperado. Si una ecuación entrega una cifra sorprendente, revisa conversiones, prefijos, condiciones nominales y si confundiste valores de línea y de fase o magnitudes instantáneas y eficaces.

4 · Lectura de la medida

Mide caída en origen y carga mientras circula una corriente conocida y segura. Deja que el circuito alcance una condición estable cuando la prueba lo requiera y anota simultáneamente los valores relacionados. Registra el punto exacto, el rango y el estado de carga. Repetir una lectura sin cambiar las condiciones permite estimar su estabilidad; comparar lecturas tomadas en condiciones distintas no demuestra por sí solo una avería.

5 · Diagnóstico técnico

Una borna floja crea calentamiento localizado no visible en el cálculo de sección. Comienza con observaciones visuales y de placa con el equipo desenergizado. Formula al menos dos causas posibles y elige una prueba que las separe. Cambia una condición cada vez. Tras cualquier corrección repite la medición inicial y otra prueba funcional. Así se comprueba el efecto de la reparación y se evita confundir coincidencia temporal con causa real.

6 · Aplicación en instalación

Repite las comprobaciones si cambian agrupamiento, ambiente, longitud o tipo de aislamiento. Lleva el resultado a una decisión concreta: seleccionar un componente, proponer una medida, ajustar un esquema o justificar una verificación. Indica qué dato falta para cerrar la decisión y dónde se

obtendría. Si entra en juego dimensionado reglamentario, anota norma, guía, tabla y edición vigente que aplicaste; el material didáctico no sustituye esa comprobación.

7 · Comprobación por balance

Comprueba el balance del sistema: corrientes en un nodo, tensiones alrededor de una malla, potencia de entrada y salida o energía acumulada durante el ensayo, según corresponda. Las diferencias pequeñas pueden deberse a pérdidas, tolerancia e incertidumbre; diferencias grandes señalan una hipótesis, conexión o lectura que debe revisarse. Escribe la diferencia y explica qué mecanismo físico puede producirla.

8 · Vocabulario y comunicación

Explica el resultado en una frase completa: qué se midió o calculó, dónde, bajo qué condición y qué significa para líneas y cables. Distingue valor nominal, valor medido y valor calculado. Añade unidades y redondea con criterio. Esta práctica permite que otra persona reproduzca el trabajo y detecte si la conclusión depende de una hipótesis aún no verificada.

La impedancia de un cable real

En corriente continua o frecuencia baja, la resistencia suele dominar el comportamiento de una línea corta. En alterna aparece reactancia inductiva, que depende de frecuencia y geometría; en recorridos largos o cables en paralelo también importan capacitancia y conductancia. La impedancia por fase se representa como $Z=R+jX$. La caída de tensión depende del fasor $I\cdot Z$, de modo que una línea inductiva y una carga con factor de potencia bajo pueden tener una caída mayor que la estimada solo con R. Define conductor, retorno, longitud y temperatura antes de usar una fórmula abreviada.

Temperatura y resistencia del cobre

Para una aproximación en un intervalo térmico moderado, $R\theta \approx R20[1+\alpha(\theta-20\ °C)]$, con α cercano a $0{,}0039\ °C^{-1}$ para cobre alrededor de temperatura ambiente. La relación cambia algo con temperatura y aleación, y no sustituye los datos del fabricante. Una línea que transporta corriente se calienta por pérdidas I^2R; el aumento de temperatura vuelve a elevar R y la caída. En circuitos largos, esta realimentación importa para rendimiento y verificaciones. Las uniones envejecidas o flojas pueden calentarse mucho más que el cable debido a resistencia localizada.

Caída monofásica: ida y retorno

En una línea monofásica de dos conductores iguales, la corriente recorre ida y vuelta. Para una aproximación resistiva, $\Delta U \approx 2\cdot\rho\cdot L\cdot I/S$ si L se define como longitud de ida. Si se introduce en la fórmula la longitud total de ambos conductores, no vuelvas a multiplicar por dos. En alterna con reactancia, un cálculo simplificado de caída depende de $R\cdot\cos\varphi+X\cdot\operatorname{sen}\varphi$ para carga inductiva; signo y forma cambian con carga capacitiva. Expresa caída en voltios y como porcentaje de tensión nominal, y declara que es una aproximación.

Sistema trifásico equilibrado

En una línea trifásica equilibrada, las corrientes de línea circulan por tres conductores de fase; no se aplica el factor dos propio del recorrido monofásico. Para aproximación resistiva, una forma habitual es $\Delta U \approx \sqrt{3}\cdot I\cdot L\cdot\rho\cdot\cos\varphi/S$, con tensión de línea y longitud definida según la convención de la expresión. La reactancia añade un término con $\operatorname{sen}\varphi$. Compara siempre la ecuación con el modelo de

carga y cable. Si hay desequilibrio, neutro cargado o armónicos, el cálculo equilibrado no es suficiente.

Selección de sección con varias comprobaciones

La sección final no sale de una sola fórmula. Primero obtén corriente de diseño; después elige método de instalación, aislamiento, número de conductores cargados y condiciones ambientales. Consulta la tabla vigente que corresponda y aplica factores de corrección por temperatura, agrupamiento y otros factores aplicables. Comprueba coordinación con protección, caída de tensión, cortocircuito, calentamiento y requisitos mecánicos. Si un criterio falla, aumenta sección o replantea el recorrido y vuelve a comprobar todos los criterios. Registra tabla, edición, método y factores; en esta app la ampacidad se debe consultar en la guía vigente aplicable.

Diagnóstico de caída excesiva

Mide tensión en origen y en carga bajo el mismo régimen; registra corriente a la vez. Si la caída crece aproximadamente con corriente, aumenta sospecha sobre impedancia de cable o conexiones. Si aparece una caída localizada entre dos terminales contiguos, investiga contacto, corrosión o apriete una vez aislado. Comprueba longitud real, sección instalada, material, temperatura y carga conectada. Un valor fuera de lo esperado también puede deberse a punto de referencia equivocado o instrumento sin suficiente exactitud. Repite las medidas tras la reparación con una carga comparable.

Fórmulas de referencia de la unidad

Resistencia: $R = \rho\, L / S$ — Ω

Caída CC/1φ simplificada: $\Delta V \approx 2\, L\, I\, \rho / S$ — V

Caída %: $\Delta V\% = 100\, \Delta V / Vn$ — %

Adiabático: $I^2t \leq k^2S^2$ — protección del conductor

Ejemplo resuelto

Una línea monofásica de cobre tiene 20 m de longitud, sección 2,5 mm² y conduce 10 A. Usa ρ = 0,0175 Ω·mm²/m para estimar la caída y su porcentaje sobre 230 V.

1. Tomamos la longitud de un solo recorrido: L = 20 m; el factor 2 representa ida y vuelta.
2. Usamos la aproximación resistiva: ΔV ≈ 2LIρ/S.
3. Sustituimos: ΔV ≈ 2·20·10·0,0175/2,5.
4. Numerador: 2·20·10·0,0175 = 7; al dividir por 2,5 resulta 2,8 V.
5. Porcentaje: 100·2,8/230 = 1,217 % aproximadamente.
6. Es una estimación resistiva; un cálculo reglamentario puede incluir temperatura, reactancia y criterios de instalación.

RESULTADO DEL EJEMPLO La caída aproximada es 2,8 V, equivalente a un 1,22 % de 230 V.

Ejercicio de comprobación

Calcula la resistencia de un conductor de cobre de 30 m y 4 mm², usando ρ = 0,0175 Ω·mm²/m. Indica si el resultado representa un hilo o ida y vuelta.

SOLUCIÓN RAZONADA Para un hilo: R = ρL/S = 0,0175·30/4 = 0,13125 Ω ≈ 0,131 Ω. Ese valor es de un solo conductor. Si los

30 m son la distancia de ida de un circuito monofásico con retorno igual, la resistencia del recorrido completo será aproximadamente 0,2625 Ω.

Práctica guiada · Líneas eléctricas

Objetivo: Aplicar líneas y cables con un montaje de baja tensión o una simulación autorizada, registrando datos y justificando diferencias.

Equipo o material: ['Esquema de la práctica y fuente protegida adecuada', 'Instrumento con categoría y rango apropiados', 'Conductores y carga didáctica identificados', 'Hoja de registro, calculadora y elementos de protección requeridos']

1. Lee el esquema y localiza puntos de medida antes de conectar.
2. Con la alimentación aislada, revisa polaridad, continuidad y bornes.
3. Anota valores nominales e hipótesis; predice el orden de magnitud.
4. Conecta el circuito siguiendo el procedimiento del laboratorio y energiza solo con autorización.
5. Mide en puntos definidos, registra unidades y repite una lectura estable.
6. Desconecta, verifica el estado seguro y compara cálculo, medida y balance.
7. Explica discrepancias y redacta una conclusión que cite límites y fuentes.

QUÉ DEBE OBSERVARSE ['Esquema rotulado y procedimiento reproducible.', 'Tabla con valores previstos, medidos y diferencia relativa.', 'Conclusión que distingue dato, hipótesis e interpretación.']

Seguridad: ['No improvises conexiones en instalaciones de red ni midas tensión con el multímetro en borne de corriente.', 'Aísla, verifica ausencia de tensión y descarga elementos que puedan almacenar energía antes de manipular.', 'Detén la práctica ante calentamiento, olor, ruido anormal, lectura inesperada o protección disparada. Sigue las instrucciones del centro y del responsable.']

Pregunta de autoevaluación

La sección de un conductor se determina únicamente por caída de tensión.

A. Verdadero
B. Falso

CRITERIO DE RESPUESTA También intervienen intensidad admisible, cortocircuito, método de instalación y otros criterios.

Puente entre teoría y práctica profesional

La longitud, la corriente, el material y la sección influyen en la caída de tensión, pero la sección no se elige con una sola ecuación. También cuentan el método de instalación, agrupamiento, temperatura, aislamiento y protección. Primero verifica que el conductor soporte la corriente en esas condiciones; después comprueba caída y cortocircuito. Si falla una comprobación, aumenta sección o revisa el diseño completo.

Unidad 10 · Transformadores

Principio, relación, pérdidas y ensayos

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE Aplicar relación de transformación; Interpretar vacío y cortocircuito; Comprender rendimiento y regulación

Cómo funciona un transformador

Un transformador tiene devanados acoplados por un núcleo magnético. Una corriente alterna en el primario crea un flujo magnético variable y ese flujo induce tensión en el secundario. La frecuencia se mantiene; lo que cambia principalmente es la tensión y la corriente. Un transformador convencional necesita flujo variable, por lo que no debe alimentarse con corriente continua como si fuera una fuente de tensión normal.

Relación entre espiras y tensión

En el modelo ideal, la relación entre tensiones es igual a la relación entre el número de espiras: V1/V2 = N1/N2. Si el secundario tiene menos espiras, su tensión es menor; si tiene más, es mayor. La relación depende de cómo se conecten y del diseño. En transformadores reales hay caídas internas, así que la tensión secundaria bajo carga puede diferir del valor ideal.

Corriente y potencia

En un transformador ideal, la potencia de entrada y salida es la misma y por eso, cuando sube la tensión, baja la corriente en proporción. La relación de corrientes es inversa a la de espiras. En la realidad hay pérdidas, por lo que la potencia útil de salida es menor que la potencia absorbida. También se considera la potencia aparente nominal en VA, además de las tensiones y corrientes de placa.

Pérdidas en el núcleo y los devanados

Las pérdidas en el hierro se relacionan con el campo alterno del núcleo e incluyen histéresis y corrientes parásitas. Las pérdidas en cobre se producen por la resistencia de los devanados y crecen aproximadamente con el cuadrado de la corriente. El transformador también presenta pérdidas dispersas y calentamiento. Estas pérdidas explican por qué su rendimiento es alto pero inferior al 100 %.

Ensayo en vacío

En el ensayo en vacío se deja abierto un devanado, normalmente el secundario, y se alimenta el otro a su tensión de ensayo. Se mide una corriente pequeña y la potencia absorbida aproxima sobre todo las pérdidas en el hierro, bajo las condiciones del ensayo. El ensayo requiere instrumentación y procedimiento adecuados; esta explicación es conceptual y no autoriza a trabajar en tensión sin medidas de seguridad.

Ensayo de cortocircuito y rendimiento

En el ensayo de cortocircuito se cortocircuita un devanado mediante un montaje controlado y se aplica una tensión reducida hasta obtener la corriente de ensayo. La potencia medida permite

estimar principalmente pérdidas en cobre. El rendimiento se calcula como potencia útil de salida dividida entre potencia de entrada. Para comparar equipos hay que indicar carga y condiciones, porque las pérdidas cambian según el punto de funcionamiento.

1 · Mapa conceptual

En esta unidad estudiamos transformadores. El hilo conductor son inducción mutua, relación de espiras, pérdidas y conexión. Antes de memorizar expresiones, dibuja el sistema y marca sus entradas, salidas y fronteras. Un esquema pequeño con referencias claras suele revelar si una magnitud pertenece a una fuente, una carga o un intervalo de medida. En el modelo ideal la potencia se conserva; en el equipo real parte se convierte en calor y flujo disperso.

2 · Modelo físico y límites

En el modelo ideal la potencia se conserva; en el equipo real parte se convierte en calor y flujo disperso. El modelo de cálculo simplifica una realidad física: componentes ideales, condiciones iniciales, equilibrio o temperatura fijada. Indica siempre cuáles son esas hipótesis. Si los datos no respetan el modelo, cambia la representación o utiliza una medición más completa en lugar de forzar una fórmula. En transformadores, conocer el límite del modelo evita obtener un número correcto para una situación mal descrita.

3 · Ruta de resolución paso a paso

Lee placa, verifica primario y secundario, calcula relación y contrasta tensiones sin superar límites. Después de obtener el resultado, comprueba unidades y coherencia física. Pregunta qué ocurriría si duplicaras la carga o redujeras la sección; la tendencia debe coincidir con el comportamiento esperado. Si una ecuación entrega una cifra sorprendente, revisa conversiones, prefijos, condiciones nominales y si confundiste valores de línea y de fase o magnitudes instantáneas y eficaces.

4 · Lectura de la medida

Realiza ensayos solo según procedimiento y con protección, instrumentos y fuente adecuados. Deja que el circuito alcance una condición estable cuando la prueba lo requiera y anota simultáneamente los valores relacionados. Registra el punto exacto, el rango y el estado de carga. Repetir una lectura sin cambiar las condiciones permite estimar su estabilidad; comparar lecturas tomadas en condiciones distintas no demuestra por sí solo una avería.

5 · Diagnóstico técnico

El ensayo de cortocircuito utiliza tensión reducida y supervisada; no improvises su montaje. Comienza con observaciones visuales y de placa con el equipo desenergizado. Formula al menos dos causas posibles y elige una prueba que las separe. Cambia una condición cada vez. Tras cualquier corrección repite la medición inicial y otra prueba funcional. Así se comprueba el efecto de la reparación y se evita confundir coincidencia temporal con causa real.

6 · Aplicación en instalación

Registra grupo vectorial, tomas, potencia, frecuencia y condiciones del ensayo. Lleva el resultado a una decisión concreta: seleccionar un componente, proponer una medida, ajustar un esquema o justificar una verificación. Indica qué dato falta para cerrar la decisión y dónde se obtendría. Si entra en juego dimensionado reglamentario, anota norma, guía, tabla y edición vigente que aplicaste; el material didáctico no sustituye esa comprobación.

7 · Comprobación por balance

Comprueba el balance del sistema: corrientes en un nodo, tensiones alrededor de una malla, potencia de entrada y salida o energía acumulada durante el ensayo, según corresponda. Las diferencias pequeñas pueden deberse a pérdidas, tolerancia e incertidumbre; diferencias grandes señalan una hipótesis, conexión o lectura que debe revisarse. Escribe la diferencia y explica qué mecanismo físico puede producirla.

8 · Vocabulario y comunicación

Explica el resultado en una frase completa: qué se midió o calculó, dónde, bajo qué condición y qué significa para transformadores. Distingue valor nominal, valor medido y valor calculado. Añade unidades y redondea con criterio. Esta práctica permite que otra persona reproduzca el trabajo y detecte si la conclusión depende de una hipótesis aún no verificada.

FEM inducida y relación de espiras

Para una tensión sinusoidal, el valor eficaz inducido depende de frecuencia, espiras y flujo máximo: $E \approx 4{,}44 \cdot f \cdot N \cdot \Phi_{máx}$ para una onda aproximadamente sinusoidal. Si se aumenta tensión sin aumentar frecuencia, crece flujo y puede saturarse el núcleo; si se reduce frecuencia manteniendo tensión, aumenta V/f y también el riesgo de saturación. La relación $V1/V2 \approx N1/N2$ corresponde al transformador ideal y a tensiones de devanado compatibles. En equipo trifásico, primero distingue tensión de línea y de fase, y considera grupo de conexión.

Transformador real y circuito equivalente

El circuito equivalente recoge resistencia y reactancia de devanados, rama de magnetización y pérdidas del núcleo. La caída bajo carga depende de impedancia equivalente y factor de potencia; por ello la tensión secundaria cambia cuando se conecta una carga. El cobre genera pérdidas aproximadamente I^2R y el hierro incluye histéresis y corrientes parásitas. Un rendimiento máximo ocurre cuando las pérdidas variables y constantes tienen una relación adecuada para la carga, no necesariamente a plena carga. La refrigeración limita elevación térmica y vida del aislamiento.

Ensayo en vacío con criterio

Al dejar abierto el secundario y aplicar tensión nominal a frecuencia nominal, la corriente es pequeña pero no nula. La potencia activa medida representa principalmente pérdidas en el núcleo más pérdidas de cobre de vacío. Anota lado alimentado, tensión, frecuencia, corriente y potencia. Un voltaje distinto puede alterar el flujo y hacer que el ensayo no sea comparable. Utiliza instrumentos adecuados a factor de potencia bajo, porque pequeños errores de fase afectan la potencia. El resultado ayuda a determinar rama magnetizante y pérdidas en hierro.

Ensayo de cortocircuito

Con un devanado en cortocircuito según el montaje de ensayo, se aplica tensión reducida al otro hasta alcanzar corriente de prueba definida. La potencia medida se asocia principalmente a pérdidas de cobre a esa corriente; el voltaje y corriente permiten obtener impedancia equivalente referida al lado ensayado. Mantén la prueba supervisada y limita energía y duración. Una tensión nominal en ese montaje produciría corriente excesiva. Registra relación de transformación, lado de alimentación y temperatura, y lleva los parámetros a una misma base antes de compararlos.

Impedancia porcentual y cortocircuito

La impedancia porcentual expresa la tensión porcentual necesaria para producir corriente nominal con el secundario en cortocircuito. Si el transformador se conecta a una red rígida, limita la corriente de cortocircuito en sus bornes; una estimación simple es Icc≈In·100/Z%. La red aguas arriba también limita corriente, por lo que el resultado real requiere combinar impedancias. No confundas la impedancia porcentual con la caída normal a carga. Protecciones, selectividad y capacidad de corte se comprueban con el nivel de cortocircuito disponible.

Grupo vectorial y paralelo

El grupo vectorial especifica conexión y desplazamiento angular entre tensiones primaria y secundaria. Dos equipos en paralelo necesitan tensiones secundarias compatibles en magnitud, secuencia y fase; además deben tener relación de transformación próxima, polaridad correcta e impedancias porcentuales compatibles. Si las tensiones difieren, circula corriente incluso sin carga. Si el desfase no coincide, la conexión puede comportarse como cortocircuito entre fases. Verifica placa, secuencia y polaridad mediante procedimiento de puesta en servicio antes de acoplar. No infieras compatibilidad solamente porque ambos transformadores sean de igual potencia.

Fórmulas de referencia de la unidad

Relación: $m = V1/V2 = N1/N2$ — ideal

Corrientes: $I1/I2 = N2/N1$ — ideal

Rendimiento: $\eta = P2/P1$ — pu o %

Potencia ideal: $V1\ I1 \approx V2\ I2$ — VA

Ejemplo resuelto

Un transformador ideal tiene 920 espiras en el primario y trabaja a 230 V. El secundario debe entregar 24 V. Calcula el número aproximado de espiras secundarias.

1. La relación ideal es V1/V2 = N1/N2.
2. Despejamos N2: N2 = N1·V2/V1.
3. Sustituimos: N2 = 920·24/230.
4. Como 920/230 = 4, resulta N2 = 4·24 = 96.
5. En un equipo real, la tensión en carga y el diseño pueden requerir ajustes; el cálculo aquí es ideal.

RESULTADO DEL EJEMPLO El secundario necesita aproximadamente 96 espiras en el modelo ideal.

Ejercicio de comprobación

Un transformador ideal 230/115 V entrega 4 A al secundario. Calcula la corriente primaria y la potencia aparente ideal.

SOLUCIÓN RAZONADA La relación de tensión es 230/115 = 2, así que la corriente primaria es la mitad: I1 = 2 A. La potencia ideal se conserva: S1 = 230·2 = 460 VA y S2 = 115·4 = 460 VA.

Práctica guiada · Transformadores

Objetivo: Aplicar transformadores con un montaje de baja tensión o una simulación autorizada, registrando datos y justificando diferencias.

Equipo o material: ['Esquema de la práctica y fuente protegida adecuada', 'Instrumento con categoría y rango apropiados', 'Conductores y carga didáctica identificados', 'Hoja de registro, calculadora y elementos de protección requeridos']

1. Lee el esquema y localiza puntos de medida antes de conectar.
2. Con la alimentación aislada, revisa polaridad, continuidad y bornes.
3. Anota valores nominales e hipótesis; predice el orden de magnitud.
4. Conecta el circuito siguiendo el procedimiento del laboratorio y energiza solo con autorización.
5. Mide en puntos definidos, registra unidades y repite una lectura estable.
6. Desconecta, verifica el estado seguro y compara cálculo, medida y balance.
7. Explica discrepancias y redacta una conclusión que cite límites y fuentes.

QUÉ DEBE OBSERVARSE ['Esquema rotulado y procedimiento reproducible.', 'Tabla con valores previstos, medidos y diferencia relativa.', 'Conclusión que distingue dato, hipótesis e interpretación.']

Seguridad: ['No improvises conexiones en instalaciones de red ni midas tensión con el multímetro en borne de corriente.', 'Aísla, verifica ausencia de tensión y descarga elementos que puedan almacenar energía antes de manipular.', 'Detén la práctica ante calentamiento, olor, ruido anormal, lectura inesperada o protección disparada. Sigue las instrucciones del centro y del responsable.']

Pregunta de autoevaluación

El ensayo en vacío se usa principalmente para estimar…

A. Pérdidas en hierro
B. Corriente de cortocircuito de red
C. Resistencia de aislamiento
D. Potencia mecánica

CRITERIO DE RESPUESTA Con secundario abierto, la corriente es pequeña y las pérdidas dominantes son las del hierro.

Puente entre teoría y práctica profesional

El transformador transfiere energía mediante un flujo magnético común, y su relación de espiras aproxima la relación entre tensiones. La corriente cambia en sentido inverso cuando se conserva la potencia ideal, aunque un equipo real tiene pérdidas y regulación. Usa la placa para reconocer potencia, tensiones y frecuencia; no deduzcas que una relación válida en vacío se mantiene exactamente igual bajo carga.

Unidad 11 · Máquinas eléctricas

Motores, generadores y aplicaciones

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE Distinguir familias de máquinas; Relacionar par, velocidad y potencia; Interpretar datos de placa y comportamiento

Conversión entre electricidad y movimiento

Una máquina eléctrica convierte energía eléctrica en mecánica cuando funciona como motor, o energía mecánica en eléctrica cuando funciona como generador. La conversión se apoya en campos magnéticos y conductores. En cualquier máquina real hay pérdidas y calentamiento: la potencia útil de salida es menor que la absorbida. Los datos de placa indican límites y condiciones de funcionamiento; hay que leer tensión, corriente, potencia, frecuencia, velocidad y conexión.

Campo giratorio y motor asíncrono

En un motor asíncrono trifásico, las corrientes del estator crean un campo magnético que gira. Ese campo induce corriente en el rotor y la interacción produce par. El rotor debe girar a una velocidad algo distinta de la del campo para que haya inducción; por eso no alcanza exactamente la velocidad síncrona mientras entrega par en funcionamiento normal.

Velocidad síncrona

La velocidad síncrona depende de la frecuencia de alimentación y del número de polos magnéticos: ns = 120f/p, si f está en hercios y p cuenta polos. A 50 Hz, un motor de cuatro polos tiene una velocidad síncrona de 1500 rpm. Es la velocidad del campo giratorio, no necesariamente la velocidad real del eje. Si aumenta el número de polos, la velocidad síncrona disminuye.

Deslizamiento

El deslizamiento compara la diferencia entre velocidad síncrona y velocidad del rotor con la velocidad síncrona: s = (ns−n)/ns. Si el rotor girara exactamente a ns, no habría velocidad relativa entre campo y rotor y no se induciría corriente de la forma necesaria para producir par. Con carga, el rotor suele ralentizarse ligeramente y el deslizamiento aumenta. El valor debe interpretarse en el punto de funcionamiento.

Par y potencia mecánica

El par T mide el efecto de giro y suele expresarse en newton metro. La potencia mecánica se obtiene multiplicando el par por la velocidad angular en radianes por segundo: P = T·ω. Si se usa velocidad en rpm, primero se convierte a rad/s con ω = 2πn/60. A igual potencia, un eje más lento necesita más par. La eficiencia compara potencia útil con potencia absorbida.

Generadores y máquinas de corriente continua

Un generador produce tensión cuando conductores y campo magnético tienen movimiento relativo; en alternadores, el rotor y el estator se organizan para generar una señal alterna, a menudo trifásica. Las máquinas de corriente continua permiten estudiar claramente las relaciones entre

flujo, corriente, fuerza y par. Los distintos tipos de excitación cambian su comportamiento. En todos los casos, la aplicación debe respetar placa, refrigeración y protecciones.

1 · Mapa conceptual

En esta unidad estudiamos máquinas eléctricas. El hilo conductor son conversión de energía, motor, generador, par y velocidad. Antes de memorizar expresiones, dibuja el sistema y marca sus entradas, salidas y fronteras. Un esquema pequeño con referencias claras suele revelar si una magnitud pertenece a una fuente, una carga o un intervalo de medida. El punto de operación resulta del equilibrio entre par electromagnético y par de carga.

2 · Modelo físico y límites

El punto de operación resulta del equilibrio entre par electromagnético y par de carga. El modelo de cálculo simplifica una realidad física: componentes ideales, condiciones iniciales, equilibrio o temperatura fijada. Indica siempre cuáles son esas hipótesis. Si los datos no respetan el modelo, cambia la representación o utiliza una medición más completa en lugar de forzar una fórmula. En máquinas eléctricas, conocer el límite del modelo evita obtener un número correcto para una situación mal descrita.

3 · Ruta de resolución paso a paso

Usa placa y curva para vincular tensión, conexión, velocidad, par, corriente y régimen. Después de obtener el resultado, comprueba unidades y coherencia física. Pregunta qué ocurriría si duplicaras la carga o redujeras la sección; la tendencia debe coincidir con el comportamiento esperado. Si una ecuación entrega una cifra sorprendente, revisa conversiones, prefijos, condiciones nominales y si confundiste valores de línea y de fase o magnitudes instantáneas y eficaces.

4 · Lectura de la medida

Mide por fase y compara desequilibrio, corriente, temperatura y velocidad con carga conocida. Deja que el circuito alcance una condición estable cuando la prueba lo requiera y anota simultáneamente los valores relacionados. Registra el punto exacto, el rango y el estado de carga. Repetir una lectura sin cambiar las condiciones permite estimar su estabilidad; comparar lecturas tomadas en condiciones distintas no demuestra por sí solo una avería.

5 · Diagnóstico técnico

Arranques repetidos pueden acumular temperatura; respeta límites de fabricante y protecciones. Comienza con observaciones visuales y de placa con el equipo desenergizado. Formula al menos dos causas posibles y elige una prueba que las separe. Cambia una condición cada vez. Tras cualquier corrección repite la medición inicial y otra prueba funcional. Así se comprueba el efecto de la reparación y se evita confundir coincidencia temporal con causa real.

6 · Aplicación en instalación

Registra estado de carga al medir; una comparación sin la misma carga puede engañar. Lleva el resultado a una decisión concreta: seleccionar un componente, proponer una medida, ajustar un esquema o justificar una verificación. Indica qué dato falta para cerrar la decisión y dónde se obtendría. Si entra en juego dimensionado reglamentario, anota norma, guía, tabla y edición vigente que aplicaste; el material didáctico no sustituye esa comprobación.

7 · Comprobación por balance

Comprueba el balance del sistema: corrientes en un nodo, tensiones alrededor de una malla, potencia de entrada y salida o energía acumulada durante el ensayo, según corresponda. Las diferencias pequeñas pueden deberse a pérdidas, tolerancia e incertidumbre; diferencias grandes señalan una hipótesis, conexión o lectura que debe revisarse. Escribe la diferencia y explica qué mecanismo físico puede producirla.

8 · Vocabulario y comunicación

Explica el resultado en una frase completa: qué se midió o calculó, dónde, bajo qué condición y qué significa para máquinas eléctricas. Distingue valor nominal, valor medido y valor calculado. Añade unidades y redondea con criterio. Esta práctica permite que otra persona reproduzca el trabajo y detecte si la conclusión depende de una hipótesis aún no verificada.

Velocidad síncrona y frecuencia

El campo giratorio de una máquina de p pares de polos y frecuencia f gira a ns=60f/p rpm. En una máquina síncrona, el rotor en régimen estable gira a esta velocidad. En una máquina de inducción, el rotor necesita deslizar con respecto al campo para que se induzca corriente y aparezca par, por lo que su velocidad es menor en modo motor. El número de polos se obtiene del diagrama de bobinados o placa; no confundas pares de polos con número de polos.

Par, velocidad y potencia mecánica

La potencia en el eje se relaciona con par y velocidad angular: P=T·ω, con ω=2πn/60 si n está en rpm. Si P se expresa en kW, una aproximación práctica es T[N·m]=9550·P[kW]/n[rpm]. El par de arranque, par máximo y par nominal describen puntos distintos de una curva. Un motor puede tener potencia suficiente en régimen pero no el par de arranque necesario para una carga pesada. Evalúa aceleración, inercia y carga resistente.

Máquina CC: fuerza contraelectromotriz

En un motor de CC, la tensión aplicada se reparte entre fuerza contraelectromotriz E, caída en inducido I·Ra y otros términos: V≈E+I·Ra. E crece con flujo y velocidad. Al arrancar, la velocidad y E son casi cero, por lo que la corriente puede ser elevada; se requiere limitación o un arrancador apropiado. La regulación de velocidad depende de tensión de armadura y flujo, con límites térmicos y de conmutación. Un cambio de escobillas o colector exige mantenimiento según fabricante.

Motor asíncrono: deslizamiento y par

El deslizamiento s=(ns−n)/ns es cero a velocidad síncrona ideal. En rotor de jaula, un pequeño deslizamiento induce corriente y crea par. Al crecer carga, aumenta deslizamiento hasta un punto; sobrepasado el par máximo, la máquina puede perder estabilidad y detenerse con corriente elevada. En arranque, s≈1. La curva par-velocidad depende de tensión, frecuencia, resistencia de rotor y diseño. Reducir tensión de alimentación puede disminuir el par aproximadamente con el cuadrado de tensión en ciertas condiciones.

Alternador y máquina síncrona

En un alternador, la excitación del rotor establece un campo que gira respecto al estator y produce tensión alterna. Frecuencia y velocidad están ligadas a número de polos. La excitación influye en tensión y potencia reactiva; el par de accionamiento se asocia a potencia activa. Conectarse a una red requiere igualar tensión, frecuencia, secuencia y ángulo antes de cerrar interruptor. Una

máquina síncrona conectada no puede sincronizarse “a ojo”; requiere equipo y procedimiento específicos.

Arranque, frenado y protección térmica

El arranque puede exigir varias veces la corriente nominal y durar más si la carga tiene gran inercia. La estrategia —directa, estrella-triángulo, autotransformador, arrancador suave o variador — debe cumplir corriente permitida y par requerido. La protección térmica se coordina con corriente de placa, clase de servicio, ciclos de arranque y condiciones ambientales. Arranques repetidos acumulan calor en rotor y estator. Registra corriente por fase, tiempo de aceleración, velocidad y carga; dispara una protección por causa antes de aumentar su ajuste.

Fórmulas de referencia de la unidad

Potencia mecánica: $P = T \cdot \omega$ — W

Velocidad síncrona: $n_s = 120\, f / p$ — rpm

Deslizamiento: $s = (n_s - n) / n_s$ — pu

Rendimiento: $\eta = P_{útil} / P_{abs}$ — %

Ejemplo resuelto

Un motor asíncrono de cuatro polos se conecta a una red de 50 Hz y gira a 1440 rpm. Calcula la velocidad síncrona y el deslizamiento porcentual.

1. Calculamos la velocidad del campo: $n_s = 120f/p = 120 \cdot 50/4 = 1500$ rpm.
2. Diferencia de velocidad: $n_s - n = 1500 - 1440 = 60$ rpm.
3. Deslizamiento en tanto por uno: $s = 60/1500 = 0{,}04$.
4. En porcentaje: $0{,}04 \cdot 100 = 4$ %.
5. El rotor va por debajo del campo, como se espera en un motor asíncrono que entrega par.

RESULTADO DEL EJEMPLO $n_s = 1500$ rpm y el deslizamiento es 4 %.

Ejercicio de comprobación

Un motor entrega un par de 10 N·m a 1500 rpm. Calcula su potencia mecánica aproximada en vatios y kilovatios.

SOLUCIÓN RAZONADA Convertimos velocidad: $\omega = 2\pi n/60 = 2\pi \cdot 1500/60 = 50\pi \approx 157{,}1$ rad/s. $P = T \cdot \omega = 10 \cdot 157{,}1 = 1571$ W $\approx 1{,}57$ kW. Se trata de potencia mecánica en el eje.

Práctica guiada · Máquinas eléctricas

Objetivo: Aplicar máquinas eléctricas con un montaje de baja tensión o una simulación autorizada, registrando datos y justificando diferencias.

Equipo o material: ['Esquema de la práctica y fuente protegida adecuada', 'Instrumento con categoría y rango apropiados', 'Conductores y carga didáctica identificados', 'Hoja de registro, calculadora y elementos de protección requeridos']

1. Lee el esquema y localiza puntos de medida antes de conectar.
2. Con la alimentación aislada, revisa polaridad, continuidad y bornes.

3. Anota valores nominales e hipótesis; predice el orden de magnitud.
4. Conecta el circuito siguiendo el procedimiento del laboratorio y energiza solo con autorización.
5. Mide en puntos definidos, registra unidades y repite una lectura estable.
6. Desconecta, verifica el estado seguro y compara cálculo, medida y balance.
7. Explica discrepancias y redacta una conclusión que cite límites y fuentes.

QUÉ DEBE OBSERVARSE ['Esquema rotulado y procedimiento reproducible.', 'Tabla con valores previstos, medidos y diferencia relativa.', 'Conclusión que distingue dato, hipótesis e interpretación.']

Seguridad: ['No improvises conexiones en instalaciones de red ni midas tensión con el multímetro en borne de corriente.', 'Aísla, verifica ausencia de tensión y descarga elementos que puedan almacenar energía antes de manipular.', 'Detén la práctica ante calentamiento, olor, ruido anormal, lectura inesperada o protección disparada. Sigue las instrucciones del centro y del responsable.']

Pregunta de autoevaluación

Un motor asíncrono en carga gira normalmente…

A. Exactamente a ns
B. Algo por debajo de ns
C. Muy por encima de ns
D. Siempre a 0 rpm

CRITERIO DE RESPUESTA Necesita deslizamiento para inducir corriente y producir par.

Puente entre teoría y práctica profesional

Las máquinas eléctricas convierten energía entre forma eléctrica y mecánica mediante campos magnéticos. En un motor, la corriente produce par; en un generador, el movimiento induce tensión. El principio común ayuda a entender por qué importan el régimen de carga, la refrigeración y el mantenimiento. Relaciona siempre magnitudes eléctricas medidas con velocidad, par y temperatura antes de concluir que la máquina funciona correctamente.

Unidad 12 · Medidas eléctricas avanzadas

Instrumentación, potencia, energía, factor de potencia y armónicos

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE Elegir y conectar instrumentos con seguridad; Distinguir potencia activa, reactiva y aparente; Interpretar formas de onda, energía y calidad eléctrica

La medida empieza por la pregunta

Antes de conectar un equipo, concreta qué magnitud necesitas, en qué punto, con qué rango y durante cuánto tiempo. Un multímetro sirve para una lectura puntual de tensión o resistencia; una pinza permite observar corriente sin abrir el circuito; un analizador registra varias magnitudes y su evolución. La precisión del número mostrado no compensa una conexión equivocada ni una escala inadecuada.

Multímetro: bornes y función

En tensión, las puntas se colocan en paralelo con el elemento y el cable rojo va al borne de voltios. Para medir corriente, el instrumento se intercala en serie o se utiliza una pinza; conectar un multímetro configurado como amperímetro directamente entre fase y neutro puede provocar un cortocircuito. Comprueba categoría, rango, estado de puntas y tipo de señal antes de medir.

Pinza amperimétrica

La pinza mide el campo magnético asociado a la corriente que atraviesa su mordaza. Debe abrazar un solo conductor: si rodea fase y neutro juntos, los campos suelen compensarse y la lectura resulta próxima a cero. En corriente alterna, revisa si el aparato mide valor eficaz real (true RMS), especialmente cuando la forma de onda no es sinusoidal.

Potencia y energía no son lo mismo

La potencia activa P, en vatios, expresa el ritmo al que se transforma energía útil. La energía E acumula esa potencia durante un intervalo y se factura, por ejemplo, en kWh. En alterna sinusoidal aparecen además potencia reactiva Q, medida en var, y potencia aparente S, medida en VA. No intercambies estas magnitudes al leer una placa o un contador.

Factor de potencia

En un receptor lineal y sinusoidal, cos φ relaciona P con S y describe el desfase entre tensión y corriente. Con cargas no lineales, el factor de potencia total también se deteriora por distorsión armónica; por ello, un cos φ de desplazamiento alto no garantiza por sí solo un buen factor de potencia global. El analizador puede separar ambos efectos.

Armónicos y forma de onda

Una carga electrónica puede consumir corriente en pulsos aunque la tensión sea casi sinusoidal. Esa corriente se descompone en una componente fundamental y armónicos de frecuencia múltiplo. El valor RMS total incorpora todas las componentes y ayuda a valorar el calentamiento, pero para entender la causa conviene observar espectro, THD, forma de onda y condiciones de carga.

Registro y trazabilidad

Una medición útil incluye valor, unidad, punto, fecha, estado de la instalación, instrumento, rango y método. Para comparar antes y después de una reparación, mantén condiciones semejantes y conserva las lecturas originales. Una tabla clara permite detectar patrones que se pierden en una colección de números sin contexto.

Límites de la lectura

Todo instrumento tiene resolución, incertidumbre, ancho de banda y categoría de seguridad. La lectura puede variar por posición de pinza, carga que cambia, factor de cresta o conexión deficiente. Anota si se trata de una medida directa, calculada o estimada y evita presentar más decimales de los que justifican el equipo y el procedimiento.

1 · Mapa conceptual

En esta unidad estudiamos medidas eléctricas avanzadas. El hilo conductor son potencia, energía, calidad de onda y armónicos. Antes de memorizar expresiones, dibuja el sistema y marca sus entradas, salidas y fronteras. Un esquema pequeño con referencias claras suele revelar si una magnitud pertenece a una fuente, una carga o un intervalo de medida. La lectura debe relacionarse con el objetivo de medida, el punto, el instrumento y el período observado.

2 · Modelo físico y límites

La lectura debe relacionarse con el objetivo de medida, el punto, el instrumento y el período observado. El modelo de cálculo simplifica una realidad física: componentes ideales, condiciones iniciales, equilibrio o temperatura fijada. Indica siempre cuáles son esas hipótesis. Si los datos no respetan el modelo, cambia la representación o utiliza una medición más completa en lugar de forzar una fórmula. En medidas eléctricas avanzadas, conocer el límite del modelo evita obtener un número correcto para una situación mal descrita.

3 · Ruta de resolución paso a paso

Planifica canales, rangos y duración; luego compara rms, p, q, s, cos φ y espectro. Después de obtener el resultado, comprueba unidades y coherencia física. Pregunta qué ocurriría si duplicaras la carga o redujeras la sección; la tendencia debe coincidir con el comportamiento esperado. Si una ecuación entrega una cifra sorprendente, revisa conversiones, prefijos, condiciones nominales y si confundiste valores de línea y de fase o magnitudes instantáneas y eficaces.

4 · Lectura de la medida

Mide un conductor individual con pinza y registra perfil sin alterar la instalación. Deja que el circuito alcance una condición estable cuando la prueba lo requiera y anota simultáneamente los valores relacionados. Registra el punto exacto, el rango y el estado de carga. Repetir una lectura sin cambiar las condiciones permite estimar su estabilidad; comparar lecturas tomadas en condiciones distintas no demuestra por sí solo una avería.

5 · Diagnóstico técnico

Si u e i son no sinusoidales, p no se obtiene necesariamente de u·i·cos φ simple. Comienza con observaciones visuales y de placa con el equipo desenergizado. Formula al menos dos causas posibles y elige una prueba que las separe. Cambia una condición cada vez. Tras cualquier corrección repite la medición inicial y otra prueba funcional. Así se comprueba el efecto de la reparación y se evita confundir coincidencia temporal con causa real.

6 · Aplicación en instalación

Distingue potencia instantánea, media y energía acumulada. Lleva el resultado a una decisión concreta: seleccionar un componente, proponer una medida, ajustar un esquema o justificar una verificación. Indica qué dato falta para cerrar la decisión y dónde se obtendría. Si entra en juego dimensionado reglamentario, anota norma, guía, tabla y edición vigente que aplicaste; el material didáctico no sustituye esa comprobación.

7 · Comprobación por balance

Comprueba el balance del sistema: corrientes en un nodo, tensiones alrededor de una malla, potencia de entrada y salida o energía acumulada durante el ensayo, según corresponda. Las diferencias pequeñas pueden deberse a pérdidas, tolerancia e incertidumbre; diferencias grandes señalan una hipótesis, conexión o lectura que debe revisarse. Escribe la diferencia y explica qué mecanismo físico puede producirla.

8 · Vocabulario y comunicación

Explica el resultado en una frase completa: qué se midió o calculó, dónde, bajo qué condición y qué significa para medidas eléctricas avanzadas. Distingue valor nominal, valor medido y valor calculado. Añade unidades y redondea con criterio. Esta práctica permite que otra persona reproduzca el trabajo y detecte si la conclusión depende de una hipótesis aún no verificada.

RMS verdadero, factor de cresta y bandas

Una señal distorsionada puede tener valor medio casi nulo y, sin embargo, corriente RMS alta. El cálculo RMS se basa en raíz de la media del cuadrado de la señal: $X_{rms}=\sqrt{(1/T\int x^2 dt)}$. Un instrumento promedio calibrado para seno puede dar error con formas pulsantes. El factor de cresta es pico/RMS; si excede la capacidad del instrumento, la lectura puede ser incorrecta aunque el rango nominal no se sobrepase. Revisa ancho de banda, factor de cresta y especificación true RMS.

Potencia activa con ondas distorsionadas

La potencia activa media se obtiene como promedio temporal de $v(t)i(t)$. Para señales no sinusoidales, no es correcto asumir siempre $P=U\cdot I\cdot\cos\varphi$ de una única fundamental. El analizador puede descomponer tensión y corriente por armónico, calcular factor de potencia total y $\cos\varphi$ de desplazamiento, y mostrar potencia fundamental. La diferencia revela distorsión. Para comparar equipos, usa conexiones correctas de fases y comprueba si el aparato emplea método de dos o tres vatímetros. Documenta frecuencia de muestreo y período de integración cuando importen transitorios.

Armónicos y consecuencias térmicas

Una carga no lineal consume corriente con forma distinta a la tensión y genera armónicos. El 3.º armónico y múltiplos de tres pueden sumarse en el neutro de sistemas trifásicos equilibrados. Armónicos incrementan pérdidas por efecto pelicular, proximidad y corrientes parásitas, además de calentar transformadores y condensadores. THD es una medida resumida, pero no sustituye el espectro individual ni el valor RMS. Una lectura alta orienta una investigación de fuentes y perfiles de carga; no identifica por sí sola cuál equipo es responsable.

Registro de energía y perfil temporal

El contador de energía integra potencia a lo largo del tiempo. Un analizador portátil puede registrar valores cada segundo, minuto o período configurado; la selección determina si detecta picos breves o solo tendencia lenta. Antes de una campaña fija duración, variables, intervalo, sincronización

horaria y puntos de medida. Registra cambios de producción y carga para no atribuir a una intervención variaciones que dependen del proceso. Compara energía en períodos de actividad equivalente y explica las diferencias de datos faltantes.

Transformadores de medida

Un transformador de corriente adapta corriente primaria a un valor secundario de medida, y un transformador de tensión reduce tensión para instrumentos y protección. Cada uno tiene relación, clase de exactitud y carga nominal. Mantén polaridad P1/P2 y S1/S2 coherente; invertirla cambia signo de potencia. El secundario de un transformador de corriente no se abre mientras circula corriente primaria, porque podría elevarse su tensión. Sigue la secuencia de cortocircuitar el secundario antes de desconectar instrumento cuando el procedimiento lo indique.

Diagnóstico con analizador de redes

Para diagnosticar una anomalía, sincroniza tensiones y corrientes, verifica asignación de fases y confirma sentido de pinzas. Registra tensión RMS, desequilibrio, corriente RMS, P, Q, S, factor de potencia, frecuencia y espectro durante un período representativo. Compara eventos con operación de variadores, soldadura, cargas electrónicas y maniobras. Si el analizador muestra factor de potencia bajo, determina si predomina desfase o distorsión antes de proponer compensación. Repite bajo condición estable para distinguir problema persistente de evento puntual.

Fórmulas de referencia de la unidad

Potencia activa monofásica: $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$ — Receptor sinusoidal lineal; P en W.

Potencia aparente: $S = U \cdot I$ — Monofásica; S en VA.

Triángulo de potencias: $S^2 = P^2 + Q^2$ — Modelo sinusoidal.

Energía eléctrica: $E = P \cdot t$ — Si P está en kW y t en h, E queda en kWh.

Distorsión armónica total: $THD_i = \sqrt{(I_2^2 + I_3^2 + \ldots)} / I_1$ — Expresada como fracción o porcentaje; revisar definición del equipo.

Ejemplo resuelto

Un receptor monofásico absorbe 6 A a 230 V con cos φ = 0,80 durante 5 h. Calcula S, P y la energía activa aproximada.

1. Anota U = 230 V, I = 6 A, cos φ = 0,80 y t = 5 h.
2. Calcula S = U·I = 230·6 = 1 380 VA.
3. Calcula P = S·cos φ = 1 380·0,80 = 1 104 W = 1,104 kW.
4. Calcula E = P·t = 1,104·5 = 5,52 kWh.
5. Aclara que el resultado supone que la potencia se mantiene estable durante el intervalo.

RESULTADO DEL EJEMPLO S = 1,38 kVA; P = 1,104 kW; E ≈ 5,52 kWh.

Ejercicio de comprobación

Una pinza marca corriente muy baja cuando rodea un cable que contiene fase y neutro. Explica la causa y cómo repetir la medida correctamente.

SOLUCIÓN RAZONADA Los campos de ambos conductores son opuestos y se compensan aproximadamente. Mide abrazando solo fase o solo neutro, con la mordaza cerrada y dentro del rango adecuado. No peles el cable ni alteres una

instalación energizada para acceder a los conductores.

Práctica guiada · Medidas eléctricas avanzadas

Objetivo: Aplicar medidas eléctricas avanzadas con un montaje de baja tensión o una simulación autorizada, registrando datos y justificando diferencias.

Equipo o material: ['Esquema de la práctica y fuente protegida adecuada', 'Instrumento con categoría y rango apropiados', 'Conductores y carga didáctica identificados', 'Hoja de registro, calculadora y elementos de protección requeridos']

1. Lee el esquema y localiza puntos de medida antes de conectar.
2. Con la alimentación aislada, revisa polaridad, continuidad y bornes.
3. Anota valores nominales e hipótesis; predice el orden de magnitud.
4. Conecta el circuito siguiendo el procedimiento del laboratorio y energiza solo con autorización.
5. Mide en puntos definidos, registra unidades y repite una lectura estable.
6. Desconecta, verifica el estado seguro y compara cálculo, medida y balance.
7. Explica discrepancias y redacta una conclusión que cite límites y fuentes.

QUÉ DEBE OBSERVARSE ['Esquema rotulado y procedimiento reproducible.', 'Tabla con valores previstos, medidos y diferencia relativa.', 'Conclusión que distingue dato, hipótesis e interpretación.']

Seguridad: ['No improvises conexiones en instalaciones de red ni midas tensión con el multímetro en borne de corriente.', 'Aísla, verifica ausencia de tensión y descarga elementos que puedan almacenar energía antes de manipular.', 'Detén la práctica ante calentamiento, olor, ruido anormal, lectura inesperada o protección disparada. Sigue las instrucciones del centro y del responsable.']

Pregunta de autoevaluación

¿Cómo se mide correctamente la corriente con una pinza amperimétrica?

A. Abrazando fase y neutro juntos
B. Abrazando un solo conductor
C. Conectando la pinza en paralelo a la carga
D. Abriendo la mordaza alrededor del cable y dejándola abierta

CRITERIO DE RESPUESTA La pinza debe rodear un conductor. La suma de corrientes de ida y vuelta tiende a anularse si se abrazan juntos.

Puente entre teoría y práctica profesional

Las medidas avanzadas permiten observar señales y variaciones que un multímetro no muestra, pero requieren definir qué se quiere comprobar. En un osciloscopio, ajusta base de tiempos, escala vertical, sonda y referencia de tierra antes de interpretar la forma de onda. Registra incertidumbre y condiciones de ensayo: dos instrumentos pueden dar valores distintos si miden componentes o intervalos diferentes.

Unidad 13 · Líneas eléctricas y conductores

Parámetros RLCG, modelos, caída de tensión y selección de sección

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE Modelar una línea según su longitud y servicio; Relacionar sección con resistencia, caída y calentamiento; Preparar un dimensionado con condiciones reglamentarias completas

La línea es un elemento distribuido

Un conductor real tiene resistencia y también inductancia; entre conductores existe capacitancia y el aislamiento presenta conductancia. El conjunto se representa con parámetros por unidad de longitud R, L, C y G. En recorridos cortos y a frecuencia industrial suelen dominar R y L serie; en líneas largas o altas frecuencias se vuelve necesario representar los efectos distribuidos.

Resistencia del conductor

La resistencia depende del material, longitud y sección. En primera aproximación $R = \rho \cdot L/S$, pero la resistividad cambia con la temperatura. Dos conductores en paralelo o el retorno de corriente cambian la longitud efectiva del camino eléctrico. Al calcular una caída hay que definir con claridad si L es longitud de ida y si la expresión ya incluye ida y vuelta.

Inductancia y reactancia

La corriente alterna crea flujo magnético alrededor del conductor; ese efecto produce una reactancia $X_l = 2\pi fL$. En un circuito inductivo, la caída fasorial no coincide simplemente con la caída resistiva. Separar componente resistiva y reactiva ayuda a explicar por qué una carga con bajo factor de potencia puede presentar más caída para la misma potencia activa.

Capacitancia y conductancia

Los conductores separados por aislamiento forman una capacitancia. En circuitos cortos su efecto puede ser pequeño, pero en cables largos, redes extensas y filtros puede influir en corrientes de fuga y potencia reactiva capacitiva. La conductancia G representa pérdidas a través del dieléctrico; humedad, envejecimiento o contaminación pueden degradar el aislamiento.

Modelo de línea corto

Para una línea corta se agrupan R y X en una impedancia serie $Z = R + jX$. La tensión de envío se obtiene sumando fasorialmente la tensión de recepción y la caída en $Z \cdot I$. En una aproximación didáctica, la caída depende de $I(R \cos \varphi + X \sin \varphi)$ en carga inductiva; la normativa de diseño puede requerir otros criterios y límites.

Sección: más que una fórmula

La sección elegida debe cumplir simultáneamente intensidad admisible, caída de tensión, cortocircuito, protección mecánica y condiciones de instalación. La intensidad admisible depende del material y aislamiento, método de instalación, temperatura, agrupamiento y número de conductores cargados. Consulta la guía y tablas vigentes aplicables al montaje concreto; no copies un valor aislado.

Selección por iteración

Un proceso útil es: obtener corriente de diseño, escoger una sección inicial por intensidad admisible, aplicar los factores de corrección, calcular caída de tensión y comprobar cortocircuito. Si una condición falla, aumenta sección o revisa el diseño, y repite todas las comprobaciones. Guarda la tabla, edición, método de instalación y factores usados para que otro técnico pueda reproducir el cálculo.

Temperatura y conexión

Las conexiones flojas añaden resistencia localizada y pueden calentarse incluso cuando la sección del cable parece suficiente. El par de apriete, estado del borne, corrosión y compatibilidad de materiales importan tanto como la sección nominal. La termografía sirve para comparar puntos bajo carga, pero una imagen caliente no identifica por sí sola la causa raíz.

1 · Mapa conceptual

En esta unidad estudiamos líneas eléctricas. El hilo conductor son parámetros RLCG, modelos y dimensionado. Antes de memorizar expresiones, dibuja el sistema y marca sus entradas, salidas y fronteras. Un esquema pequeño con referencias claras suele revelar si una magnitud pertenece a una fuente, una carga o un intervalo de medida. Un cable puede ser un modelo serie concentrado en una línea corta o una red distribuida en otro régimen.

2 · Modelo físico y límites

Un cable puede ser un modelo serie concentrado en una línea corta o una red distribuida en otro régimen. El modelo de cálculo simplifica una realidad física: componentes ideales, condiciones iniciales, equilibrio o temperatura fijada. Indica siempre cuáles son esas hipótesis. Si los datos no respetan el modelo, cambia la representación o utiliza una medición más completa en lugar de forzar una fórmula. En líneas eléctricas, conocer el límite del modelo evita obtener un número correcto para una situación mal descrita.

3 · Ruta de resolución paso a paso

Define topología, longitud, frecuencia y carga antes de escoger un modelo eléctrico. Después de obtener el resultado, comprueba unidades y coherencia física. Pregunta qué ocurriría si duplicaras la carga o redujeras la sección; la tendencia debe coincidir con el comportamiento esperado. Si una ecuación entrega una cifra sorprendente, revisa conversiones, prefijos, condiciones nominales y si confundiste valores de línea y de fase o magnitudes instantáneas y eficaces.

4 · Lectura de la medida

Mide caída bajo carga y comprueba continuidad, conexiones y temperatura con procedimientos seguros. Deja que el circuito alcance una condición estable cuando la prueba lo requiera y anota simultáneamente los valores relacionados. Registra el punto exacto, el rango y el estado de carga. Repetir una lectura sin cambiar las condiciones permite estimar su estabilidad; comparar lecturas tomadas en condiciones distintas no demuestra por sí solo una avería.

5 · Diagnóstico técnico

Un valor de sección calculado no basta sin intensidad admisible, instalación y cortocircuito. Comienza con observaciones visuales y de placa con el equipo desenergizado. Formula al menos dos causas posibles y elige una prueba que las separe. Cambia una condición cada vez. Tras cualquier

corrección repite la medición inicial y otra prueba funcional. Así se comprueba el efecto de la reparación y se evita confundir coincidencia temporal con causa real.

6 · Aplicación en instalación

Conserva tabla de intensidad admisible y versión actual de guía aplicada. Lleva el resultado a una decisión concreta: seleccionar un componente, proponer una medida, ajustar un esquema o justificar una verificación. Indica qué dato falta para cerrar la decisión y dónde se obtendría. Si entra en juego dimensionado reglamentario, anota norma, guía, tabla y edición vigente que aplicaste; el material didáctico no sustituye esa comprobación.

7 · Comprobación por balance

Comprueba el balance del sistema: corrientes en un nodo, tensiones alrededor de una malla, potencia de entrada y salida o energía acumulada durante el ensayo, según corresponda. Las diferencias pequeñas pueden deberse a pérdidas, tolerancia e incertidumbre; diferencias grandes señalan una hipótesis, conexión o lectura que debe revisarse. Escribe la diferencia y explica qué mecanismo físico puede producirla.

8 · Vocabulario y comunicación

Explica el resultado en una frase completa: qué se midió o calculó, dónde, bajo qué condición y qué significa para líneas eléctricas. Distingue valor nominal, valor medido y valor calculado. Añade unidades y redondea con criterio. Esta práctica permite que otra persona reproduzca el trabajo y detecte si la conclusión depende de una hipótesis aún no verificada.

Parámetros RLCG y su significado

Una línea real puede describirse por R, L, C y G por unidad de longitud. R representa pérdida óhmica; L, energía magnética asociada a corriente; C, campo eléctrico entre conductores; G, pérdidas a través del aislamiento. En un tramo muy corto se agrupan en un modelo concentrado. En líneas de longitud apreciable se distribuyen a lo largo del recorrido y aparecen efectos de propagación. La frecuencia, geometría de conductores, distancia entre fases, aislamiento y entorno determinan parámetros. Indica unidades por metro o kilómetro para no mezclarlos con valores totales.

Modelo corto, nominal π y línea larga

En una línea corta suele bastar una impedancia serie Z. Un modelo nominal π añade capacitancia concentrada en los extremos y es útil para líneas de longitud media; un modelo nominal T concentra la capacitancia al centro. En líneas largas, los parámetros distribuidos describen propagación y admitancia de entrada. La elección depende de longitud, tensión, frecuencia y precisión necesaria. No es correcto usar un circuito equivalente complejo si el problema escolar asume línea corta, ni ignorar capacitancia cuando puede afectar tensión en vacío o compensación.

Efecto de la reactancia en la caída

La caída longitudinal de una línea de CA combina resistencia y reactancia. Para corriente atrasada inductiva, la aproximación trifásica $\Delta U \approx \sqrt{3} \cdot I \cdot L(R' \cos\varphi + X' \operatorname{sen}\varphi)$ usa valores por unidad de longitud y tensión de línea; revisa si R′ y X′ ya incluyen ida o fase. Para carga capacitiva, el término reactivo puede cambiar de signo. La suma fasorial completa es preferible cuando caída es alta o ángulos importan. Calcula también caída porcentual, y no apliques un límite genérico sin identificar circuito y criterio reglamentario.

Ampacidad y condiciones térmicas

La intensidad admisible de un cable depende del equilibrio térmico entre pérdidas y disipación. Método de instalación, temperatura ambiente, agrupamiento, número de conductores cargados, aislamiento y ventilación modifican la capacidad. Una misma sección puede admitir corrientes distintas en bandeja, tubo empotrado o enterramiento. Selecciona tabla y factores de la guía vigente que correspondan exactamente al montaje; el dato de catálogo aislado no basta. Comprueba además que la protección coordine con el conductor. Registra referencia de tabla, método y factores aplicados para que otro técnico reproduzca la comprobación.

Cortocircuito y esfuerzo térmico

Durante cortocircuito, la corriente puede ser muy superior a la de servicio y calentar el conductor antes de actuar la protección. La comprobación adiabática $I^2t \leq k^2S^2$ sirve en un intervalo térmico y condiciones definidas; k depende de conductor y aislamiento. Verifica corriente presunta, tiempo de despeje y energía pasante de la protección. No uses corriente de servicio en lugar de cortocircuito ni el tiempo total de una maniobra si el dispositivo limita energía. Para tiempos o secciones fuera de hipótesis, aplica el método y norma correspondientes.

Pérdida de tensión versus fallo de conexión

Una caída distribuida a lo largo de un conductor suele aumentar con longitud y corriente. Una unión defectuosa concentra caída y calor en pocos centímetros. Compara tensión a ambos lados de cada conexión mientras circula una carga segura, y registra corriente. La termografía puede localizar puntos calientes, pero emisividad, reflejos y acceso alteran la lectura. Con el circuito aislado, verifica estado, apriete especificado y compatibilidad de materiales. Después de reparar, repite medida y carga. No aumentes sección para ocultar un contacto deteriorado.

Fórmulas de referencia de la unidad

Resistencia aproximada: $R = \rho \cdot L/S$ — La temperatura modifica ρ; usa unidades coherentes.

Reactancia inductiva: $X_l = 2\pi fL$ — Reactancia en Ω; L en H.

Impedancia serie: $Z = R + jX$ — La suma fasorial depende del ángulo de carga.

Caída resistiva CC o monofásica aproximada: $\Delta U \approx 2 \cdot \rho \cdot L \cdot I/S$ — Longitud L de ida, conductor de ida y retorno iguales; modelo simplificado.

Porcentaje de caída: $\Delta U\% = 100 \cdot \Delta U/U_n$ — Comparar con el criterio aplicable al circuito y normativa vigente.

Ejemplo resuelto

Una carga de 10 A se alimenta con cobre de 2,5 mm² por un recorrido de 18 m. Estima la caída resistiva monofásica con ρ = 0,0175 Ω·mm²/m.

1. Identifica la aproximación: ida y retorno, conductor uniforme y temperatura de referencia.

2. Usa $\Delta U \approx 2 \cdot \rho \cdot L \cdot I/S$.

3. Sustituye: $2 \cdot 0{,}0175 \cdot 18 \cdot 10/2{,}5 = 2{,}52$ V.

4. Calcula el porcentaje si $U_n = 230$ V: $100 \cdot 2{,}52/230 \approx 1{,}10$ %.

5. No concluyas que la sección es válida: verifica intensidad admisible, instalación real, cortocircuito y requisitos aplicables.

RESULTADO DEL EJEMPLO Caída resistiva estimada: 2,52 V, aproximadamente 1,10 % de 230 V.

Ejercicio de comprobación

En una línea la caída medida supera la estimada. Enumera al menos cuatro comprobaciones antes de cambiar el conductor.

SOLUCIÓN RAZONADA Revisa corriente real y su variación, longitud de ida, sección/material, temperatura, conexiones y apriete, tensión de origen, cos φ y reactancia, instrumento y puntos de medida. Comprueba también que la fórmula usada represente el tipo de circuito.

Práctica guiada · Líneas eléctricas y conductores

Objetivo: Aplicar líneas eléctricas con un montaje de baja tensión o una simulación autorizada, registrando datos y justificando diferencias.

Equipo o material: ['Esquema de la práctica y fuente protegida adecuada', 'Instrumento con categoría y rango apropiados', 'Conductores y carga didáctica identificados', 'Hoja de registro, calculadora y elementos de protección requeridos']

1. Lee el esquema y localiza puntos de medida antes de conectar.
2. Con la alimentación aislada, revisa polaridad, continuidad y bornes.
3. Anota valores nominales e hipótesis; predice el orden de magnitud.
4. Conecta el circuito siguiendo el procedimiento del laboratorio y energiza solo con autorización.
5. Mide en puntos definidos, registra unidades y repite una lectura estable.
6. Desconecta, verifica el estado seguro y compara cálculo, medida y balance.
7. Explica discrepancias y redacta una conclusión que cite límites y fuentes.

QUÉ DEBE OBSERVARSE ['Esquema rotulado y procedimiento reproducible.', 'Tabla con valores previstos, medidos y diferencia relativa.', 'Conclusión que distingue dato, hipótesis e interpretación.']

Seguridad: ['No improvises conexiones en instalaciones de red ni midas tensión con el multímetro en borne de corriente.', 'Aísla, verifica ausencia de tensión y descarga elementos que puedan almacenar energía antes de manipular.', 'Detén la práctica ante calentamiento, olor, ruido anormal, lectura inesperada o protección disparada. Sigue las instrucciones del centro y del responsable.']

Pregunta de autoevaluación

¿Qué debe comprobarse además de la intensidad admisible al escoger sección?

A. Solo el color del aislamiento
B. Caída de tensión y soportabilidad al cortocircuito, entre otras condiciones
C. Únicamente el precio por metro
D. El valor de resistencia medido sin carga

CRITERIO DE RESPUESTA El dimensionado reúne varias comprobaciones, además del método de instalación y sus factores de corrección.

Puente entre teoría y práctica profesional

El cálculo de conductores combina capacidad térmica y caída de tensión. La intensidad admisible depende de cómo se instala el cable y de las correcciones aplicables; la caída aumenta con la longitud y la corriente. Por eso el procedimiento compara varios límites y selecciona una sección comercial que los cumpla. Después verifica coordinación con la protección y deja claros los datos y supuestos del cálculo.

Unidad 14 · Transformadores de potencia

Relación de transformación, grupos vectoriales, ensayos y funcionamiento en paralelo

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE Interpretar placa, relación y polaridad; Explicar pérdidas y ensayos principales; Comprobar condiciones para el funcionamiento en paralelo

Dos devanados enlazados por flujo

La corriente alterna del primario crea un flujo magnético variable en el núcleo. Ese flujo induce una tensión en el secundario. La frecuencia se conserva; cambian tensión y corriente según el número de espiras y las pérdidas. La potencia de salida es menor que la de entrada debido a pérdidas en cobre, núcleo y elementos dispersos.

Relación de transformación

En el modelo ideal, $V_1/V_2 = N_1/N_2 = I_2/I_1$. La tensión sigue la relación de espiras, mientras que la corriente aparece en relación inversa. La placa expresa datos nominales y conexiones; las tensiones reales cambian con carga, factor de potencia y regulación. En transformadores trifásicos hay que atender a tensiones de línea y de fase según grupo.

Polaridad y grupo vectorial

La polaridad marca el sentido relativo de las tensiones inducidas. En equipos trifásicos, la designación del grupo vectorial indica conexiones de devanados y desfase entre tensiones de alta y baja. El reloj vectorial no es una etiqueta decorativa: afecta a la posibilidad de paralelar y a la coordinación de protecciones.

Ensayo en vacío

Se alimenta un devanado con tensión adecuada y se deja el otro abierto. La corriente de vacío es pequeña frente a la nominal y el vatímetro registra principalmente pérdidas del núcleo. El ensayo informa sobre rama magnetizante y pérdidas en hierro; deben anotarse lado alimentado, tensión, frecuencia e instrumentos.

Ensayo de cortocircuito

Se cortocircuita un devanado con conexión de ensayo apropiada y se aplica una tensión reducida hasta alcanzar corriente prevista. El voltaje requerido y la potencia medida permiten estimar impedancia equivalente y pérdidas en cobre al nivel de corriente usado. No se aplica tensión nominal sin verificar el procedimiento: la corriente puede ser destructiva.

Impedancia y regulación

La impedancia porcentual relaciona la tensión necesaria para hacer circular corriente nominal con la tensión nominal. Influye en la caída bajo carga y en la corriente de cortocircuito. Dos transformadores con tensiones y potencias nominales compatibles pueden repartir mal la carga si sus impedancias porcentuales y relaciones efectivas difieren.

Paralelo: condiciones

Antes de conectar en paralelo verifica relación de transformación y tomas, polaridad, secuencia de fases, grupo vectorial compatible e impedancias porcentuales comparables. Una diferencia pequeña de relación puede originar corriente circulante aun sin carga. La maniobra exige procedimiento, protecciones coordinadas y personal autorizado.

Pérdidas, temperatura y mantenimiento

Las pérdidas en el cobre aumentan con corriente y resistencia; las del núcleo dependen de tensión, frecuencia y material magnético. Temperatura, ventilación, estado del aceite si existe, ruido, olor y bornes aportan indicios, pero no sustituyen los ensayos. Registra tendencia y condición de carga para distinguir envejecimiento de cambios del servicio.

1 · Mapa conceptual

En esta unidad estudiamos transformadores de potencia. El hilo conductor son grupo vectorial, ensayos, impedancia y operación paralela. Antes de memorizar expresiones, dibuja el sistema y marca sus entradas, salidas y fronteras. Un esquema pequeño con referencias claras suele revelar si una magnitud pertenece a una fuente, una carga o un intervalo de medida. Dos equipos con la misma tensión nominal pueden diferir en desfase, impedancia y reparto de carga.

2 · Modelo físico y límites

Dos equipos con la misma tensión nominal pueden diferir en desfase, impedancia y reparto de carga. El modelo de cálculo simplifica una realidad física: componentes ideales, condiciones iniciales, equilibrio o temperatura fijada. Indica siempre cuáles son esas hipótesis. Si los datos no respetan el modelo, cambia la representación o utiliza una medición más completa en lugar de forzar una fórmula. En transformadores de potencia, conocer el límite del modelo evita obtener un número correcto para una situación mal descrita.

3 · Ruta de resolución paso a paso

Verifica placa y toma, relaciona ensayo con parámetro equivalente y calcula regulación aproximada. Después de obtener el resultado, comprueba unidades y coherencia física. Pregunta qué ocurriría si duplicaras la carga o redujeras la sección; la tendencia debe coincidir con el comportamiento esperado. Si una ecuación entrega una cifra sorprendente, revisa conversiones, prefijos, condiciones nominales y si confundiste valores de línea y de fase o magnitudes instantáneas y eficaces.

4 · Lectura de la medida

Compara tensión y polaridad con método autorizado antes de maniobra. Deja que el circuito alcance una condición estable cuando la prueba lo requiera y anota simultáneamente los valores relacionados. Registra el punto exacto, el rango y el estado de carga. Repetir una lectura sin cambiar las condiciones permite estimar su estabilidad; comparar lecturas tomadas en condiciones distintas no demuestra por sí solo una avería.

5 · Diagnóstico técnico

Paralelar con grupos incompatibles o relación diferente puede causar corrientes de circulación peligrosas. Comienza con observaciones visuales y de placa con el equipo desenergizado. Formula al menos dos causas posibles y elige una prueba que las separe. Cambia una condición cada vez. Tras cualquier corrección repite la medición inicial y otra prueba funcional. Así se comprueba el efecto de la reparación y se evita confundir coincidencia temporal con causa real.

6 · Aplicación en instalación

Separa dato de placa, medida de campo y resultado calculado. Lleva el resultado a una decisión concreta: seleccionar un componente, proponer una medida, ajustar un esquema o justificar una verificación. Indica qué dato falta para cerrar la decisión y dónde se obtendría. Si entra en juego dimensionado reglamentario, anota norma, guía, tabla y edición vigente que aplicaste; el material didáctico no sustituye esa comprobación.

7 · Comprobación por balance

Comprueba el balance del sistema: corrientes en un nodo, tensiones alrededor de una malla, potencia de entrada y salida o energía acumulada durante el ensayo, según corresponda. Las diferencias pequeñas pueden deberse a pérdidas, tolerancia e incertidumbre; diferencias grandes señalan una hipótesis, conexión o lectura que debe revisarse. Escribe la diferencia y explica qué mecanismo físico puede producirla.

8 · Vocabulario y comunicación

Explica el resultado en una frase completa: qué se midió o calculó, dónde, bajo qué condición y qué significa para transformadores de potencia. Distingue valor nominal, valor medido y valor calculado. Añade unidades y redondea con criterio. Esta práctica permite que otra persona reproduzca el trabajo y detecte si la conclusión depende de una hipótesis aún no verificada.

Datos de placa y magnitudes trifásicas

Una placa trifásica puede declarar potencia aparente, tensiones de devanado, corrientes, frecuencia, grupo, impedancia porcentual, tomas, refrigeración y elevación térmica. Diferencia magnitudes de línea y devanado. Un transformador de 400/230 V puede expresar tensión entre líneas y fase-neutro del sistema; la interpretación depende de conexión estrella/triángulo y del grupo. Contrasta placa con esquema de bornes. Comprueba toma seleccionada y que la tensión de red corresponda al devanado conectado. No deduzcas corriente nominal desde potencia sin confirmar si el dato es monofásico o trifásico.

Relación de transformación y regulación

La relación entre tensiones en vacío permite verificar conexión y toma. Bajo carga, la corriente circulante en la impedancia interna produce caída; la regulación depende de magnitud de resistencia, reactancia y factor de potencia. Para carga inductiva, una caída reactiva suele aumentar; una carga capacitiva puede reducirla o invertir el cambio. La relación ideal no predice por sí sola tensión secundaria de carga. Mide tensión en vacío y bajo una carga conocida dentro del régimen nominal, y registra potencia, cosφ y temperatura.

Pérdidas y rendimiento a carga variable

Las pérdidas en vacío son aproximadamente constantes a tensión y frecuencia nominales; las pérdidas en cobre crecen aproximadamente con I^2. Si se mide potencia de entrada y salida, $\eta = P_{salida}/P_{entrada}$. A carga parcial el transformador puede rendir menos por el peso relativo de pérdidas fijas; a sobrecarga aumentan pérdidas y temperatura de manera rápida. En una ampliación, evalúa perfil horario y simultaneidad, no solo picos. Un equipo puede tener pérdidas en vacío durante horas aunque la carga sea baja.

Secuencia de ensayo y hoja de registro

Para ensayos educativos, identifica diagrama, lado alimentado, bornes, conexión de instrumentos, tensión, frecuencia y límites antes de energizar. En vacío anota U, I0 y P0; en cortocircuito registra

tensión reducida, corriente de ensayo y potencia. Comprueba factor de potencia del vatímetro y relaciones de TC/TT si se utilizan. Descarga, aísla y restaura conexiones solo después de verificar ausencia de tensión. Un registro incompleto puede hacer imposible referir resultados al lado correcto o repetir el ensayo.

Paralelo: reparto de carga

Si dos transformadores operan en paralelo, su reparto de corriente depende de impedancias equivalentes. El equipo con menor impedancia porcentual tiende a tomar mayor proporción de carga. Diferencia de relación genera corriente circulante; diferencias de X/R alteran reparto de potencia activa/reactiva. Aun cuando grupo y tensiones coincidan, potencias nominales distintas exigen comprobar reparto para no sobrecargar el menor. Comprueba protecciones, barras, capacidad de corte, puesta a tierra y régimen térmico antes de acoplar. El paralelo no aumenta automáticamente capacidad de cortocircuito disponible de forma inocua.

Mantenimiento y señales del equipo

Establece referencia de temperatura, ruido, vibración, corriente de vacío, humedad o condición del aceite según tipo de transformador. Compara tendencias bajo carga semejante. Ruido nuevo puede indicar fijaciones flojas, sobreexcitación, armónicos o problema mecánico; no concluyas causa por sonido solamente. Revisa conexiones por calentamiento y evidencia de descarga. Las pruebas de aislamiento y relación de transformación siguen procedimientos, tensiones de ensayo y límites del fabricante. Tras cualquier prueba eléctrica, restaura puesta a tierra y protecciones conforme al procedimiento de servicio.

Fórmulas de referencia de la unidad

Relación ideal de tensiones: $V_1/V_2 = N_1/N_2$ — Usar magnitudes de fase o línea compatibles con la conexión.

Relación ideal de corrientes: $I_1/I_2 = N_2/N_1$ — En el transformador ideal.

Potencia aparente monofásica: $S = V \cdot I$ — En VA.

Potencia aparente trifásica: $S = \sqrt{3} \cdot U_l \cdot I_l$ — U_l e I_l son tensión y corriente de línea.

Rendimiento: $\eta = P_2/P_1$ — Define claramente el punto de operación y las pérdidas.

Ejemplo resuelto

Un transformador monofásico ideal de 230/24 V alimenta una carga de 120 W a 24 V. Calcula la corriente secundaria y estima corriente primaria.

1. En secundario, $I_2 = P_2/V_2 = 120/24 = 5$ A.
2. La relación de tensiones es $230/24 \approx 9{,}58$.
3. En el modelo ideal, $I_1 = P_1/V_1 = 120/230 \approx 0{,}522$ A.
4. Comprueba con la relación inversa: $5/9{,}58 \approx 0{,}522$ A.
5. En un equipo real la corriente primaria será algo mayor por pérdidas y corriente magnetizante.

RESULTADO DEL EJEMPLO $I_2 = 5$ A; I_1 ideal $\approx 0{,}52$ A.

Ejercicio de comprobación

Dos transformadores se van a acoplar en paralelo. Indica cinco datos o condiciones que hay que comprobar antes de cerrar el acoplamiento.

SOLUCIÓN RAZONADA Relación de transformación y tomas, polaridad, secuencia y correspondencia de fases, grupo vectorial compatible, impedancia porcentual y relación X/R. Comprueba también protecciones, potencias, estado y procedimiento seguro de puesta en servicio.

Práctica guiada · Transformadores de potencia

Objetivo: Aplicar transformadores de potencia con un montaje de baja tensión o una simulación autorizada, registrando datos y justificando diferencias.

Equipo o material: ['Esquema de la práctica y fuente protegida adecuada', 'Instrumento con categoría y rango apropiados', 'Conductores y carga didáctica identificados', 'Hoja de registro, calculadora y elementos de protección requeridos']

1. Lee el esquema y localiza puntos de medida antes de conectar.
2. Con la alimentación aislada, revisa polaridad, continuidad y bornes.
3. Anota valores nominales e hipótesis; predice el orden de magnitud.
4. Conecta el circuito siguiendo el procedimiento del laboratorio y energiza solo con autorización.
5. Mide en puntos definidos, registra unidades y repite una lectura estable.
6. Desconecta, verifica el estado seguro y compara cálculo, medida y balance.
7. Explica discrepancias y redacta una conclusión que cite límites y fuentes.

QUÉ DEBE OBSERVARSE ['Esquema rotulado y procedimiento reproducible.', 'Tabla con valores previstos, medidos y diferencia relativa.', 'Conclusión que distingue dato, hipótesis e interpretación.']

Seguridad: ['No improvises conexiones en instalaciones de red ni midas tensión con el multímetro en borne de corriente.', 'Aísla, verifica ausencia de tensión y descarga elementos que puedan almacenar energía antes de manipular.', 'Detén la práctica ante calentamiento, olor, ruido anormal, lectura inesperada o protección disparada. Sigue las instrucciones del centro y del responsable.']

Pregunta de autoevaluación

¿Qué efecto puede producir una relación de transformación ligeramente distinta al operar en paralelo?

A. Ninguno si ambos tienen igual potencia
B. Corriente circulante incluso con poca carga
C. Que cambie la frecuencia de uno de ellos
D. Que se eliminen las pérdidas en el núcleo

CRITERIO DE RESPUESTA Las diferencias de tensión secundaria impulsan corrientes de circulación entre devanados.

Puente entre teoría y práctica profesional

En un transformador de potencia, la placa, el grupo de conexión, el sistema de refrigeración y las protecciones describen cómo integrarlo con seguridad. Las pérdidas calientan los devanados y el núcleo; la carga y la ventilación afectan a la temperatura. Una inspección útil une pruebas eléctricas

con observaciones del aceite, conexiones y protecciones. Ninguna medición aislada sustituye el procedimiento de puesta en servicio.

Unidad 15 · Máquinas eléctricas

Motores de CC, inducción, alternadores, síncronas y características mecánicas

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE Relacionar campo magnético y par; Interpretar curvas par-velocidad y deslizamiento; Conectar el modelo eléctrico con carga, arranque y frenado

Conversión electromecánica

Una máquina convierte energía entre forma eléctrica y mecánica mediante campos magnéticos. En modo motor recibe potencia eléctrica y entrega par en el eje; como generador recibe par mecánico y produce energía eléctrica. La dirección del flujo de potencia ayuda a interpretar signos y pérdidas.

Motor de corriente continua

En un conductor recorrido por corriente dentro de un campo actúa una fuerza. El colector conmuta las conexiones del inducido para mantener el par en el mismo sentido. La fuerza contraelectromotriz aumenta con velocidad y flujo; explica por qué la corriente de armadura suele ser mayor al arrancar y por qué el circuito necesita una estrategia de limitación.

Máquina asíncrona trifásica

El estator crea un campo giratorio cuya velocidad síncrona depende de frecuencia y pares de polos. El campo induce corriente en el rotor y el deslizamiento permite que exista par. A velocidad síncrona ideal no habría corriente inducida en el rotor de jaula ni par electromagnético útil.

Deslizamiento

El deslizamiento expresa la diferencia relativa entre velocidad del campo y velocidad del rotor. Es pequeño en operación normal y aumenta al crecer la carga dentro de la zona estable. Si el eje se bloquea, se aproxima a uno y la corriente puede ser elevada. Por ello el arranque y el tiempo de rotor bloqueado son cuestiones térmicas y de protección.

Alternador síncrono

El rotor excitado gira y el flujo variable induce una tensión trifásica en el estator. La frecuencia depende de velocidad y número de polos. En una red aislada, velocidad y excitación influyen en frecuencia y tensión; conectado a una red rígida, el control de potencia activa y reactiva sigue otras relaciones y requiere regulación coordinada.

Curva par-velocidad

La carga mecánica demanda un par que cambia con velocidad. El punto de trabajo aparece donde el par del motor iguala al par resistente. La aceleración ocurre si el par motor supera el resistente; a medida que sube velocidad, cambia la corriente y el margen de par. La curva permite evaluar arranque, estabilidad, sobrecarga y frenado.

Arranque y protección

Durante el arranque la corriente puede superar ampliamente la nominal, según máquina y método. La elección de arranque directo, estrella-triángulo, arrancador suave o variador depende de red, par

requerido y equipo. Ajusta protección a placa, servicio y método; no confundas corriente de arranque con corriente continua admisible.

Placa y mantenimiento

Lee tensión, conexión, frecuencia, corriente, potencia, velocidad, régimen y grado de protección. Para diagnosticar, combina corriente por fase, temperaturas, vibración, ruido, aislamiento y condición de carga. Un síntoma único rara vez identifica la avería: pérdida de fase, desequilibrio, rodamientos o ventilación pueden producir señales parecidas.

1 · Mapa conceptual

En esta unidad estudiamos máquinas eléctricas. El hilo conductor son máquinas CC, inducción, síncronas y características mecánicas. Antes de memorizar expresiones, dibuja el sistema y marca sus entradas, salidas y fronteras. Un esquema pequeño con referencias claras suele revelar si una magnitud pertenece a una fuente, una carga o un intervalo de medida. La fuerza electromagnética explica el par y el balance de potencias conecta circuito y eje.

2 · Modelo físico y límites

La fuerza electromagnética explica el par y el balance de potencias conecta circuito y eje. El modelo de cálculo simplifica una realidad física: componentes ideales, condiciones iniciales, equilibrio o temperatura fijada. Indica siempre cuáles son esas hipótesis. Si los datos no respetan el modelo, cambia la representación o utiliza una medición más completa en lugar de forzar una fórmula. En máquinas eléctricas, conocer el límite del modelo evita obtener un número correcto para una situación mal descrita.

3 · Ruta de resolución paso a paso

Identifica máquina, frecuencia, polos y carga; calcula velocidad síncrona y deslizamiento o potencia mecánica. Después de obtener el resultado, comprueba unidades y coherencia física. Pregunta qué ocurriría si duplicaras la carga o redujeras la sección; la tendencia debe coincidir con el comportamiento esperado. Si una ecuación entrega una cifra sorprendente, revisa conversiones, prefijos, condiciones nominales y si confundiste valores de línea y de fase o magnitudes instantáneas y eficaces.

4 · Lectura de la medida

Mide tensión, corriente y velocidad con un estado de carga documentado. Deja que el circuito alcance una condición estable cuando la prueba lo requiera y anota simultáneamente los valores relacionados. Registra el punto exacto, el rango y el estado de carga. Repetir una lectura sin cambiar las condiciones permite estimar su estabilidad; comparar lecturas tomadas en condiciones distintas no demuestra por sí solo una avería.

5 · Diagnóstico técnico

Corriente alta al arranque tiene explicación electromagnética y límite térmico. Comienza con observaciones visuales y de placa con el equipo desenergizado. Formula al menos dos causas posibles y elige una prueba que las separe. Cambia una condición cada vez. Tras cualquier corrección repite la medición inicial y otra prueba funcional. Así se comprueba el efecto de la reparación y se evita confundir coincidencia temporal con causa real.

6 · Aplicación en instalación

Compara conexión real con la placa antes de energizar. Lleva el resultado a una decisión concreta: seleccionar un componente, proponer una medida, ajustar un esquema o justificar una verificación. Indica qué dato falta para cerrar la decisión y dónde se obtendría. Si entra en juego dimensionado reglamentario, anota norma, guía, tabla y edición vigente que aplicaste; el material didáctico no sustituye esa comprobación.

7 · Comprobación por balance

Comprueba el balance del sistema: corrientes en un nodo, tensiones alrededor de una malla, potencia de entrada y salida o energía acumulada durante el ensayo, según corresponda. Las diferencias pequeñas pueden deberse a pérdidas, tolerancia e incertidumbre; diferencias grandes señalan una hipótesis, conexión o lectura que debe revisarse. Escribe la diferencia y explica qué mecanismo físico puede producirla.

8 · Vocabulario y comunicación

Explica el resultado en una frase completa: qué se midió o calculó, dónde, bajo qué condición y qué significa para máquinas eléctricas. Distingue valor nominal, valor medido y valor calculado. Añade unidades y redondea con criterio. Esta práctica permite que otra persona reproduzca el trabajo y detecte si la conclusión depende de una hipótesis aún no verificada.

Identificar la familia de máquina

Antes de aplicar fórmulas, identifica si se trata de máquina CC, inducción, síncrona, reluctancia o una máquina especial. Observa placa, escobillas, anillos, rotor de jaula, imanes, número de terminales y tipo de alimentación. La máquina puede operar como motor o generador; lo determina el sentido del flujo de potencia. Distingue potencia eléctrica de entrada y potencia mecánica de eje. Un dato nominal describe servicio especificado, no todos los estados posibles.

Rotor y estator: conversión de energía

El estator crea un campo o una distribución de flujo; el rotor desarrolla fuerzas electromagnéticas y par. En motores de inducción, el campo giratorio corta conductores del rotor e induce corrientes. En máquinas síncronas, el rotor mantiene relación de velocidad con campo de estator. En máquinas CC, el conmutador cambia conexión de bobinas para sostener el par. La energía pasa por campos magnéticos, pero siempre hay pérdidas en cobre, hierro, ventilación y fricción. Un balance de potencia ayuda a detectar si se está hablando de potencia absorbida o útil.

Arranque y curva par-velocidad

El punto de funcionamiento se sitúa donde par motor iguala par resistente. Durante aceleración, el par neto Tm−Tcarga debe superar cero. La inercia determina cuánto tarda en alcanzar velocidad. Si el par resistente supera el par de arranque, el motor puede quedarse bloqueado y calentarse. Un variador cambia frecuencia y tensión; arrancador suave reduce tensión durante arranque y también reduce par. La elección depende del par requerido, corriente disponible, ciclos por hora y compatibilidad del motor, no solo del deseo de limitar corriente.

Frenado y regeneración

Al reducir velocidad, la energía cinética de rotor y carga debe disiparse o devolverse. El frenado puede ser mecánico, por inyección de corriente continua, dinámico con resistencia o regenerativo con variador compatible. Cada método tiene límites de energía, temperatura y tiempo. Una parada rápida eleva esfuerzo mecánico y eléctrico. En accionamientos verticales o cargas con inercia, la

estrategia de freno debe considerar seguridad ante pérdida de alimentación. Sigue la documentación del fabricante y prueba con carga controlada.

Desequilibrio, armónicos y calentamiento

La tensión de alimentación desequilibrada provoca corrientes de secuencia inversa que generan campos contrarios y calentamiento adicional. Armónicos pueden crear pérdidas en hierro y rotor. Un variador añade componentes de alta frecuencia y requiere cable, puesta a tierra, filtros y motor adecuados. Mide tensión fase-fase, corriente por fase y temperatura bajo la misma carga. Verifica ventilación y frecuencias de operación; a baja velocidad, un ventilador solidario al eje también gira más despacio y puede reducir refrigeración.

Placa y puesta en marcha

Registra tensión, conexión, corriente, frecuencia, potencia, velocidad, factor de servicio, régimen, clase de aislamiento y protección. Compara el diagrama de puentes con la tensión de red. Comprueba giro con método seguro y desacoplado cuando proceda; un motor trifásico puede invertir giro al permutar dos fases, pero no se deben cambiar conductores con equipo energizado. Ajusta protección según placa, método de arranque, carga y normativa. Guarda parámetros del variador y prueba disparo antes de entregar.

Fórmulas de referencia de la unidad

Velocidad síncrona: $n_s = 60 \cdot f/p$ — n_s en rpm, f en Hz y p pares de polos.

Deslizamiento: $s = (n_s - n)/n_s$ — En fracción; multiplica por 100 para porcentaje.

Potencia mecánica: $P_m = T \cdot \omega$ — T en N·m y ω en rad/s.

Velocidad angular: $\omega = 2\pi n/60$ — n en rpm.

Rendimiento: $\eta = P_s\text{alida}/P_e\text{ntrada}$ — Distingue potencia eléctrica y mecánica.

Ejemplo resuelto

Un motor de inducción de 4 polos trabaja a 50 Hz y gira a 1 440 rpm. Calcula velocidad síncrona y deslizamiento.

1. Para 4 polos hay p = 2 pares de polos.
2. $n_s = 60 \cdot 50/2 = 1\,500$ rpm.
3. La diferencia de velocidad es 1 500 − 1 440 = 60 rpm.
4. s = 60/1 500 = 0,04.
5. Expresa el resultado como 4 % en las condiciones medidas.

RESULTADO DEL EJEMPLO Velocidad síncrona: 1 500 rpm; deslizamiento: 4 %.

Ejercicio de comprobación

Un motor arranca lentamente y presenta corriente elevada durante más tiempo del previsto. Propón una secuencia de diagnóstico segura.

SOLUCIÓN RAZONADA Aísla y verifica ausencia de tensión antes de inspección; revisa carga mecánica libre, tensión y desequilibrio de fases, conexión, parámetros de arranque, ventilación y ajuste de protecciones. Compara mediciones con placa y manual. No mantengas arranques repetidos que acumulen calentamiento.

Práctica guiada · Máquinas eléctricas

Objetivo: Aplicar máquinas eléctricas con un montaje de baja tensión o una simulación autorizada, registrando datos y justificando diferencias.

Equipo o material: ['Esquema de la práctica y fuente protegida adecuada', 'Instrumento con categoría y rango apropiados', 'Conductores y carga didáctica identificados', 'Hoja de registro, calculadora y elementos de protección requeridos']

1. Lee el esquema y localiza puntos de medida antes de conectar.
2. Con la alimentación aislada, revisa polaridad, continuidad y bornes.
3. Anota valores nominales e hipótesis; predice el orden de magnitud.
4. Conecta el circuito siguiendo el procedimiento del laboratorio y energiza solo con autorización.
5. Mide en puntos definidos, registra unidades y repite una lectura estable.
6. Desconecta, verifica el estado seguro y compara cálculo, medida y balance.
7. Explica discrepancias y redacta una conclusión que cite límites y fuentes.

QUÉ DEBE OBSERVARSE ['Esquema rotulado y procedimiento reproducible.', 'Tabla con valores previstos, medidos y diferencia relativa.', 'Conclusión que distingue dato, hipótesis e interpretación.']

Seguridad: ['No improvises conexiones en instalaciones de red ni midas tensión con el multímetro en borne de corriente.', 'Aísla, verifica ausencia de tensión y descarga elementos que puedan almacenar energía antes de manipular.', 'Detén la práctica ante calentamiento, olor, ruido anormal, lectura inesperada o protección disparada. Sigue las instrucciones del centro y del responsable.']

Pregunta de autoevaluación

¿Qué describe el deslizamiento de un motor asíncrono?

A. La diferencia relativa entre velocidad síncrona y velocidad del rotor
B. El coseno de phi del estator
C. La pérdida de tensión en un cable
D. La velocidad del eje dividida por la frecuencia

CRITERIO DE RESPUESTA El rotor debe girar por debajo de la velocidad del campo para que exista inducción y par.

Puente entre teoría y práctica profesional

Para seleccionar o revisar una máquina, relaciona tensión, corriente, potencia, velocidad, par y régimen de servicio. La corriente de arranque puede superar ampliamente la nominal y afectar a la instalación; por eso se consideran método de arranque y coordinación de protecciones. Compara placa, condiciones mecánicas y mediciones reales, y busca cambios de ruido, vibración o temperatura que ayuden a localizar un problema.

Unidad 16 · Integración, diseño y seguridad

Proyecto de instalación, diagnóstico, puesta en servicio y eficiencia

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE Resolver casos integrando cálculos y medidas; Planificar verificaciones y diagnóstico de averías; Aplicar principios de seguridad, eficiencia y documentación

Del requisito al esquema

Empieza identificando qué debe hacer la instalación: cargas, simultaneidad, entorno, continuidad de servicio, ampliaciones y restricciones. Dibuja una arquitectura comprensible y distingue circuitos, protecciones, puesta a tierra y puntos de aislamiento. Un esquema útil identifica conductores, tensiones, dispositivos y referencias cruzadas.

Cálculo con hipótesis visibles

Calcula corriente de diseño a partir de potencia y tipo de carga; declara tensión, fases, rendimiento y factor de potencia usados. Dimensiona conductores con el método de instalación real, comprueba caída y cortocircuito, y coordina protecciones. Cada cifra debe poder rastrearse a un dato, tabla o hipótesis.

Seguridad antes de intervenir

La intervención empieza por reconocer fuentes, separar, impedir reconexión, verificar ausencia de tensión con instrumento comprobado y proteger frente a partes próximas. Añade puesta a tierra y cortocircuito cuando el procedimiento y el tipo de trabajo lo exijan. La evaluación concreta depende de la instalación, reglamentación y procedimiento del centro.

Puesta en servicio ordenada

Antes de energizar, inspecciona montaje y aprietes con el circuito aislado. Realiza las verificaciones adecuadas a la instalación, documenta resultados y corrige anomalías. Después energiza por etapas, mide bajo carga y compara con valores esperados. Una prueba superada no elimina la necesidad de entregar planos y registros claros.

Diagnóstico basado en evidencias

Describe el síntoma, condiciones en las que aparece y alcance. Formula causas posibles, elige una medición que diferencie hipótesis y cambia una variable cada vez. Contrasta tensiones, corrientes, continuidad o temperatura con referencias y límites del equipo. Repara, repite la comprobación funcional y registra causa raíz y acción.

Eficiencia y pérdidas

Las pérdidas se reducen evitando conductores innecesariamente largos o cargados, conexiones deficientes, motores sobredimensionados y baja calidad de suministro. El factor de potencia, armónicos, desequilibrio y perfil horario pueden afectar a corriente y pérdidas. Antes de proponer una mejora, mide el consumo y define cómo se comprobará el ahorro.

Renovables, baterías y vehículo eléctrico

Generación fotovoltaica, almacenamiento y recarga añaden flujos bidireccionales y cargas de alta potencia. Revisa capacidad de conexión, gestión de demanda, protecciones, modos de operación y coordinación del sistema. El dimensionado concreto debe seguir la normativa vigente y especificaciones del fabricante; no basta extrapolar una instalación doméstica convencional.

Proyecto reproducible

Entrega memoria breve, esquemas, cálculos, ajustes, lista de materiales, procedimiento de prueba y riesgos principales. Incluye fecha, versión, normativa consultada y responsables. Si un dato es provisional, márcalo. La claridad documental permite mantener la instalación, repetir pruebas y justificar decisiones ante una futura ampliación.

1 · Mapa conceptual

En esta unidad estudiamos integración y proyecto. El hilo conductor son diseño, verificación, diagnóstico, eficiencia y nuevas cargas. Antes de memorizar expresiones, dibuja el sistema y marca sus entradas, salidas y fronteras. Un esquema pequeño con referencias claras suele revelar si una magnitud pertenece a una fuente, una carga o un intervalo de medida. Cada decisión técnica debe responder a un requisito y conservar una evidencia verificable.

2 · Modelo físico y límites

Cada decisión técnica debe responder a un requisito y conservar una evidencia verificable. El modelo de cálculo simplifica una realidad física: componentes ideales, condiciones iniciales, equilibrio o temperatura fijada. Indica siempre cuáles son esas hipótesis. Si los datos no respetan el modelo, cambia la representación o utiliza una medición más completa en lugar de forzar una fórmula. En integración y proyecto, conocer el límite del modelo evita obtener un número correcto para una situación mal descrita.

3 · Ruta de resolución paso a paso

Pasa del requisito al esquema, cálculo, selección, verificación, energización y registro de resultados. Después de obtener el resultado, comprueba unidades y coherencia física. Pregunta qué ocurriría si duplicaras la carga o redujeras la sección; la tendencia debe coincidir con el comportamiento esperado. Si una ecuación entrega una cifra sorprendente, revisa conversiones, prefijos, condiciones nominales y si confundiste valores de línea y de fase o magnitudes instantáneas y eficaces.

4 · Lectura de la medida

Usa una ficha de pruebas con valor previsto, valor medido, equipo y aceptación. Deja que el circuito alcance una condición estable cuando la prueba lo requiera y anota simultáneamente los valores relacionados. Registra el punto exacto, el rango y el estado de carga. Repetir una lectura sin cambiar las condiciones permite estimar su estabilidad; comparar lecturas tomadas en condiciones distintas no demuestra por sí solo una avería.

5 · Diagnóstico técnico

No energices ni midas sin evaluación y procedimiento; prioriza aislamiento y verificación de ausencia de tensión. Comienza con observaciones visuales y de placa con el equipo desenergizado. Formula al menos dos causas posibles y elige una prueba que las separe. Cambia una condición cada vez. Tras cualquier corrección repite la medición inicial y otra prueba funcional. Así se comprueba el efecto de la reparación y se evita confundir coincidencia temporal con causa real.

6 · Aplicación en instalación

Documenta hipótesis, fuente de tablas y límites que condicionan el resultado. Lleva el resultado a una decisión concreta: seleccionar un componente, proponer una medida, ajustar un esquema o justificar una verificación. Indica qué dato falta para cerrar la decisión y dónde se obtendría. Si entra en juego dimensionado reglamentario, anota norma, guía, tabla y edición vigente que aplicaste; el material didáctico no sustituye esa comprobación.

7 · Comprobación por balance

Comprueba el balance del sistema: corrientes en un nodo, tensiones alrededor de una malla, potencia de entrada y salida o energía acumulada durante el ensayo, según corresponda. Las diferencias pequeñas pueden deberse a pérdidas, tolerancia e incertidumbre; diferencias grandes señalan una hipótesis, conexión o lectura que debe revisarse. Escribe la diferencia y explica qué mecanismo físico puede producirla.

8 · Vocabulario y comunicación

Explica el resultado en una frase completa: qué se midió o calculó, dónde, bajo qué condición y qué significa para integración y proyecto. Distingue valor nominal, valor medido y valor calculado. Añade unidades y redondea con criterio. Esta práctica permite que otra persona reproduzca el trabajo y detecte si la conclusión depende de una hipótesis aún no verificada.

Requisitos, esquema y memoria de cálculo

Un proyecto empieza con cargas, tensión, fases, ambiente, uso y continuidad requerida. Lista receptores con potencia, simultaneidad, rendimiento y factor de potencia cuando aplique. Separa circuitos, asigna protecciones y dibuja un esquema legible. Calcula corrientes de diseño, conductores y caídas; comprueba cortocircuito, desconexión y coordinación. Cada cifra debe tener origen: placa, medición, tabla o hipótesis. Mantén una hoja de cálculo o memoria que identifique versión y unidad. Si un dato falta, decláralo y explica cómo afecta al resultado.

Método de verificación antes de energizar

Con la instalación desenergizada, inspecciona identificación, sección, color, terminaciones, continuidad de protección y ausencia de daño. Verifica aprietes con herramienta y par especificado. Realiza pruebas eléctricas apropiadas —continuidad, aislamiento, polaridad, secuencia o dispositivos de protección— según instalación, normativa vigente y procedimiento. Comprueba instrumentos antes y después de pruebas. Energiza de forma controlada por circuitos, mide tensiones y corrientes y compara con valores previstos. Guarda resultados y anomalías; no sustituyas pruebas reglamentarias por una prueba funcional.

Diagnóstico basado en hipótesis

Describe síntoma, hora, carga y repetibilidad. Propón varias causas y elige primero una prueba segura que distinga entre ellas. Si una línea cae de tensión, mide origen y carga bajo corriente; si un motor se calienta, registra corrientes de fase, ventilación y carga; si un diferencial dispara, separa circuitos según procedimiento, sin anular protección. Cambia una variable cada vez y conserva mediciones previas. Tras reparar, repite la condición que provocaba el fallo y confirma que no aparece un efecto nuevo.

Seguridad, aislamiento y ausencia de tensión

El trabajo seguro parte de identificar todas las fuentes, incluidas generación FV, baterías, grupos y retornos posibles. Separa, bloquea contra reconexión, verifica ausencia de tensión con un

comprobador adecuado y prueba el comprobador antes y después. Aplica puesta a tierra y cortocircuito cuando proceda por procedimiento y tipo de trabajo. Protege frente a partes próximas en tensión y controla energía almacenada en condensadores. La secuencia y las medidas concretas dependen de evaluación de riesgo, instalaciones y reglas aplicables; no manipules un circuito solo porque el interruptor parezca abierto.

Eficiencia: medir antes de proponer

Una propuesta de eficiencia necesita línea base. Registra potencia y energía con intervalo adecuado, carga, producción y horario. Distingue mejoras de rendimiento, reducción de pérdidas, gestión de demanda y desplazamiento de consumo. Un condensador puede reducir corriente reactiva, pero no necesariamente kWh activos de la carga; un variador puede mejorar control y consumo si el proceso lo permite, pero añade pérdidas y armónicos. Calcula ahorro neto y define cómo se verificará. Evita extrapolar un día de medidas a todo el año sin considerar clima y operación.

Fotovoltaica, batería, recarga y automatización

Fuentes FV, baterías y vehículo eléctrico alteran sentidos de flujo de potencia y simultaneidad. El diseño debe revisar protecciones de cada fuente, modos de isla, conmutación, gestión de cargas, potencia de conexión y comunicaciones. Un sistema de control necesita estados seguros ante pérdida de red o comunicaciones. La sección, protección y selectividad deben considerar escenarios de importación y generación. Documenta fabricantes, versiones y ajustes. Para cálculos reglamentarios, contrasta la edición vigente de reglamento, guías y especificaciones de equipo; una regla simplificada del curso no basta para legalizar una instalación.

Fórmulas de referencia de la unidad

Potencia monofásica: $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$ — Para carga sinusoidal; incluir rendimiento al pasar de potencia mecánica.

Potencia trifásica equilibrada: $P = \sqrt{3} \cdot U_l \cdot I_l \cdot \cos \varphi$ — U_l e I_l de línea.

Caída porcentual: $\Delta U\% = 100 \cdot \Delta U / U_n$ — Usar el método adecuado al circuito.

Energía: $E = \int P(t)dt$ — Para potencia variable; en registro discreto se suman intervalos.

Rendimiento: $\eta = P$ útil/P absorbida — Definir el límite del sistema evaluado.

Ejemplo resuelto

Un circuito monofásico alimenta 2,3 kW a 230 V con $\cos \varphi = 0{,}90$. Estima corriente y dibuja un plan mínimo de verificación antes de servicio.

1. Usa $I \approx P/(U \cdot \cos \varphi)$ para una carga sinusoidal y sin pérdidas adicionales consideradas.

2. $I \approx 2\,300/(230 \cdot 0{,}90) = 11{,}11$ A.

3. Selecciona conductor y protección con el método de instalación real y normativa aplicable; este cálculo aislado no los determina.

4. Antes de energizar, revisa identificación, continuidad de protección, aislamiento y polaridad según proceda.

5. Tras energizar, mide tensión y corriente bajo carga y compara con los valores previstos.

RESULTADO DEL EJEMPLO Corriente estimada: 11,1 A. El circuito aún requiere dimensionado y verificaciones reglamentarias.

Ejercicio de comprobación

Diseña una ficha de diagnóstico para una toma que presenta caída de tensión al conectar una carga. Incluye observaciones, medidas y decisión.

SOLUCIÓN RAZONADA Registra carga, punto, tensión en vacío y en carga, corriente, tiempo, instrumento y condiciones. Compara caída entre origen y toma, inspecciona visualmente conexiones tras aislar, comprueba aprietes y conductor según procedimiento seguro. Repite la medida después de corregir y documenta el resultado.

Práctica guiada · Integración, diseño y seguridad

Objetivo: Aplicar integración y proyecto con un montaje de baja tensión o una simulación autorizada, registrando datos y justificando diferencias.

Equipo o material: ['Esquema de la práctica y fuente protegida adecuada', 'Instrumento con categoría y rango apropiados', 'Conductores y carga didáctica identificados', 'Hoja de registro, calculadora y elementos de protección requeridos']

1. Lee el esquema y localiza puntos de medida antes de conectar.
2. Con la alimentación aislada, revisa polaridad, continuidad y bornes.
3. Anota valores nominales e hipótesis; predice el orden de magnitud.
4. Conecta el circuito siguiendo el procedimiento del laboratorio y energiza solo con autorización.
5. Mide en puntos definidos, registra unidades y repite una lectura estable.
6. Desconecta, verifica el estado seguro y compara cálculo, medida y balance.
7. Explica discrepancias y redacta una conclusión que cite límites y fuentes.

QUÉ DEBE OBSERVARSE ['Esquema rotulado y procedimiento reproducible.', 'Tabla con valores previstos, medidos y diferencia relativa.', 'Conclusión que distingue dato, hipótesis e interpretación.']

Seguridad: ['No improvises conexiones en instalaciones de red ni midas tensión con el multímetro en borne de corriente.', 'Aísla, verifica ausencia de tensión y descarga elementos que puedan almacenar energía antes de manipular.', 'Detén la práctica ante calentamiento, olor, ruido anormal, lectura inesperada o protección disparada. Sigue las instrucciones del centro y del responsable.']

Pregunta de autoevaluación

¿Cuál es un buen primer paso para diagnosticar una avería intermitente?

A. Sustituir varias piezas a la vez
B. Registrar el síntoma y las condiciones en que aparece
C. Aumentar el calibre de la protección
D. Ignorar la carga conectada

CRITERIO DE RESPUESTA Un registro de condiciones permite reproducir el fallo y escoger pruebas que distingan causas.

Puente entre teoría y práctica profesional

Un proyecto eléctrico sólido enlaza necesidades de uso, esquema, cálculo, elección de equipos, protecciones y verificación. Cada decisión debe apoyarse en datos y dejar una comprobación: carga prevista, sección, caída, desconexión y continuidad de protección. La documentación final permite

que otra persona entienda qué se instaló y por qué. Antes de energizar, revisa el conjunto y aplica las medidas de seguridad del procedimiento.

17 Anexo REBT: medidas, cien conceptos y cincuenta datos

Se incorpora el repertorio formativo que contiene la aplicación. Cada ficha incluye la referencia que aporta el propio programa. El texto de cada ITC, guía y norma de producto debe verificarse en su fuente oficial, porque este anexo no actúa como boletín legislativo.



Vista explicativa del bloque «Anexo REBT: medidas, cien conceptos y cincuenta datos», reconstruida a partir de los controles presentes en la APK.

Anexo A0 · Medidas eléctricas reglamentarias

Primero el marco de verificación; después, cómo entender y relacionar las medidas. Zline, Zs y RA se explican por separado.

1. Qué significa MER en esta guía

Nombre didáctico para ordenar verificaciones eléctricas en baja tensión.

En esta aplicación MER significa “medidas eléctricas reglamentarias” como rótulo didáctico. No es una categoría normativa independiente. El soporte reglamentario principal está en el REBT aprobado por el Real Decreto 842/2002: el artículo 18 y la ITC-BT-05 tratan las verificaciones previas a la puesta en servicio y las inspecciones. La empresa instaladora que ejecuta la instalación realiza las verificaciones que proceden; las inspecciones iniciales y periódicas corresponden a los supuestos que el propio reglamento señala y al agente que establece la instrucción.

Por eso no existe una lista idéntica que haya que aplicar sin criterio a toda instalación. El alcance depende del tipo y uso de la instalación, de su esquema TT, TN o IT, del proyecto y de las protecciones instaladas. La secuencia de esta guía es una ayuda para estudiar y documentar; no reemplaza el procedimiento de verificación que corresponda al caso.

Referencia de la ficha: REBT, artículos 18 y 20; ITC-BT-04 e ITC-BT-05

2. Antes de medir: identificar el sistema y preparar el ensayo

Saber qué esquema se mide evita confundir una lectura correcta con una conclusión incorrecta.

Empieza por reconocer el esquema de distribución (TT, TN o IT), el punto de origen, el tipo de protección automática, los conductores de fase, neutro y protección, y la parte de instalación que queda dentro de la medida. Revisa el proyecto, esquemas, datos del transformador cuando estén disponibles y características de los instrumentos.

Las pruebas que requieran instalación sin tensión deben realizarse con desconexión, comprobación de ausencia de tensión y control de energías almacenadas conforme al procedimiento seguro aplicable. Antes de una prueba de aislamiento, protege o desconecta los equipos electrónicos sensibles según el método de ensayo. La seguridad de las personas prevalece sobre completar una lista de lecturas.

Referencia de la ficha: REBT, artículos 18 y 20; ITC-BT-05; ITC-BT-19; instrucciones del instrumento

3. Diferencia entre Zline, Zs y RA

Zline mira el camino fase–neutro; Zs el lazo de defecto fase–protección; RA el electrodo local.

Zline (impedancia de línea) es la impedancia del circuito de alimentación visto entre fase y neutro —o entre fases, según el método y el tipo de red— en el punto medido. Incorpora la impedancia de la fuente aguas arriba y la de los conductores del recorrido. Se usa para estimar la corriente de cortocircuito prospectiva en ese punto.

Zs (impedancia de bucle de defecto) es la impedancia total del camino que recorrería una corriente de defecto fase–masa: sale por fase, atraviesa el punto de defecto y retorna hacia la fuente por el conductor PE y el sistema de puesta a tierra o por el camino metálico TN, según el esquema. No es solamente la resistencia del cable PE.

RA (resistencia de puesta a tierra) representa la resistencia del electrodo o conjunto local de tierra respecto a tierra remota, medida con un método adecuado. A veces se dice de forma coloquial “impedancia de tierra”; para la comprobación ordinaria de baja tensión el dato práctico que se documenta es la resistencia de tierra RA, mientras que una impedancia describe de forma más completa la oposición al paso de corriente, incluidos posibles efectos reactivos. No incluye por sí sola la impedancia de fase, la fuente ni todo el bucle hasta el transformador. Por ello una lectura de Zs no equivale a una medida directa de RA.

Referencia de la ficha: ITC-BT-08; ITC-BT-18; ITC-BT-24; guía del fabricante del comprobador

4. Medida de impedancia de línea Zline

La lectura L–N estima la impedancia disponible para un cortocircuito por el camino de línea.

Con un comprobador adecuado, la impedancia de línea se mide normalmente entre fase y neutro en el extremo de la instalación. El instrumento aplica su método de ensayo y obtiene una impedancia estimada; algunos equipos muestran directamente la corriente de cortocircuito prospectiva. En sistemas trifásicos también pueden medirse magnitudes entre fases conforme al equipo y al método.

La lectura integra la red de suministro, el transformador, las conexiones y los conductores que preceden al punto. Sirve para valorar el nivel de corriente de cortocircuito esperado y contrastar el poder de corte y la coordinación de las protecciones, con las hipótesis apropiadas. No mide resistencia de tierra ni por sí sola demuestra que una protección vaya a despejar cualquier defecto.

Referencia de la ficha: ITC-BT-22; ITC-BT-24; procedimiento y categoría de medida del instrumento

5. Medida de impedancia de bucle Zs (fase–PE)

Mide el lazo de corriente de defecto necesario para evaluar la desconexión automática.

En la prueba fase–PE, el comprobador estima la impedancia del lazo completo de defecto desde el punto de medida hasta la fuente y de vuelta. El recorrido incluye la impedancia interna de la fuente y transformador, los conductores de fase, el punto de defecto supuesto y el retorno de protección/tierra que corresponda al esquema. Una Zs menor suele permitir una corriente de defecto mayor; una Zs elevada puede retrasar o impedir que una protección de sobreintensidad alcance su condición de desconexión dentro del tiempo requerido.

En TN se relaciona la impedancia del bucle con la corriente de actuación y la tensión fase-tierra (condición usual expresada como $Zs \cdot Ia \leq U0$, interpretada con el dispositivo y los tiempos exigidos). En TT, la protección contra contactos indirectos se coordina normalmente con la resistencia de tierra y el diferencial, mediante la condición $RA \cdot I\Delta n \leq UL$ en los términos de ITC-BT-24. No intercambies ambos criterios. La prueba de bucle puede producir corriente de ensayo y, si hay diferencial, se debe elegir un modo compatible para no provocar disparos innecesarios.

Referencia de la ficha: ITC-BT-24, protección por desconexión automática; ITC-BT-08, esquemas de distribución

6. Medida de la resistencia de tierra RA

Caracteriza la puesta a tierra local; el resultado depende del montaje y del método de medida.

La medida de RA busca valorar la resistencia del electrodo de la instalación respecto a tierra remota. Un procedimiento clásico usa un telurómetro de tres o cuatro bornes con picas auxiliares de corriente y potencial. La pica de potencial se desplaza para comprobar que la lectura se estabiliza en la zona adecuada. Puede ser necesario desconectar el electrodo de caminos paralelos para aislar la puesta a tierra que se quiere medir; hacerlo exige una planificación segura y después restablecer la conexión.

Las pinzas de tierra pueden medir en lazos con caminos paralelos adecuados, pero no sirven para cualquier electrodo aislado ni para cualquier topología. La resistencia varía con la humedad, la estación, el terreno, la geometría y el estado de conexiones. Registra método, condiciones y punto de conexión; una cifra sin esos datos puede ser engañosa.

Referencia de la ficha: ITC-BT-18; guía del fabricante del telurómetro o medidor de tierra

7. Suma de impedancias desde el transformador

La fuente, el transformador y cada tramo de red contribuyen a la impedancia total.

Para calcular una corriente prospectiva, representa la red aguas arriba mediante su equivalente y suma las impedancias en serie hasta el punto de defecto: impedancia de red, transformador, fase y camino de retorno pertinente. Trabaja con valores complejos Z = R + jX y refiere todos los elementos al mismo nivel de tensión y base. No sumes módulos sin más cuando las relaciones R/X importen.

En una aproximación monofásica, Icc ≈ U0 / |ZΣ|. Para un defecto trifásico equilibrado, Icc3 ≈ ULL / (√3·|Z1|), usando la impedancia equivalente de secuencia positiva apropiada. En cálculos de proyecto con precisión normativa se consideran además condiciones de tensión, temperatura, factores de cálculo y tipo de defecto según el método aplicable. La lectura del comprobador es una estimación en las condiciones del ensayo.

Referencia de la ficha: ITC-BT-22; ITC-BT-24; datos de red y método de cálculo del cortocircuito

8. Qué aporta la tensión de cortocircuito uk %

uk % describe la impedancia del transformador en porcentaje de su tensión asignada.

La tensión de cortocircuito uk % es el porcentaje de tensión que, aplicada a un devanado con el otro devanado cortocircuitado bajo el ensayo especificado, hace circular la corriente asignada. En el equivalente habitual de un transformador trifásico, la impedancia por fase referida al secundario se estima como ZT ≈ (uk/100)·ULL²/Sn, con ULL y Sn coherentes y omitiendo aquí el refinamiento de pérdidas.

Si se ignora la impedancia de la red aguas arriba, la corriente de cortocircuito trifásica en bornes del secundario se aproxima por Icc ≈ In·100/uk %. Es una primera estimación; si hay cables o red antes del transformador, su impedancia aumenta ZΣ y reduce la corriente disponible. uk % no es una “tensión” que se añada a Z; es un dato porcentual del que se deriva una impedancia.

Referencia de la ficha: Placa y documentación del transformador; REBT ITC-BT-22

9. Continuidad del conductor de protección

Comprueba el recorrido PE y uniones equipotenciales con un equipo apropiado de baja resistencia.

La comprobación busca confirmar continuidad eléctrica efectiva desde las masas y conexiones equipotenciales hasta el punto de protección previsto. No basta con observar que el conductor llega al cuadro: conexiones flojas, corrosión, cortes y empalmes deficientes pueden invalidar el camino de defecto. Para esta tarea se utiliza un instrumento de continuidad/baja resistencia de acuerdo con el procedimiento aplicable, compensando cables de medida cuando sea necesario.

La continuidad no demuestra por sí sola una impedancia de bucle adecuada, ni mide RA, ni sustituye la inspección visual y el ensayo de protección. Conviene registrar circuito, puntos ensayados, instrumento y resultado.

Referencia de la ficha: ITC-BT-05; ITC-BT-18; especificación del instrumento

10. Resistencia de aislamiento

Ensayo en corriente continua entre conductores activos y tierra o entre conductores.

El REBT fija en ITC-BT-19 tensiones de ensayo y valores mínimos según la tensión nominal. Para instalaciones de hasta 500 V, la tabla de la instrucción establece como referencia 500 V en corriente continua y al menos 0,5 MΩ, con condiciones y alcance definidos en el propio texto. Antes de ensayar se aísla la instalación de su alimentación y se preparan los receptores y dispositivos electrónicos para no dañarlos.

El ensayo se realiza con equipo de medida de aislamiento; no debe confundirse con una prueba de continuidad o con la medida de resistencia de tierra. Sigue la tabla normativa completa para el nivel de tensión, longitud, conexión de circuitos y excepciones del caso.

Referencia de la ficha: ITC-BT-19, apartado 2.9, tabla 3; ITC-BT-05

11. Diferenciales, polaridad y otras verificaciones

La prueba debe corresponder al tipo de dispositivo y al objetivo de protección.

El botón TEST del diferencial comprueba un mecanismo interno, pero no sustituye una prueba instrumental de corriente/tiempo de disparo cuando esta resulte necesaria para la verificación. Selecciona en el comprobador el tipo de diferencial, forma de onda y corriente de prueba admitidas. Interpreta la medida según la protección concreta y el esquema, sin asumir un único tiempo o resultado universal.

También pueden comprobarse polaridad, secuencia de fases, tensión de suministro y funcionamiento de mandos, según las características del circuito y las verificaciones pertinentes. Registra los resultados relevantes y contrástalos con proyecto, especificaciones del fabricante y reglas aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-05; ITC-BT-24; documentación del fabricante del diferencial

Anexo A1 · 100 conceptos esenciales

100 conceptos esenciales, ordenados por tema. Pulsa una ficha para abrir su explicación y localizar la instrucción técnica correspondiente.

1. Objeto del REBT

Regula las condiciones técnicas y garantías de seguridad de las instalaciones eléctricas de baja tensión.

Regula las condiciones técnicas y garantías de seguridad de las instalaciones eléctricas de baja tensión.

Este bloque permite interpretar el lenguaje del reglamento antes de entrar en cálculos. Identifica primero qué instalación, equipo y situación describe el enunciado; después busca la instrucción concreta. Una definición bien entendida evita aplicar una tabla fuera de su ámbito.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: Real Decreto 842/2002, art. 1

2. Ámbito de aplicación

Abarca instalaciones de generación, transformación, distribución y utilización dentro de los límites de baja tensión.

Abarca instalaciones de generación, transformación, distribución y utilización dentro de los límites de baja tensión.

Este bloque permite interpretar el lenguaje del reglamento antes de entrar en cálculos. Identifica primero qué instalación, equipo y situación describe el enunciado; después busca la instrucción concreta. Una definición bien entendida evita aplicar una tabla fuera de su ámbito.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: REBT, art. 2

3. Límite de baja tensión en alterna

La tensión nominal no supera 1.000 V en corriente alterna.

La tensión nominal no supera 1.000 V en corriente alterna.

Este bloque permite interpretar el lenguaje del reglamento antes de entrar en cálculos. Identifica primero qué instalación, equipo y situación describe el enunciado; después busca la instrucción concreta. Una definición bien entendida evita aplicar una tabla fuera de su ámbito.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: REBT, art. 2

4. Límite de baja tensión en continua

La tensión nominal no supera 1.500 V en corriente continua.

La tensión nominal no supera 1.500 V en corriente continua.

Este bloque permite interpretar el lenguaje del reglamento antes de entrar en cálculos. Identifica primero qué instalación, equipo y situación describe el enunciado; después busca la instrucción concreta. Una definición bien entendida evita aplicar una tabla fuera de su ámbito.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: REBT, art. 2

5. Instalación eléctrica

Conjunto de circuitos, equipos y materiales asociados destinados a producir, convertir, transformar, transmitir, distribuir o utilizar energía eléctrica.

Conjunto de circuitos, equipos y materiales asociados destinados a producir, convertir, transformar, transmitir, distribuir o utilizar energía eléctrica.

Este bloque permite interpretar el lenguaje del reglamento antes de entrar en cálculos. Identifica primero qué instalación, equipo y situación describe el enunciado; después busca la instrucción concreta. Una definición bien entendida evita aplicar una tabla fuera de su ámbito.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-01, terminología

6. Tensión nominal

Valor de tensión asignado por el que se identifica una red, circuito o equipo.

Valor de tensión asignado por el que se identifica una red, circuito o equipo.

Este bloque permite interpretar el lenguaje del reglamento antes de entrar en cálculos. Identifica primero qué instalación, equipo y situación describe el enunciado; después busca la instrucción concreta. Una definición bien entendida evita aplicar una tabla fuera de su ámbito.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-01, terminología

7. Tensión asignada

Valor indicado para un componente que define sus condiciones de funcionamiento previstas.

Valor indicado para un componente que define sus condiciones de funcionamiento previstas.

Este bloque permite interpretar el lenguaje del reglamento antes de entrar en cálculos. Identifica primero qué instalación, equipo y situación describe el enunciado; después busca la instrucción concreta. Una definición bien entendida evita aplicar una tabla fuera de su ámbito.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-01, terminología

8. Corriente admisible

Corriente que puede transportar un conductor de forma continua bajo condiciones determinadas sin superar su temperatura límite.

Corriente que puede transportar un conductor de forma continua bajo condiciones determinadas sin superar su temperatura límite.

Este bloque permite interpretar el lenguaje del reglamento antes de entrar en cálculos. Identifica primero qué instalación, equipo y situación describe el enunciado; después busca la instrucción concreta. Una definición bien entendida evita aplicar una tabla fuera de su ámbito.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-01; ITC-BT-19

9. Contacto directo

Contacto de una persona con partes activas que normalmente están en tensión.

Contacto de una persona con partes activas que normalmente están en tensión.

Este bloque permite interpretar el lenguaje del reglamento antes de entrar en cálculos. Identifica primero qué instalación, equipo y situación describe el enunciado; después busca la instrucción concreta. Una definición bien entendida evita aplicar una tabla fuera de su ámbito.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-01; ITC-BT-24

10. Contacto indirecto

Contacto con una masa que ha quedado accidentalmente en tensión por un fallo de aislamiento.

Contacto con una masa que ha quedado accidentalmente en tensión por un fallo de aislamiento.

Este bloque permite interpretar el lenguaje del reglamento antes de entrar en cálculos. Identifica primero qué instalación, equipo y situación describe el enunciado; después busca la instrucción concreta. Una definición bien entendida evita aplicar una tabla fuera de su ámbito.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-01; ITC-BT-24

11. Masa

Parte conductora accesible de un equipo que normalmente no está en tensión, pero puede quedar energizada si falla el aislamiento.

Parte conductora accesible de un equipo que normalmente no está en tensión, pero puede quedar energizada si falla el aislamiento.

Este bloque permite interpretar el lenguaje del reglamento antes de entrar en cálculos. Identifica primero qué instalación, equipo y situación describe el enunciado; después busca la instrucción concreta. Una definición bien entendida evita aplicar una tabla fuera de su ámbito.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-01

12. Parte activa

Conductor o parte conductora destinada a estar en tensión en servicio normal; el neutro también puede ser parte activa.

Conductor o parte conductora destinada a estar en tensión en servicio normal; el neutro también puede ser parte activa.

Este bloque permite interpretar el lenguaje del reglamento antes de entrar en cálculos. Identifica primero qué instalación, equipo y situación describe el enunciado; después busca la instrucción concreta. Una definición bien entendida evita aplicar una tabla fuera de su ámbito.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-01

13. Aislamiento principal

Aislamiento de las partes activas cuya función básica es proteger contra el contacto eléctrico.

Aislamiento de las partes activas cuya función básica es proteger contra el contacto eléctrico.

Este bloque permite interpretar el lenguaje del reglamento antes de entrar en cálculos. Identifica primero qué instalación, equipo y situación describe el enunciado; después busca la instrucción concreta. Una definición bien entendida evita aplicar una tabla fuera de su ámbito.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-01

14. Aislamiento doble o reforzado

Solución de aislamiento que proporciona protección equivalente a la combinación de aislamiento principal y suplementario.

Solución de aislamiento que proporciona protección equivalente a la combinación de aislamiento principal y suplementario.

Este bloque permite interpretar el lenguaje del reglamento antes de entrar en cálculos. Identifica primero qué instalación, equipo y situación describe el enunciado; después busca la instrucción concreta. Una definición bien entendida evita aplicar una tabla fuera de su ámbito.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-01; ITC-BT-24

15. Muy baja tensión de seguridad

Sistema MBTS separado de tierra y de otros sistemas, con límites de tensión y medidas definidos para reducir el riesgo eléctrico.

Sistema MBTS separado de tierra y de otros sistemas, con límites de tensión y medidas definidos para reducir el riesgo eléctrico.

Este bloque permite interpretar el lenguaje del reglamento antes de entrar en cálculos. Identifica primero qué instalación, equipo y situación describe el enunciado; después busca la instrucción concreta. Una definición bien entendida evita aplicar una tabla fuera de su ámbito.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-36; ITC-BT-24

16. Acometida

Parte de la red de distribución que alimenta la caja o elemento general de protección del edificio.

Parte de la red de distribución que alimenta la caja o elemento general de protección del edificio.

La instalación se entiende desde el punto de suministro hacia los receptores. En cada tramo cambian la propiedad, la función, la forma de medir y las responsabilidades; por eso conviene dibujar el recorrido y localizar protecciones y contadores antes de dimensionar.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-11

17. Instalación de enlace

Une la caja general de protección con las instalaciones interiores de los usuarios.

Une la caja general de protección con las instalaciones interiores de los usuarios.

La instalación se entiende desde el punto de suministro hacia los receptores. En cada tramo cambian la propiedad, la función, la forma de medir y las responsabilidades; por eso conviene dibujar el recorrido y localizar protecciones y contadores antes de dimensionar.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-12

18. Caja general de protección

Aloja los elementos de protección de la línea general frente a sobreintensidades, según la configuración autorizada.

Aloja los elementos de protección de la línea general frente a sobreintensidades, según la configuración autorizada.

La instalación se entiende desde el punto de suministro hacia los receptores. En cada tramo cambian la propiedad, la función, la forma de medir y las responsabilidades; por eso conviene dibujar el recorrido y localizar protecciones y contadores antes de dimensionar.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-13

19. Línea general de alimentación

Tramo que enlaza la caja general de protección con la centralización de contadores.

Tramo que enlaza la caja general de protección con la centralización de contadores.

La instalación se entiende desde el punto de suministro hacia los receptores. En cada tramo cambian la propiedad, la función, la forma de medir y las responsabilidades; por eso conviene dibujar el recorrido y localizar protecciones y contadores antes de dimensionar.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-14

20. Contadores y centralización

Conjunto destinado a medir la energía y alojar los equipos de medida con accesibilidad y seguridad.

Conjunto destinado a medir la energía y alojar los equipos de medida con accesibilidad y seguridad.

La instalación se entiende desde el punto de suministro hacia los receptores. En cada tramo cambian la propiedad, la función, la forma de medir y las responsabilidades; por eso conviene dibujar el recorrido y localizar protecciones y contadores antes de dimensionar.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-16

21. Derivación individual

Parte de la instalación que alimenta cada usuario desde la línea general o desde el equipo de medida, según el esquema.

Parte de la instalación que alimenta cada usuario desde la línea general o desde el equipo de medida, según el esquema.

La instalación se entiende desde el punto de suministro hacia los receptores. En cada tramo cambian la propiedad, la función, la forma de medir y las responsabilidades; por eso conviene dibujar el recorrido y localizar protecciones y contadores antes de dimensionar.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-15

22. Interruptor de control de potencia

Dispositivo asociado al control de la potencia contratada, integrado en los equipos actuales de medida cuando corresponda.

Dispositivo asociado al control de la potencia contratada, integrado en los equipos actuales de medida cuando corresponda.

La instalación se entiende desde el punto de suministro hacia los receptores. En cada tramo cambian la propiedad, la función, la forma de medir y las responsabilidades; por eso conviene dibujar el recorrido y localizar protecciones y contadores antes de dimensionar.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-17; normativa de medida aplicable

23. Dispositivos generales de mando y protección

Conjunto de corte y protección situado al inicio de la instalación interior del usuario.

Conjunto de corte y protección situado al inicio de la instalación interior del usuario.

La instalación se entiende desde el punto de suministro hacia los receptores. En cada tramo cambian la propiedad, la función, la forma de medir y las responsabilidades; por eso conviene dibujar el recorrido y localizar protecciones y contadores antes de dimensionar.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-17

24. Esquema de distribución

Forma de conectar la alimentación y las masas a tierra; los esquemas TT, TN e IT condicionan la protección.

Forma de conectar la alimentación y las masas a tierra; los esquemas TT, TN e IT condicionan la protección.

La instalación se entiende desde el punto de suministro hacia los receptores. En cada tramo cambian la propiedad, la función, la forma de medir y las responsabilidades; por eso conviene dibujar el recorrido y localizar protecciones y contadores antes de dimensionar.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-08

25. Suministro normal

Suministro previsto como alimentación habitual de la instalación.

Suministro previsto como alimentación habitual de la instalación.

La instalación se entiende desde el punto de suministro hacia los receptores. En cada tramo cambian la propiedad, la función, la forma de medir y las responsabilidades; por eso conviene dibujar el recorrido y localizar protecciones y contadores antes de dimensionar.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-28; ITC-BT-40

26. Suministro complementario

Suministro que mantiene servicios determinados cuando falla el normal, según categoría y emplazamiento.

Suministro que mantiene servicios determinados cuando falla el normal, según categoría y emplazamiento.

La instalación se entiende desde el punto de suministro hacia los receptores. En cada tramo cambian la propiedad, la función, la forma de medir y las responsabilidades; por eso conviene dibujar el recorrido y localizar protecciones y contadores antes de dimensionar.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-28

27. Concurrencia de suministros

La conexión de fuentes exige impedir retornos peligrosos y asegurar la conmutación prevista.

La conexión de fuentes exige impedir retornos peligrosos y asegurar la conmutación prevista.

La instalación se entiende desde el punto de suministro hacia los receptores. En cada tramo cambian la propiedad, la función, la forma de medir y las responsabilidades; por eso conviene dibujar el recorrido y localizar protecciones y contadores antes de dimensionar.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-40; ITC-BT-28

28. Proyecto eléctrico

Documento técnico exigible en los casos reglamentarios que define, justifica y representa la instalación.

Documento técnico exigible en los casos reglamentarios que define, justifica y representa la instalación.

La instalación se entiende desde el punto de suministro hacia los receptores. En cada tramo cambian la propiedad, la función, la forma de medir y las responsabilidades; por eso conviene dibujar el recorrido y localizar protecciones y contadores antes de dimensionar.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-04

29. Memoria técnica de diseño

Documento de diseño para instalaciones que no requieren proyecto, elaborado por instalador habilitado o técnico competente según el caso.

Documento de diseño para instalaciones que no requieren proyecto, elaborado por instalador habilitado o técnico competente según el caso.

La instalación se entiende desde el punto de suministro hacia los receptores. En cada tramo cambian la propiedad, la función, la forma de medir y las responsabilidades; por eso conviene dibujar el recorrido y localizar protecciones y contadores antes de dimensionar.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-04

30. Certificado de instalación

Documento que acredita la ejecución y las verificaciones reglamentarias realizadas por el instalador habilitado.

Documento que acredita la ejecución y las verificaciones reglamentarias realizadas por el instalador habilitado.

La instalación se entiende desde el punto de suministro hacia los receptores. En cada tramo cambian la propiedad, la función, la forma de medir y las responsabilidades; por eso conviene dibujar el recorrido y localizar protecciones y contadores antes de dimensionar.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-04

31. Protección contra sobrecargas

Evita que una corriente excesiva sostenida caliente el conductor por encima de sus límites térmicos.

Evita que una corriente excesiva sostenida caliente el conductor por encima de sus límites térmicos.

Este bloque sigue la lógica de seguridad: impedir el contacto, detectar el defecto, interrumpir la corriente peligrosa y limitar daños térmicos. El cálculo del conductor y la elección de la protección deben coordinarse con el montaje y con la corriente de cortocircuito disponible.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-22; ITC-BT-19

32. Protección contra cortocircuitos

Interrumpe corrientes de defecto elevadas con capacidad de corte adecuada al punto de instalación.

Interrumpe corrientes de defecto elevadas con capacidad de corte adecuada al punto de instalación.

Este bloque sigue la lógica de seguridad: impedir el contacto, detectar el defecto, interrumpir la corriente peligrosa y limitar daños térmicos. El cálculo del conductor y la elección de la protección deben coordinarse con el montaje y con la corriente de cortocircuito disponible.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-22

33. Coordinación conductor-protección

La intensidad de diseño, la protección y la intensidad admisible del cable deben cumplir las relaciones reglamentarias.

La intensidad de diseño, la protección y la intensidad admisible del cable deben cumplir las relaciones reglamentarias.

Este bloque sigue la lógica de seguridad: impedir el contacto, detectar el defecto, interrumpir la corriente peligrosa y limitar daños térmicos. El cálculo del conductor y la elección de la protección deben coordinarse con el montaje y con la corriente de cortocircuito disponible.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-19; ITC-BT-22

34. Interruptor automático

Dispositivo capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales y de defecto especificadas.

Dispositivo capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales y de defecto especificadas.

Este bloque sigue la lógica de seguridad: impedir el contacto, detectar el defecto, interrumpir la corriente peligrosa y limitar daños térmicos. El cálculo del conductor y la elección de la protección deben coordinarse con el montaje y con la corriente de cortocircuito disponible.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-22

35. Fusible

Elemento que abre el circuito cuando la corriente supera su característica tiempo-corriente.

Elemento que abre el circuito cuando la corriente supera su característica tiempo-corriente.

Este bloque sigue la lógica de seguridad: impedir el contacto, detectar el defecto, interrumpir la corriente peligrosa y limitar daños térmicos. El cálculo del conductor y la elección de la protección deben coordinarse con el montaje y con la corriente de cortocircuito disponible.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-22

36. Interruptor diferencial

Detecta desequilibrios de corriente asociados a fugas y desconecta cuando se cumplen sus condiciones de disparo.

Detecta desequilibrios de corriente asociados a fugas y desconecta cuando se cumplen sus condiciones de disparo.

Este bloque sigue la lógica de seguridad: impedir el contacto, detectar el defecto, interrumpir la corriente peligrosa y limitar daños térmicos. El cálculo del conductor y la elección de la protección deben coordinarse con el montaje y con la corriente de cortocircuito disponible.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-24

37. Protección diferencial adicional

Medida complementaria de protección frente a ciertos contactos; no sustituye aislamiento, puesta a tierra ni protección contra sobreintensidades.

Medida complementaria de protección frente a ciertos contactos; no sustituye aislamiento, puesta a tierra ni protección contra sobreintensidades.

Este bloque sigue la lógica de seguridad: impedir el contacto, detectar el defecto, interrumpir la corriente peligrosa y limitar daños térmicos. El cálculo del conductor y la elección de la protección deben coordinarse con el montaje y con la corriente de cortocircuito disponible.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-24; ITC-BT-25

38. Conductor de protección

Conecta masas con el sistema de puesta a tierra y participa en la desconexión automática ante defecto.

Conecta masas con el sistema de puesta a tierra y participa en la desconexión automática ante defecto.

Este bloque sigue la lógica de seguridad: impedir el contacto, detectar el defecto, interrumpir la corriente peligrosa y limitar daños térmicos. El cálculo del conductor y la elección de la protección deben coordinarse con el montaje y con la corriente de cortocircuito disponible.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-18; ITC-BT-19

39. Conductor neutro

Conductor conectado al punto neutro de la red; su sección y protección dependen del diseño y de las condiciones de carga.

Conductor conectado al punto neutro de la red; su sección y protección dependen del diseño y de las condiciones de carga.

Este bloque sigue la lógica de seguridad: impedir el contacto, detectar el defecto, interrumpir la corriente peligrosa y limitar daños térmicos. El cálculo del conductor y la elección de la protección deben coordinarse con el montaje y con la corriente de cortocircuito disponible.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-19

40. Conductor de fase

Conductor que transporta energía desde la fuente a la carga en un sistema de corriente alterna.

Conductor que transporta energía desde la fuente a la carga en un sistema de corriente alterna.

Este bloque sigue la lógica de seguridad: impedir el contacto, detectar el defecto, interrumpir la corriente peligrosa y limitar daños térmicos. El cálculo del conductor y la elección de la protección deben coordinarse con el montaje y con la corriente de cortocircuito disponible.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-19

41. Sección del conductor

Se determina considerando intensidad admisible, caída de tensión, cortocircuito, instalación, agrupamiento y condiciones ambientales.

Se determina considerando intensidad admisible, caída de tensión, cortocircuito, instalación, agrupamiento y condiciones ambientales.

Este bloque sigue la lógica de seguridad: impedir el contacto, detectar el defecto, interrumpir la corriente peligrosa y limitar daños térmicos. El cálculo del conductor y la elección de la protección deben coordinarse con el montaje y con la corriente de cortocircuito disponible.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-19

42. Canalización eléctrica

Conjunto que guía y protege conductores; su elección depende del entorno, el montaje y la accesibilidad.

Conjunto que guía y protege conductores; su elección depende del entorno, el montaje y la accesibilidad.

Este bloque sigue la lógica de seguridad: impedir el contacto, detectar el defecto, interrumpir la corriente peligrosa y limitar daños térmicos. El cálculo del conductor y la elección de la protección deben coordinarse con el montaje y con la corriente de cortocircuito disponible.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-20; ITC-BT-21

43. Caída de tensión

Diferencia de tensión entre origen y receptor bajo carga; debe respetar límites según tramo y uso.

Diferencia de tensión entre origen y receptor bajo carga; debe respetar límites según tramo y uso.

Este bloque sigue la lógica de seguridad: impedir el contacto, detectar el defecto, interrumpir la corriente peligrosa y limitar daños térmicos. El cálculo del conductor y la elección de la protección deben coordinarse con el montaje y con la corriente de cortocircuito disponible.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-14; 15; 19; 52

44. Puesta a tierra

Conexión eléctrica con el terreno para establecer referencias y facilitar la actuación de las protecciones.

Conexión eléctrica con el terreno para establecer referencias y facilitar la actuación de las protecciones.

Este bloque sigue la lógica de seguridad: impedir el contacto, detectar el defecto, interrumpir la corriente peligrosa y limitar daños térmicos. El cálculo del conductor y la elección de la protección deben coordinarse con el montaje y con la corriente de cortocircuito disponible.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-18

45. Resistencia de tierra

Parámetro que, junto con la protección, condiciona la tensión de contacto y el tiempo de desconexión.

Parámetro que, junto con la protección, condiciona la tensión de contacto y el tiempo de desconexión.

Este bloque sigue la lógica de seguridad: impedir el contacto, detectar el defecto, interrumpir la corriente peligrosa y limitar daños térmicos. El cálculo del conductor y la elección de la protección deben coordinarse con el montaje y con la corriente de cortocircuito disponible.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-18; ITC-BT-24

46. Unión equipotencial

Conexión de elementos conductores para reducir diferencias de potencial peligrosas entre partes simultáneamente accesibles.

Conexión de elementos conductores para reducir diferencias de potencial peligrosas entre partes simultáneamente accesibles.

Este bloque sigue la lógica de seguridad: impedir el contacto, detectar el defecto, interrumpir la corriente peligrosa y limitar daños térmicos. El cálculo del conductor y la elección de la protección deben coordinarse con el montaje y con la corriente de cortocircuito disponible.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-18; ITC-BT-27

47. Desconexión automática

Medida que desconecta la alimentación dentro de las condiciones y tiempos establecidos cuando aparece un defecto.

Medida que desconecta la alimentación dentro de las condiciones y tiempos establecidos cuando aparece un defecto.

Este bloque sigue la lógica de seguridad: impedir el contacto, detectar el defecto, interrumpir la corriente peligrosa y limitar daños térmicos. El cálculo del conductor y la elección de la protección deben coordinarse con el montaje y con la corriente de cortocircuito disponible.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-24

48. Sobretensión transitoria

Elevación breve de tensión asociada, por ejemplo, a descargas atmosféricas o maniobras; exige analizar exposición y protección.

Elevación breve de tensión asociada, por ejemplo, a descargas atmosféricas o maniobras; exige analizar exposición y protección.

Este bloque sigue la lógica de seguridad: impedir el contacto, detectar el defecto, interrumpir la corriente peligrosa y limitar daños térmicos. El cálculo del conductor y la elección de la protección deben coordinarse con el montaje y con la corriente de cortocircuito disponible.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-23

49. Protector contra sobretensiones

Dispositivo que limita sobretensiones transitorias o temporales según el tipo, coordinación y esquema de instalación.

Dispositivo que limita sobretensiones transitorias o temporales según el tipo, coordinación y esquema de instalación.

Este bloque sigue la lógica de seguridad: impedir el contacto, detectar el defecto, interrumpir la corriente peligrosa y limitar daños térmicos. El cálculo del conductor y la elección de la protección deben coordinarse con el montaje y con la corriente de cortocircuito disponible.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-23

50. Selectividad de protecciones

Coordinación para que, ante un defecto, actúe preferentemente el dispositivo más próximo al punto afectado.

Coordinación para que, ante un defecto, actúe preferentemente el dispositivo más próximo al punto afectado.

Este bloque sigue la lógica de seguridad: impedir el contacto, detectar el defecto, interrumpir la corriente peligrosa y limitar daños térmicos. El cálculo del conductor y la elección de la protección deben coordinarse con el montaje y con la corriente de cortocircuito disponible.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-22; documentación del fabricante

51. Instalación en vivienda

Se estructura mediante circuitos mínimos y protecciones definidas según electrificación y previsión de cargas.

Se estructura mediante circuitos mínimos y protecciones definidas según electrificación y previsión de cargas.

Las condiciones ambientales modifican el riesgo: humedad, temperatura, polvo, corrosión, presencia de público y movilidad del equipo. La clasificación del local decide qué medidas adicionales se aplican; no se debe trasladar una solución de vivienda a un local especial sin revisar su ITC.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-25

52. Grado de electrificación

Clasificación de la vivienda que condiciona el número de circuitos y la previsión de potencia.

Clasificación de la vivienda que condiciona el número de circuitos y la previsión de potencia.

Las condiciones ambientales modifican el riesgo: humedad, temperatura, polvo, corrosión, presencia de público y movilidad del equipo. La clasificación del local decide qué medidas adicionales se aplican; no se debe trasladar una solución de vivienda a un local especial sin revisar su ITC.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-25

53. Circuito C1 de iluminación

Circuito destinado a puntos de luz, con sección y protección de referencia fijadas en la ITC para el montaje previsto.

Circuito destinado a puntos de luz, con sección y protección de referencia fijadas en la ITC para el montaje previsto.

Las condiciones ambientales modifican el riesgo: humedad, temperatura, polvo, corrosión, presencia de público y movilidad del equipo. La clasificación del local decide qué medidas adicionales se aplican; no se debe trasladar una solución de vivienda a un local especial sin revisar su ITC.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-25

54. Circuito C2 de tomas generales

Alimenta tomas de uso general y frigorífico dentro de las condiciones y límites de la ITC.

Alimenta tomas de uso general y frigorífico dentro de las condiciones y límites de la ITC.

Las condiciones ambientales modifican el riesgo: humedad, temperatura, polvo, corrosión, presencia de público y movilidad del equipo. La clasificación del local decide qué medidas adicionales se aplican; no se debe trasladar una solución de vivienda a un local especial sin revisar su ITC.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-25

55. Circuito C3 de cocina y horno

Circuito específico para cocina y horno, dimensionado para esa carga prevista.

Circuito específico para cocina y horno, dimensionado para esa carga prevista.

Las condiciones ambientales modifican el riesgo: humedad, temperatura, polvo, corrosión, presencia de público y movilidad del equipo. La clasificación del local decide qué medidas adicionales se aplican; no se debe trasladar una solución de vivienda a un local especial sin revisar su ITC.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-25

56. Circuito C4 de lavadora, lavavajillas y termo

Circuito previsto para esos receptores; la ITC contempla configuraciones individuales bajo condiciones concretas.

Circuito previsto para esos receptores; la ITC contempla configuraciones individuales bajo condiciones concretas.

Las condiciones ambientales modifican el riesgo: humedad, temperatura, polvo, corrosión, presencia de público y movilidad del equipo. La clasificación del local decide qué medidas adicionales se aplican; no se debe trasladar una solución de vivienda a un local especial sin revisar su ITC.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-25

57. Circuito C5 de baños y auxiliares de cocina

Alimenta tomas de corriente de baños y bases auxiliares de cocina según ubicación y límites establecidos.

Alimenta tomas de corriente de baños y bases auxiliares de cocina según ubicación y límites establecidos.

Las condiciones ambientales modifican el riesgo: humedad, temperatura, polvo, corrosión, presencia de público y movilidad del equipo. La clasificación del local decide qué medidas adicionales se aplican; no se debe trasladar una solución de vivienda a un local especial sin revisar su ITC.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-25; ITC-BT-27

58. Volumen de baño o ducha

Zona de riesgo definida alrededor de bañera o ducha que condiciona equipos permitidos, grados IP y medidas de protección.

Zona de riesgo definida alrededor de bañera o ducha que condiciona equipos permitidos, grados IP y medidas de protección.

Las condiciones ambientales modifican el riesgo: humedad, temperatura, polvo, corrosión, presencia de público y movilidad del equipo. La clasificación del local decide qué medidas adicionales se aplican; no se debe trasladar una solución de vivienda a un local especial sin revisar su ITC.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-27

59. Local mojado

Emplazamiento donde paredes, suelos o equipos pueden quedar impregnados de humedad, con medidas específicas.

Emplazamiento donde paredes, suelos o equipos pueden quedar impregnados de humedad, con medidas específicas.

Las condiciones ambientales modifican el riesgo: humedad, temperatura, polvo, corrosión, presencia de público y movilidad del equipo. La clasificación del local decide qué medidas adicionales se aplican; no se debe trasladar una solución de vivienda a un local especial sin revisar su ITC.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-30

60. Piscina y fuente

Instalación con zonas y requisitos especiales por contacto con agua y posibilidad de inmersión.

Instalación con zonas y requisitos especiales por contacto con agua y posibilidad de inmersión.

Las condiciones ambientales modifican el riesgo: humedad, temperatura, polvo, corrosión, presencia de público y movilidad del equipo. La clasificación del local decide qué medidas adicionales se aplican; no se debe trasladar una solución de vivienda a un local especial sin revisar su ITC.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-31

61. Local de pública concurrencia

Local con condiciones particulares de evacuación, alumbrado y suministro según actividad y ocupación.

Local con condiciones particulares de evacuación, alumbrado y suministro según actividad y ocupación.

Las condiciones ambientales modifican el riesgo: humedad, temperatura, polvo, corrosión, presencia de público y movilidad del equipo. La clasificación del local decide qué medidas adicionales se aplican; no se debe trasladar una solución de vivienda a un local especial sin revisar su ITC.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-28

62. Local con riesgo de incendio o explosión

Emplazamiento cuya clasificación condiciona selección, instalación y mantenimiento del material eléctrico.

Emplazamiento cuya clasificación condiciona selección, instalación y mantenimiento del material eléctrico.

Las condiciones ambientales modifican el riesgo: humedad, temperatura, polvo, corrosión, presencia de público y movilidad del equipo. La clasificación del local decide qué medidas adicionales se aplican; no se debe trasladar una solución de vivienda a un local especial sin revisar su ITC.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-29

63. Alumbrado de emergencia

Iluminación destinada a facilitar evacuación o continuidad de servicios cuando falla el alumbrado normal.

Iluminación destinada a facilitar evacuación o continuidad de servicios cuando falla el alumbrado normal.

Las condiciones ambientales modifican el riesgo: humedad, temperatura, polvo, corrosión, presencia de público y movilidad del equipo. La clasificación del local decide qué medidas adicionales se aplican; no se debe trasladar una solución de vivienda a un local especial sin revisar su ITC.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-28

64. Receptor fijo

Equipo conectado a la instalación de forma estable, cuya potencia y condiciones deben considerarse en el circuito.

Equipo conectado a la instalación de forma estable, cuya potencia y condiciones deben considerarse en el circuito.

Las condiciones ambientales modifican el riesgo: humedad, temperatura, polvo, corrosión, presencia de público y movilidad del equipo. La clasificación del local decide qué medidas adicionales se aplican; no se debe trasladar una solución de vivienda a un local especial sin revisar su ITC.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-43; ITC-BT-44

65. Motor eléctrico

Receptor que demanda corriente de arranque y requiere protección y maniobra acordes a sus características.

Receptor que demanda corriente de arranque y requiere protección y maniobra acordes a sus características.

Las condiciones ambientales modifican el riesgo: humedad, temperatura, polvo, corrosión, presencia de público y movilidad del equipo. La clasificación del local decide qué medidas adicionales se aplican; no se debe trasladar una solución de vivienda a un local especial sin revisar su ITC.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-47

66. Instalación generadora

Instalación que transforma energía primaria en energía eléctrica y se conecta o trabaja conforme a su esquema autorizado.

Instalación que transforma energía primaria en energía eléctrica y se conecta o trabaja conforme a su esquema autorizado.

En una instalación fotovoltaica coexisten circuitos de continua y alterna, fuentes que pueden permanecer activas con luz y equipos de conversión. El diseño debe identificar cada lado, prever seccionamiento y protecciones compatibles, y coordinar la conexión con la instalación de consumo y las reglas de autoconsumo aplicables.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-40

67. Generador fotovoltaico

Conjunto de módulos conectados que convierte radiación solar en energía eléctrica en corriente continua.

Conjunto de módulos conectados que convierte radiación solar en energía eléctrica en corriente continua.

En una instalación fotovoltaica coexisten circuitos de continua y alterna, fuentes que pueden permanecer activas con luz y equipos de conversión. El diseño debe identificar cada lado, prever seccionamiento y protecciones compatibles, y coordinar la conexión con la instalación de consumo y las reglas de autoconsumo aplicables.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-40; normas de producto aplicables

68. Módulo fotovoltaico

Unidad formada por células encapsuladas que aporta tensión y corriente bajo unas condiciones de irradiancia y temperatura.

Unidad formada por células encapsuladas que aporta tensión y corriente bajo unas condiciones de irradiancia y temperatura.

En una instalación fotovoltaica coexisten circuitos de continua y alterna, fuentes que pueden permanecer activas con luz y equipos de conversión. El diseño debe identificar cada lado, prever seccionamiento y protecciones compatibles, y coordinar la conexión con la instalación de consumo y las reglas de autoconsumo aplicables.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-40; documentación del fabricante

69. Cadena o string

Conjunto de módulos conectados en serie para alcanzar la tensión de trabajo del inversor.

Conjunto de módulos conectados en serie para alcanzar la tensión de trabajo del inversor.

En una instalación fotovoltaica coexisten circuitos de continua y alterna, fuentes que pueden permanecer activas con luz y equipos de conversión. El diseño debe identificar cada lado, prever

seccionamiento y protecciones compatibles, y coordinar la conexión con la instalación de consumo y las reglas de autoconsumo aplicables.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-40; diseño del fabricante

70. Campo fotovoltaico

Agrupación de cadenas y módulos con sus conductores y protecciones del lado de continua.

Agrupación de cadenas y módulos con sus conductores y protecciones del lado de continua.

En una instalación fotovoltaica coexisten circuitos de continua y alterna, fuentes que pueden permanecer activas con luz y equipos de conversión. El diseño debe identificar cada lado, prever seccionamiento y protecciones compatibles, y coordinar la conexión con la instalación de consumo y las reglas de autoconsumo aplicables.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-40

71. Inversor

Equipo que convierte corriente continua fotovoltaica en corriente alterna compatible con la instalación y la red.

Equipo que convierte corriente continua fotovoltaica en corriente alterna compatible con la instalación y la red.

En una instalación fotovoltaica coexisten circuitos de continua y alterna, fuentes que pueden permanecer activas con luz y equipos de conversión. El diseño debe identificar cada lado, prever seccionamiento y protecciones compatibles, y coordinar la conexión con la instalación de consumo y las reglas de autoconsumo aplicables.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-40; especificación del equipo

72. Autoconsumo sin excedentes

Configuración en la que se incorpora un mecanismo que impide la inyección de excedentes a la red.

Configuración en la que se incorpora un mecanismo que impide la inyección de excedentes a la red.

En una instalación fotovoltaica coexisten circuitos de continua y alterna, fuentes que pueden permanecer activas con luz y equipos de conversión. El diseño debe identificar cada lado, prever seccionamiento y protecciones compatibles, y coordinar la conexión con la instalación de consumo y las reglas de autoconsumo aplicables.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-40; RD 244/2019

73. Autoconsumo con excedentes

Configuración que puede inyectar a red energía no consumida, sujeta a requisitos técnicos y administrativos propios.

Configuración que puede inyectar a red energía no consumida, sujeta a requisitos técnicos y administrativos propios.

En una instalación fotovoltaica coexisten circuitos de continua y alterna, fuentes que pueden permanecer activas con luz y equipos de conversión. El diseño debe identificar cada lado, prever seccionamiento y protecciones compatibles, y coordinar la conexión con la instalación de consumo y las reglas de autoconsumo aplicables.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-40; RD 244/2019

74. Anti-isla

Función que evita mantener una red aislada energizada por el generador cuando la red pública ha desaparecido.

Función que evita mantener una red aislada energizada por el generador cuando la red pública ha desaparecido.

En una instalación fotovoltaica coexisten circuitos de continua y alterna, fuentes que pueden permanecer activas con luz y equipos de conversión. El diseño debe identificar cada lado, prever seccionamiento y protecciones compatibles, y coordinar la conexión con la instalación de consumo y las reglas de autoconsumo aplicables.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-40; normas de conexión

75. Seccionamiento en continua

Medio para aislar partes del generador fotovoltaico; el diseño considera que los módulos iluminados siguen produciendo tensión.

Medio para aislar partes del generador fotovoltaico; el diseño considera que los módulos iluminados siguen produciendo tensión.

En una instalación fotovoltaica coexisten circuitos de continua y alterna, fuentes que pueden permanecer activas con luz y equipos de conversión. El diseño debe identificar cada lado, prever seccionamiento y protecciones compatibles, y coordinar la conexión con la instalación de consumo y las reglas de autoconsumo aplicables.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-40; ITC-BT-19

76. Seccionamiento en alterna

Medio para separar el inversor de la instalación de consumo o de la red en las condiciones previstas.

Medio para separar el inversor de la instalación de consumo o de la red en las condiciones previstas.

En una instalación fotovoltaica coexisten circuitos de continua y alterna, fuentes que pueden permanecer activas con luz y equipos de conversión. El diseño debe identificar cada lado, prever seccionamiento y protecciones compatibles, y coordinar la conexión con la instalación de consumo y las reglas de autoconsumo aplicables.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-40

77. Protección contra sobreintensidad fotovoltaica

Se selecciona según corrientes posibles de retorno, agrupación de cadenas y límites del módulo/inversor.

Se selecciona según corrientes posibles de retorno, agrupación de cadenas y límites del módulo/inversor.

En una instalación fotovoltaica coexisten circuitos de continua y alterna, fuentes que pueden permanecer activas con luz y equipos de conversión. El diseño debe identificar cada lado, prever seccionamiento y protecciones compatibles, y coordinar la conexión con la instalación de consumo y las reglas de autoconsumo aplicables.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-40; fabricante

78. Protección contra sobretensiones fotovoltaica

Se analiza en los lados de continua y alterna considerando exposición, esquema, cableado y coordinación.

Se analiza en los lados de continua y alterna considerando exposición, esquema, cableado y coordinación.

En una instalación fotovoltaica coexisten circuitos de continua y alterna, fuentes que pueden permanecer activas con luz y equipos de conversión. El diseño debe identificar cada lado, prever seccionamiento y protecciones compatibles, y coordinar la conexión con la instalación de consumo y las reglas de autoconsumo aplicables.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-23; ITC-BT-40

79. Polaridad fotovoltaica

La identificación correcta de positivo y negativo evita daños de equipo y situaciones peligrosas durante conexión y mantenimiento.

La identificación correcta de positivo y negativo evita daños de equipo y situaciones peligrosas durante conexión y mantenimiento.

En una instalación fotovoltaica coexisten circuitos de continua y alterna, fuentes que pueden permanecer activas con luz y equipos de conversión. El diseño debe identificar cada lado, prever seccionamiento y protecciones compatibles, y coordinar la conexión con la instalación de consumo y las reglas de autoconsumo aplicables.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-19; instrucciones del fabricante

80. Dimensionado de cadena

La tensión máxima en frío y el rango de operación en caliente deben quedar dentro de los límites del inversor.

La tensión máxima en frío y el rango de operación en caliente deben quedar dentro de los límites del inversor.

En una instalación fotovoltaica coexisten circuitos de continua y alterna, fuentes que pueden permanecer activas con luz y equipos de conversión. El diseño debe identificar cada lado, prever seccionamiento y protecciones compatibles, y coordinar la conexión con la instalación de consumo y las reglas de autoconsumo aplicables.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-40; datos de módulos e inversor

81. Infraestructura de recarga

Conjunto de circuitos, canalizaciones, equipos y protecciones que alimenta los puntos de recarga.

Conjunto de circuitos, canalizaciones, equipos y protecciones que alimenta los puntos de recarga.

La recarga puede funcionar durante muchas horas a una corriente elevada, por lo que el circuito, el control de potencia y la protección diferencial merecen atención específica. La solución depende del modo de carga, esquema de conexión, equipo y configuración individual o colectiva del aparcamiento.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-52

82. Modo de carga 1

Conexión a una toma normalizada sin funciones de control incorporadas en el cable de recarga; su uso está limitado por la ITC.

Conexión a una toma normalizada sin funciones de control incorporadas en el cable de recarga; su uso está limitado por la ITC.

La recarga puede funcionar durante muchas horas a una corriente elevada, por lo que el circuito, el control de potencia y la protección diferencial merecen atención específica. La solución depende del modo de carga, esquema de conexión, equipo y configuración individual o colectiva del aparcamiento.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-52

83. Modo de carga 2

Conexión a toma con dispositivo de control y protección incorporado en el cable.

Conexión a toma con dispositivo de control y protección incorporado en el cable.

La recarga puede funcionar durante muchas horas a una corriente elevada, por lo que el circuito, el control de potencia y la protección diferencial merecen atención específica. La solución depende del modo de carga, esquema de conexión, equipo y configuración individual o colectiva del aparcamiento.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-52

84. Modo de carga 3

Conexión a un equipo específico de alimentación del vehículo con funciones de control y protección.

Conexión a un equipo específico de alimentación del vehículo con funciones de control y protección.

La recarga puede funcionar durante muchas horas a una corriente elevada, por lo que el circuito, el control de potencia y la protección diferencial merecen atención específica. La solución depende del modo de carga, esquema de conexión, equipo y configuración individual o colectiva del aparcamiento.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-52

85. Modo de carga 4

Recarga en corriente continua mediante convertidor externo asociado al punto de suministro.

Recarga en corriente continua mediante convertidor externo asociado al punto de suministro.

La recarga puede funcionar durante muchas horas a una corriente elevada, por lo que el circuito, el control de potencia y la protección diferencial merecen atención específica. La solución depende del modo de carga, esquema de conexión, equipo y configuración individual o colectiva del aparcamiento.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-52

86. Punto de conexión

Interfaz donde se conecta el vehículo, con configuración y conectores compatibles con el modo de carga.

Interfaz donde se conecta el vehículo, con configuración y conectores compatibles con el modo de carga.

La recarga puede funcionar durante muchas horas a una corriente elevada, por lo que el circuito, el control de potencia y la protección diferencial merecen atención específica. La solución depende del modo de carga, esquema de conexión, equipo y configuración individual o colectiva del aparcamiento.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-52

87. Circuito dedicado

Circuito que alimenta la recarga sin suministrar otros receptores ajenos, según las soluciones de la ITC.

Circuito que alimenta la recarga sin suministrar otros receptores ajenos, según las soluciones de la ITC.

La recarga puede funcionar durante muchas horas a una corriente elevada, por lo que el circuito, el control de potencia y la protección diferencial merecen atención específica. La solución depende del modo de carga, esquema de conexión, equipo y configuración individual o colectiva del aparcamiento.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-52

88. Gestión de carga

Sistema que ajusta potencia de recarga para respetar límites de suministro y aprovechar capacidad disponible.

Sistema que ajusta potencia de recarga para respetar límites de suministro y aprovechar capacidad disponible.

La recarga puede funcionar durante muchas horas a una corriente elevada, por lo que el circuito, el control de potencia y la protección diferencial merecen atención específica. La solución depende del modo de carga, esquema de conexión, equipo y configuración individual o colectiva del aparcamiento.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-52

89. Protección diferencial en recarga

La protección se elige considerando corriente residual alterna y componente continua, con solución compatible con el equipo.

La protección se elige considerando corriente residual alterna y componente continua, con solución compatible con el equipo.

La recarga puede funcionar durante muchas horas a una corriente elevada, por lo que el circuito, el control de potencia y la protección diferencial merecen atención específica. La solución depende del modo de carga, esquema de conexión, equipo y configuración individual o colectiva del aparcamiento.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-52; fabricante

90. Esquema colectivo de recarga

Configuración común de alimentación para varios puntos, con previsión de potencia, derivaciones, medida y control.

Configuración común de alimentación para varios puntos, con previsión de potencia, derivaciones, medida y control.

La recarga puede funcionar durante muchas horas a una corriente elevada, por lo que el circuito, el control de potencia y la protección diferencial merecen atención específica. La solución depende del modo de carga, esquema de conexión, equipo y configuración individual o colectiva del aparcamiento.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-52

91. Organismo de control

Entidad habilitada que realiza inspecciones en los supuestos reglamentarios con independencia y alcance definidos.

Entidad habilitada que realiza inspecciones en los supuestos reglamentarios con independencia y alcance definidos.

La última etapa convierte una instalación calculada en una instalación comprobable y mantenible. Un resultado técnico sólido identifica la edición normativa consultada, documenta hipótesis, registra medidas y deja claro qué equipo o configuración debe verificarse en obra.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-05; legislación industrial

92. Dictamen de inspección

Resultado documentado de la inspección, con defectos clasificados y actuaciones que correspondan.

Resultado documentado de la inspección, con defectos clasificados y actuaciones que correspondan.

La última etapa convierte una instalación calculada en una instalación comprobable y mantenible. Un resultado técnico sólido identifica la edición normativa consultada, documenta hipótesis, registra medidas y deja claro qué equipo o configuración debe verificarse en obra.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-05

93. Defecto muy grave

Defecto con riesgo inmediato que requiere las medidas urgentes previstas y puede impedir el servicio.

Defecto con riesgo inmediato que requiere las medidas urgentes previstas y puede impedir el servicio.

La última etapa convierte una instalación calculada en una instalación comprobable y mantenible. Un resultado técnico sólido identifica la edición normativa consultada, documenta hipótesis, registra medidas y deja claro qué equipo o configuración debe verificarse en obra.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-05

94. Defecto grave

Incumplimiento que reduce la seguridad o puede originar peligro y requiere corrección según el procedimiento.

Incumplimiento que reduce la seguridad o puede originar peligro y requiere corrección según el procedimiento.

La última etapa convierte una instalación calculada en una instalación comprobable y mantenible. Un resultado técnico sólido identifica la edición normativa consultada, documenta hipótesis, registra medidas y deja claro qué equipo o configuración debe verificarse en obra.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-05

95. Defecto leve

Incumplimiento que no supone peligro inmediato, pero debe quedar señalado y corregirse según corresponda.

Incumplimiento que no supone peligro inmediato, pero debe quedar señalado y corregirse según corresponda.

La última etapa convierte una instalación calculada en una instalación comprobable y mantenible. Un resultado técnico sólido identifica la edición normativa consultada, documenta hipótesis, registra medidas y deja claro qué equipo o configuración debe verificarse en obra.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-05

96. Revisión de edición normativa

Antes de diseñar o reformar, conviene verificar el texto consolidado, modificaciones y normas citadas vigentes.

Antes de diseñar o reformar, conviene verificar el texto consolidado, modificaciones y normas citadas vigentes.

La última etapa convierte una instalación calculada en una instalación comprobable y mantenible. Un resultado técnico sólido identifica la edición normativa consultada, documenta hipótesis, registra medidas y deja claro qué equipo o configuración debe verificarse en obra.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: REBT; ITC-BT-02; BOE consolidado

97. Norma UNE citada

Norma técnica incorporada por referencia en una ITC; se consulta la edición que resulte aplicable conforme a ITC-BT-02.

Norma técnica incorporada por referencia en una ITC; se consulta la edición que resulte aplicable conforme a ITC-BT-02.

La última etapa convierte una instalación calculada en una instalación comprobable y mantenible. Un resultado técnico sólido identifica la edición normativa consultada, documenta hipótesis, registra medidas y deja claro qué equipo o configuración debe verificarse en obra.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-02

98. Compatibilidad entre equipos

La instalación debe respetar las características de conexión, coordinación y condiciones del fabricante sin sustituir exigencias reglamentarias.

La instalación debe respetar las características de conexión, coordinación y condiciones del fabricante sin sustituir exigencias reglamentarias.

La última etapa convierte una instalación calculada en una instalación comprobable y mantenible. Un resultado técnico sólido identifica la edición normativa consultada, documenta hipótesis, registra medidas y deja claro qué equipo o configuración debe verificarse en obra.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC aplicable; instrucciones del fabricante

99. Trazabilidad de cálculo

Registrar datos de partida, hipótesis, fórmulas, tablas y resultados permite revisar y mantener el diseño.

Registrar datos de partida, hipótesis, fórmulas, tablas y resultados permite revisar y mantener el diseño.

La última etapa convierte una instalación calculada en una instalación comprobable y mantenible. Un resultado técnico sólido identifica la edición normativa consultada, documenta hipótesis, registra medidas y deja claro qué equipo o configuración debe verificarse en obra.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: ITC-BT-04; ITC-BT-19

100. Seguridad antes de intervenir

Identificar todas las fuentes, desconectar, bloquear, verificar ausencia de tensión y proteger frente a partes próximas en tensión.

Identificar todas las fuentes, desconectar, bloquear, verificar ausencia de tensión y proteger frente a partes próximas en tensión.

La última etapa convierte una instalación calculada en una instalación comprobable y mantenible. Un resultado técnico sólido identifica la edición normativa consultada, documenta hipótesis, registra medidas y deja claro qué equipo o configuración debe verificarse en obra.

Al estudiar o revisar una instalación, anota la condición concreta del caso y contrástala con el texto de la instrucción indicada. La referencia orienta la búsqueda; los detalles de diseño, selección de equipo y verificación se completan con las tablas, anexos y documentación técnica aplicables.

Referencia de la ficha: Procedimientos de trabajo; normativa de seguridad laboral

Anexo A2 · 50 datos del REBT en contexto

50 cifras y parámetros de consulta rápida, siempre acompañados de las condiciones que limitan su aplicación.

1. 1.000 V

Máxima tensión nominal para considerar una instalación dentro del límite de baja tensión en corriente alterna.

No significa que todo equipo de BT se pueda conectar a cualquier tensión inferior: cada componente debe tener tensión asignada compatible.

Aplicación práctica: Identifica primero el tramo, el esquema y el tipo de local. La cifra solo sirve si coinciden las condiciones descritas; cuando cambia el uso o la configuración, consulta de nuevo el apartado indicado.

Referencia de la ficha: REBT, art. 2

2. 1.500 V

Máxima tensión nominal de baja tensión en corriente continua.

La verificación se hace sobre tensión nominal del sistema y características reales, incluidas posibles tensiones máximas del generador.

Aplicación práctica: Identifica primero el tramo, el esquema y el tipo de local. La cifra solo sirve si coinciden las condiciones descritas; cuando cambia el uso o la configuración, consulta de nuevo el apartado indicado.

Referencia de la ficha: REBT, art. 2

3. 50 V CA / 75 V CC

Límites de muy baja tensión indicados para corriente alterna y continua en la definición correspondiente.

Deben leerse junto con la separación de fuentes y las condiciones del sistema MBTS/MBTP; no equivalen por sí solos a una instalación protegida.

Aplicación práctica: Identifica primero el tramo, el esquema y el tipo de local. La cifra solo sirve si coinciden las condiciones descritas; cuando cambia el uso o la configuración, consulta de nuevo el apartado indicado.

Referencia de la ficha: REBT, art. 2; ITC-BT-36

4. 230 / 400 V

Tensiones nominales habituales de red entre fase-neutro y entre fases, respectivamente.

Son valores de referencia de red; confirma la tensión disponible y el sistema de distribución en el emplazamiento.

Aplicación práctica: Identifica primero el tramo, el esquema y el tipo de local. La cifra solo sirve si coinciden las condiciones descritas; cuando cambia el uso o la configuración, consulta de nuevo el apartado indicado.

Referencia de la ficha: REBT, art. 4

5. 50 Hz

Frecuencia nominal de la red de corriente alterna.

Los receptores y equipos deben ser compatibles con frecuencia y tolerancias de suministro.

Aplicación práctica: Identifica primero el tramo, el esquema y el tipo de local. La cifra solo sirve si coinciden las condiciones descritas; cuando cambia el uso o la configuración, consulta de nuevo el apartado indicado.

Referencia de la ficha: REBT, art. 4

6. 3 %

Caída máxima de referencia en circuitos interiores de vivienda para el conjunto indicado por la ITC.

Se comprueba en el punto y condiciones definidos; la ITC-BT-25 establece el criterio para circuitos de vivienda.

Aplicación práctica: Identifica primero el tramo, el esquema y el tipo de local. La cifra solo sirve si coinciden las condiciones descritas; cuando cambia el uso o la configuración, consulta de nuevo el apartado indicado.

Referencia de la ficha: ITC-BT-25

7. 3 % iluminación / 5 % otros usos

Caída máxima en instalaciones interiores generales: iluminación y demás usos tienen límites distintos.

No intercambies ambos porcentajes: primero identifica el uso del circuito y el tramo al que corresponde.

Aplicación práctica: Identifica primero el tramo, el esquema y el tipo de local. La cifra solo sirve si coinciden las condiciones descritas; cuando cambia el uso o la configuración, consulta de nuevo el apartado indicado.

Referencia de la ficha: ITC-BT-19, apartado 2.2.2

8. 4,5 % iluminación / 6,5 % otros usos

Límites para instalaciones alimentadas directamente desde transformador propio, con origen de cálculo en sus bornes de baja tensión.

La condición del transformador propio es esencial; no se aplica automáticamente a suministros ordinarios.

Aplicación práctica: Identifica primero el tramo, el esquema y el tipo de local. La cifra solo sirve si coinciden las condiciones descritas; cuando cambia el uso o la configuración, consulta de nuevo el apartado indicado.

Referencia de la ficha: ITC-BT-19, apartado 2.2.2

9. 0,5 %

Caída máxima de la línea general de alimentación cuando los contadores están totalmente centralizados.

La centralización parcial cambia el valor admisible.

Aplicación práctica: Identifica primero el tramo, el esquema y el tipo de local. La cifra solo sirve si coinciden las condiciones descritas; cuando cambia el uso o la configuración, consulta de nuevo el apartado indicado.

Referencia de la ficha: ITC-BT-14

10. 1 %

Caída máxima de la línea general de alimentación con contadores parcialmente centralizados.

Verifica el esquema de centralización descrito en el proyecto.

Aplicación práctica: Identifica primero el tramo, el esquema y el tipo de local. La cifra solo sirve si coinciden las condiciones descritas; cuando cambia el uso o la configuración, consulta de nuevo el apartado indicado.

Referencia de la ficha: ITC-BT-14

11. 0,5 %

Caída máxima de derivación individual con contadores centralizados en más de un lugar.

La configuración de medida determina el límite; no es un valor general para toda derivación.

Aplicación práctica: Identifica primero el tramo, el esquema y el tipo de local. La cifra solo sirve si coinciden las condiciones descritas; cuando cambia el uso o la configuración, consulta de nuevo el apartado indicado.

Referencia de la ficha: ITC-BT-15

12. 1 %

Caída máxima de derivación individual con contadores totalmente centralizados.

Aplica al tramo de derivación individual y al esquema definido en la ITC.

Aplicación práctica: Identifica primero el tramo, el esquema y el tipo de local. La cifra solo sirve si coinciden las condiciones descritas; cuando cambia el uso o la configuración, consulta de nuevo el apartado indicado.

Referencia de la ficha: ITC-BT-15

13. 1,5 %

Caída máxima de derivación individual en suministro para un único usuario sin línea general de alimentación.

Es una configuración concreta de enlace.

Aplicación práctica: Identifica primero el tramo, el esquema y el tipo de local. La cifra solo sirve si coinciden las condiciones descritas; cuando cambia el uso o la configuración, consulta de nuevo el apartado indicado.

Referencia de la ficha: ITC-BT-15

14. 5 %

Caída máxima de tensión establecida para circuitos de recarga de vehículo eléctrico.

Se comprueba desde el origen definido para la instalación de recarga y con la carga prevista.

Aplicación práctica: Identifica primero el tramo, el esquema y el tipo de local. La cifra solo sirve si coinciden las condiciones descritas; cuando cambia el uso o la configuración, consulta de nuevo el apartado indicado.

Referencia de la ficha: ITC-BT-52

15. 50 V CA

Límite convencional de tensión de contacto en condiciones ordinarias usado en la protección por desconexión automática.

Hay emplazamientos y condiciones con límites inferiores; no lo uses sin revisar la ITC específica.

Aplicación práctica: Identifica primero el tramo, el esquema y el tipo de local. La cifra solo sirve si coinciden las condiciones descritas; cuando cambia el uso o la configuración, consulta de nuevo el apartado indicado.

Referencia de la ficha: ITC-BT-24

16. 24 V CA

Valor de tensión límite utilizado en determinadas condiciones especiales o húmedas.

No es un límite universal para toda instalación mojada: comprueba la instrucción y el emplazamiento exactos.

Aplicación práctica: Identifica primero el tramo, el esquema y el tipo de local. La cifra solo sirve si coinciden las condiciones descritas; cuando cambia el uso o la configuración, consulta de nuevo el apartado indicado.

Referencia de la ficha: ITC-BT-24; ITC-BT-31

17. 30 mA

Sensibilidad máxima habitual exigida en la protección diferencial adicional de circuitos de vivienda y puntos de recarga incluidos por la ITC.

La selección para VE debe considerar también las corrientes residuales continuas y la solución del equipo.

Aplicación práctica: Identifica primero el tramo, el esquema y el tipo de local. La cifra solo sirve si coinciden las condiciones descritas; cuando cambia el uso o la configuración, consulta de nuevo el apartado indicado.

Referencia de la ficha: ITC-BT-25; ITC-BT-52

18. RA × Ia ≤ U

Condición de protección por desconexión automática en esquema TT.

RA es la resistencia de puesta a tierra de masas, Ia la corriente que provoca desconexión y U el límite de tensión de contacto aplicable.

Aplicación práctica: Identifica primero el tramo, el esquema y el tipo de local. La cifra solo sirve si coinciden las condiciones descritas; cuando cambia el uso o la configuración, consulta de nuevo el apartado indicado.

Referencia de la ficha: ITC-BT-24

19. 250 V CC de ensayo / 0,25 MΩ

Ensayo de aislamiento para circuitos MBTS/MBTP en las condiciones de la tabla reglamentaria.

La tensión de ensayo y el umbral cambian con tensión asignada; preparar la instalación conforme al procedimiento.

Aplicación práctica: Identifica primero el tramo, el esquema y el tipo de local. La cifra solo sirve si coinciden las condiciones descritas; cuando cambia el uso o la configuración, consulta de nuevo el apartado indicado.

Referencia de la ficha: ITC-BT-19, tabla 3

20. 500 V CC / 0,5 MΩ

Valores de ensayo y resistencia mínima para instalaciones con tensión asignada hasta 500 V en la tabla de aislamiento.

No confundas la tensión de ensayo con la tensión normal de servicio.

Aplicación práctica: Identifica primero el tramo, el esquema y el tipo de local. La cifra solo sirve si coinciden las condiciones descritas; cuando cambia el uso o la configuración, consulta de nuevo el apartado indicado.

Referencia de la ficha: ITC-BT-19, tabla 3

21. 1.000 V CC / 1 MΩ

Valores de ensayo y resistencia mínima para instalaciones de tensión asignada superior a 500 V, dentro del alcance de la tabla.

Aplicar con el circuito preparado y respetando las excepciones de equipos electrónicos y condiciones de ensayo.

Aplicación práctica: Utiliza el dato para reconocer la configuración doméstica de referencia y después comprueba la carga real, la longitud, el método de instalación y la protección. Una tabla de mínimos no elimina la necesidad de verificar el circuito completo.

Referencia de la ficha: ITC-BT-19, tabla 3

22. 10 A; Cu 1,5 mm²; 30 puntos

Datos de referencia del circuito C1 de iluminación en vivienda.

La tabla presupone las condiciones de instalación indicadas; sección final también depende de longitud, caída y método de instalación.

Aplicación práctica: Utiliza el dato para reconocer la configuración doméstica de referencia y después comprueba la carga real, la longitud, el método de instalación y la protección. Una tabla de mínimos no elimina la necesidad de verificar el circuito completo.

Referencia de la ficha: ITC-BT-25, tabla 1

23. 16 A; Cu 2,5 mm²; 20 puntos

Datos de referencia del circuito C2 de tomas generales y frigorífico.

El número de puntos y la sección son límites/valores de la configuración normalizada de vivienda.

Aplicación práctica: Utiliza el dato para reconocer la configuración doméstica de referencia y después comprueba la carga real, la longitud, el método de instalación y la protección. Una tabla de mínimos no elimina la necesidad de verificar el circuito completo.

Referencia de la ficha: ITC-BT-25, tabla 1

24. 25 A; Cu 6 mm²; 2 puntos

Datos de referencia del circuito C3 para cocina y horno.

Debe reservarse para los receptores previstos y comprobarse la potencia y caída de tensión.

Aplicación práctica: Utiliza el dato para reconocer la configuración doméstica de referencia y después comprueba la carga real, la longitud, el método de instalación y la protección. Una tabla de mínimos no elimina la necesidad de verificar el circuito completo.

Referencia de la ficha: ITC-BT-25, tabla 1

25. 20 A; Cu 4 mm²; 3 puntos

Configuración de referencia del C4 para lavadora, lavavajillas y termo eléctrico.

La ITC contempla circuitos individuales alternativos para esos receptores bajo una condición de conexión específica.

Aplicación práctica: Utiliza el dato para reconocer la configuración doméstica de referencia y después comprueba la carga real, la longitud, el método de instalación y la protección. Una tabla de mínimos no elimina la necesidad de verificar el circuito completo.

Referencia de la ficha: ITC-BT-25, tabla 1

26. 16 A; Cu 2,5 mm²; 6 puntos

Datos de referencia del circuito C5 para tomas de baños y auxiliares de cocina.

La ubicación de tomas en baños debe respetar además los volúmenes y requisitos de ITC-BT-27.

Aplicación práctica: Utiliza el dato para reconocer la configuración doméstica de referencia y después comprueba la carga real, la longitud, el método de instalación y la protección. Una tabla de mínimos no elimina la necesidad de verificar el circuito completo.

Referencia de la ficha: ITC-BT-25, tabla 1

27. 16 A; Cu 2,5 mm²; 1 punto

Datos de referencia del C10 para secadora.

La tabla normalizada describe el circuito doméstico de referencia, no cualquier equipo industrial.

Aplicación práctica: Utiliza el dato para reconocer la configuración doméstica de referencia y después comprueba la carga real, la longitud, el método de instalación y la protección. Una tabla de mínimos no elimina la necesidad de verificar el circuito completo.

Referencia de la ficha: ITC-BT-25, tabla 1

28. 10 A; Cu 1,5 mm²; 2.300 W

Potencia máxima de referencia indicada para circuito C11 de automatización y gestión técnica.

La protección, sección y canalización de la tabla se aplican a las condiciones indicadas en ITC-BT-25.

Aplicación práctica: Utiliza el dato para reconocer la configuración doméstica de referencia y después comprueba la carga real, la longitud, el método de instalación y la protección. Una tabla de mínimos no elimina la necesidad de verificar el circuito completo.

Referencia de la ficha: ITC-BT-25, tabla 1

29. 25 A; Cu 6 mm²; 5.750 W

Valores de referencia de los circuitos C8 de calefacción y C9 de aire acondicionado.

Cada circuito cubre la potencia prevista dentro de la configuración de vivienda descrita.

Aplicación práctica: Utiliza el dato para reconocer la configuración doméstica de referencia y después comprueba la carga real, la longitud, el método de instalación y la protección. Una tabla de mínimos no elimina la necesidad de verificar el circuito completo.

Referencia de la ficha: ITC-BT-25, tabla 1

30. 16 A → 11.085 W → hasta 3 estaciones

Escalón de referencia para circuitos trifásicos colectivos de recarga en la tabla de previsión de cargas.

La tabla considera puntos de 3.680 W y reparto equilibrado; confirma tensión, factor de potencia y condiciones reales.

Aplicación práctica: Comprueba el modo de carga, el equipo y el esquema de alimentación antes de trasladar el valor al diseño. La previsión de potencia, las corrientes residuales y la caída de tensión deben coordinarse con las instrucciones del punto de recarga.

Referencia de la ficha: ITC-BT-52, tabla de circuitos colectivos

31. 32 A → 22.170 W → hasta 6 estaciones

Escalón de referencia para previsión de circuitos trifásicos colectivos de recarga.

El número máximo depende de la hipótesis de potencia unitaria y equilibrio de fases indicada por la ITC.

Aplicación práctica: Comprueba el modo de carga, el equipo y el esquema de alimentación antes de trasladar el valor al diseño. La previsión de potencia, las corrientes residuales y la caída de tensión deben coordinarse con las instrucciones del punto de recarga.

Referencia de la ficha: ITC-BT-52, tabla de circuitos colectivos

32. 50 A → 34.641 W → hasta 9 estaciones

Escalón de potencia/corriente de referencia en circuitos colectivos trifásicos de VE.

Es una capacidad de previsión tabulada, no una autorización para superar límites del cable, protección o equipo.

Aplicación práctica: Comprueba el modo de carga, el equipo y el esquema de alimentación antes de trasladar el valor al diseño. La previsión de potencia, las corrientes residuales y la caída de tensión deben coordinarse con las instrucciones del punto de recarga.

Referencia de la ficha: ITC-BT-52, tabla de circuitos colectivos

33. 63 A → 43.647 W → hasta 12 estaciones

Escalón superior mostrado en la tabla de referencia de circuitos colectivos para recarga.

La instalación requiere dimensionado y coordinación conforme al esquema elegido.

Aplicación práctica: Comprueba el modo de carga, el equipo y el esquema de alimentación antes de trasladar el valor al diseño. La previsión de potencia, las corrientes residuales y la caída de tensión deben coordinarse con las instrucciones del punto de recarga.

Referencia de la ficha: ITC-BT-52, tabla de circuitos colectivos

34. 2,5 mm² Cu

Sección mínima de referencia del circuito de recarga en los supuestos generales definidos por ITC-BT-52.

La intensidad admisible calculada y la caída de tensión pueden exigir secciones mayores.

Aplicación práctica: Comprueba el modo de carga, el equipo y el esquema de alimentación antes de trasladar el valor al diseño. La previsión de potencia, las corrientes residuales y la caída de tensión deben coordinarse con las instrucciones del punto de recarga.

Referencia de la ficha: ITC-BT-52

35. 4 mm² Al

Sección mínima de aluminio indicada en supuestos permitidos no residenciales y de aparcamiento colectivo.

No extrapolar a viviendas ni a configuraciones excluidas por la propia instrucción.

Aplicación práctica: Comprueba el modo de carga, el equipo y el esquema de alimentación antes de trasladar el valor al diseño. La previsión de potencia, las corrientes residuales y la caída de tensión deben coordinarse con las instrucciones del punto de recarga.

Referencia de la ficha: ITC-BT-52

36. 20 lux

Iluminancia mínima de referencia para áreas de recarga exteriores.

Medir en el plano de trabajo indicado y revisar uniformidad y condiciones de diseño.

Aplicación práctica: Comprueba el modo de carga, el equipo y el esquema de alimentación antes de trasladar el valor al diseño. La previsión de potencia, las corrientes residuales y la caída de tensión deben coordinarse con las instrucciones del punto de recarga.

Referencia de la ficha: ITC-BT-52

37. 50 lux

Iluminancia mínima de referencia para áreas de recarga interiores.

La iluminación del aparcamiento y la de emergencia pueden tener requisitos adicionales.

Aplicación práctica: Comprueba el modo de carga, el equipo y el esquema de alimentación antes de trasladar el valor al diseño. La previsión de potencia, las corrientes residuales y la caída de tensión deben coordinarse con las instrucciones del punto de recarga.

Referencia de la ficha: ITC-BT-52

38. 5 estaciones

A partir de más de cinco estaciones en los supuestos de la ITC se analiza la necesidad de filtros para armónicos.

Revisar el texto completo, el equipo y el estudio de calidad de energía; no es un umbral universal para toda red.

Aplicación práctica: Comprueba el modo de carga, el equipo y el esquema de alimentación antes de trasladar el valor al diseño. La previsión de potencia, las corrientes residuales y la caída de tensión deben coordinarse con las instrucciones del punto de recarga.

Referencia de la ficha: ITC-BT-52

39. > 100 kW

Umbral de potencia instalada para inspección inicial en determinadas instalaciones industriales que requieren proyecto.

Se refiere al supuesto y tipo de instalación descrito en la ITC-BT-05; no es un umbral general para cualquier instalación.

Aplicación práctica: El umbral se refiere solo al supuesto reglamentario citado. Identifica el uso y la potencia que se computa, y deja constancia de la periodicidad o trámite que corresponda en la documentación de la instalación.

Referencia de la ficha: ITC-BT-05

40. > 25 kW

Umbral de potencia para determinados locales mojados sujetos a inspección inicial.

Solo se aplica a las instalaciones y locales descritos en ITC-BT-05.

Aplicación práctica: El umbral se refiere solo al supuesto reglamentario citado. Identifica el uso y la potencia que se computa, y deja constancia de la periodicidad o trámite que corresponda en la documentación de la instalación.

Referencia de la ficha: ITC-BT-05

41. > 10 kW

Umbral de potencia para piscinas sujetas a inspección inicial.

La clasificación de piscina y la instalación concreta deben coincidir con el supuesto reglamentario.

Aplicación práctica: El umbral se refiere solo al supuesto reglamentario citado. Identifica el uso y la potencia que se computa, y deja constancia de la periodicidad o trámite que corresponda en la documentación de la instalación.

Referencia de la ficha: ITC-BT-05

42. > 5 kW

Umbral de potencia para ciertas instalaciones de alumbrado exterior sujetas a inspección inicial.

Comprobar el alcance exacto en ITC-BT-05 y la potencia instalada que se computa.

Aplicación práctica: El umbral se refiere solo al supuesto reglamentario citado. Identifica el uso y la potencia que se computa, y deja constancia de la periodicidad o trámite que corresponda en la documentación de la instalación.

Referencia de la ficha: ITC-BT-05

43. Cada 5 años

Periodicidad general indicada para inspecciones de instalaciones que requieren inspección inicial.

La aplicación depende del tipo de instalación y del régimen de inspección.

Aplicación práctica: El umbral se refiere solo al supuesto reglamentario citado. Identifica el uso y la potencia que se computa, y deja constancia de la periodicidad o trámite que corresponda en la documentación de la instalación.

Referencia de la ficha: ITC-BT-05

44. Cada 10 años; > 100 kW

Periodicidad indicada para instalaciones comunes de edificios de viviendas cuando la potencia total instalada supera 100 kW.

No se extiende automáticamente a todas las viviendas individuales.

Aplicación práctica: El umbral se refiere solo al supuesto reglamentario citado. Identifica el uso y la potencia que se computa, y deja constancia de la periodicidad o trámite que corresponda en la documentación de la instalación.

Referencia de la ficha: ITC-BT-05

45. Más del 50 %

Criterio de modificación de importancia cuando la ampliación o modificación afecta a más de la mitad de la potencia instalada, según el artículo.

También se consideran líneas completas de procesos productivos aunque la potencia disminuya.

Aplicación práctica: El umbral se refiere solo al supuesto reglamentario citado. Identifica el uso y la potencia que se computa, y deja constancia de la periodicidad o trámite que corresponda en la documentación de la instalación.

Referencia de la ficha: REBT, art. 2.3

46. 16 A

Intensidad asignada del circuito C13 de recarga en la configuración residencial de referencia de ITC-BT-25.

La infraestructura completa de VE se desarrolla además en ITC-BT-52.

Aplicación práctica: El umbral se refiere solo al supuesto reglamentario citado. Identifica el uso y la potencia que se computa, y deja constancia de la periodicidad o trámite que corresponda en la documentación de la instalación.

Referencia de la ficha: ITC-BT-25, tabla 1; ITC-BT-52

47. 2,5 mm² Cu

Sección mínima indicada para el C13 en la tabla de vivienda de referencia.

Sección real puede crecer por longitud, método de instalación, agrupamiento o caída de tensión.

Aplicación práctica: El umbral se refiere solo al supuesto reglamentario citado. Identifica el uso y la potencia que se computa, y deja constancia de la periodicidad o trámite que corresponda en la documentación de la instalación.

Referencia de la ficha: ITC-BT-25, tabla 1

48. Hasta 30 puntos

Número máximo de puntos de utilización indicado en la tabla de C1 en la configuración de vivienda de referencia.

El conteo corresponde a los puntos definidos por la ITC, no a luminarias de cualquier sistema sin revisar la definición.

Aplicación práctica: El umbral se refiere solo al supuesto reglamentario citado. Identifica el uso y la potencia que se computa, y deja constancia de la periodicidad o trámite que corresponda en la documentación de la instalación.

Referencia de la ficha: ITC-BT-25, tabla 1

49. Hasta 20 puntos

Número máximo de bases de toma de corriente indicado para el circuito C2 de referencia.

Mantén la distribución y criterios de instalación que recoge la ITC.

Aplicación práctica: El umbral se refiere solo al supuesto reglamentario citado. Identifica el uso y la potencia que se computa, y deja constancia de la periodicidad o trámite que corresponda en la documentación de la instalación.

Referencia de la ficha: ITC-BT-25, tabla 1

50. 10 / 16 / 20 / 25 A

Calibres de referencia que aparecen en la tabla de circuitos de vivienda: C1, C2/C5, C4 y C3, respectivamente.

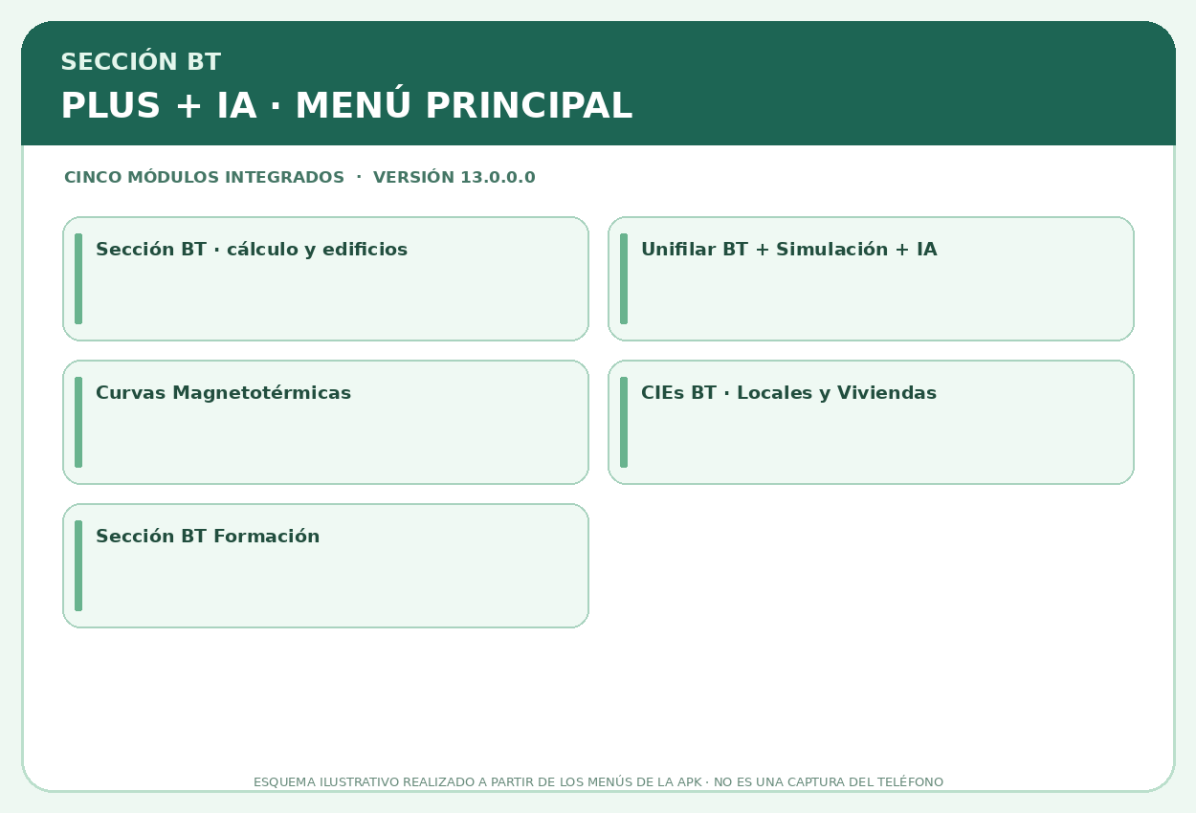
La protección instalada debe coordinarse con conductor, receptor y condiciones; la tabla no sustituye el cálculo del caso.

Aplicación práctica: El umbral se refiere solo al supuesto reglamentario citado. Identifica el uso y la potencia que se computa, y deja constancia de la periodicidad o trámite que corresponda en la documentación de la instalación.

Referencia de la ficha: ITC-BT-25, tabla 1

18 Fuentes, trazabilidad y glosario

Los cálculos se deben poder reproducir a partir de los datos originales y una referencia identificable del modelo. Esta edición recoge tanto el código embebido como las fuentes regulatorias y los documentos internos de metodología que acompañan al producto.



Vista explicativa del bloque «Fuentes, trazabilidad y glosario», reconstruida a partir de los controles presentes en la APK.

Fuente	Alcance
APK Sección BT Plus + IA 13.0.0.0	Instalador examinado. Interfaz web embebida, recursos, componentes nativos y catálogo de funciones.
assets/index.html	Portada, acceso a licencia, menú de cinco módulos y selectores principales.
assets/ampacity-engine.js	Motor de selección de conductores, tablas y modelos de caída y térmica.
assets/installation.js	Instalaciones completas, edición y composición de cálculo.
assets/photovoltaic/fv-engine.js	Cálculo eléctrico fotovoltaico.
assets/photovoltaic/production/docs/	Documentación del modelo solar, clima, validación y contrato de informe.
assets/curvas3/	Aplicación de curva rápida, I^2t, instalaciones complejas y biblioteca.
assets/cies/apps/vivienda/	Control de los nueve módulos de vivienda, regionalización y formatos.
assets/cies/apps/locales/	Estructura de actividad, circuitos, cuadros, cálculos y exportación.
assets/formacion/curso/	Temario de 16 unidades, ejercicios y anexos del REBT.
assets/ai/Prompt_Unifilar_BT_9.0.0.txt	Gramática de importación de órdenes de unifilar y límites declarados.
REBT	Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto. BOE: https://www.boe.es/eli/es/rd/2002/08/02/842/con

Guías técnicas del Ministerio	https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/baja-tension/Paginas/guia-tecnica-aplicacion.aspx

Ib

Corriente de diseño; puede incluir simultaneidad y condiciones de uso.

Iz

Corriente admisible del conductor corregida para su montaje.

In

Intensidad nominal o de ajuste de una protección.

Icn / Icu

Poder de corte nominal según norma y tipo de dispositivo.

I^2t

Energía específica de paso de corriente, para verificación térmica.

k^2S^2

Capacidad adiabática teórica de un conductor bajo condiciones definidas.

Zs

Impedancia del bucle de defecto considerado.

RA

Resistencia de tierra de las masas en esquema TT según montaje.

MPPT

Seguimiento del punto de máxima potencia de la FV.

POA

Irradiancia incidente en el plano del generador.

PR

Relación de rendimiento de planta según definición de energía/irradiación adoptada.

CIE

Certificado de instalación eléctrica.

MTD

Memoria técnica de diseño.

DI

Derivación individual.

LGA

Línea general de alimentación.

RCBO

Interruptor automático combinado con protección diferencial.

SPD

Protector frente a sobretensiones transitorias.

POP

Dispositivo de protección ante sobretensiones permanentes.

TMY

Año meteorológico tipo empleado para estimación energética.

Lista de control previa a la entrega de un proyecto

Comprobación	Evidencia que debe conservarse
Origen de suministro	Tensión, tipo de red e impedancia de entrada
Cargas	Inventario, simultaneidad y factor de potencia
Conductores	Material, aislamiento, método, tabla y factores de corrección
Caídas	Tramo, recorrido acumulado y límites aplicados
Sobreintensidades	Ib, In, Iz y condiciones particulares
Cortocircuito	Icc máxima/mínima, poder de corte y disparo
Tierra y diferenciales	RA/Zs, IΔn, tipo, tiempos y mediciones
Térmica adiabática	I^2t y k^2S^2 con hipótesis documentadas
Generadores	Enclavamientos, protección, conexión y parámetros
Documentación	Esquema, memoria, firmas y formularios vigentes
Archivo digital	Copia de JSON, .ubt.json, PDF y DOCX

CIERRE EDITORIAL Manual redactado para la versión identificada 13.0.0.0, con ilustraciones de interfaz reconstruidas a partir de su código. No se han realizado mediciones en cuadros ni ensayos de instalación en un teléfono físico. Actualizar la guía cuando cambien pantallas, parámetros, formularios o normativa.