



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID  
ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES  
Grado en Ingeniería Eléctrica**

**Diseño de la instalación eléctrica de un Data  
Center con eficiencia energética**

**Autor:**

**Obama Asumu, Jaime Serafín**

**Tutor:**

Zorita Lamadrid, Ángel Luis  
Dpto. de Ingeniería Eléctrica

Valladolid, noviembre de 2022



## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a Dios por su ayuda en los momentos más difíciles durante mi formación, a mi madre por haberme dado tanto apoyo porque sin ella no habría llegado hasta aquí, a los profesores que he tenido durante estos años por haberme dado la formación suficiente para poder enfrentarme a la vida laboral, a mis compañeros por toda la ayuda que me ofrecieron y a la universidad por haberme dado la oportunidad de formarme a nivel académico.

También quiero agradecer a mi tutor por su orientación para realizar este TFG.

A todos ellos, gracias por hacer realidad este objetivo.



## **RESUMEN**

Como los Centros de Procesos de Datos son infraestructuras críticas donde se realiza el tratamiento o procesamiento de miles de datos y en un futuro inmediato se prevé que la cantidad de datos aumente considerablemente. Para garantizar la seguridad y disponibilidad de esa información, es necesario que las cargas que la procesan y almacenan permanezcan en continuo funcionamiento. Por eso, para las organizaciones, contar con una infraestructura que garantice un suministro eléctrico seguro resulta ser crucial para el desarrollo de las actividades.

De ahí la idea de este proyecto. Realizar el diseño de la instalación eléctrica con una alta disponibilidad, capaz de garantizar la fiabilidad y continuidad del suministro eléctrico en el centro de procesos de datos, en especial a las cargas que procesan la información, ante situaciones de inestabilidad en el suministro de energía. Además de garantizar que el consumo eléctrico del centro de procesos de datos se realiza de manera eficiente.

Para eso, se utilizará como guías los estándares existentes más exigentes, con especial énfasis al estándar TIA-942, estableciendo unos criterios que nos sirvan de referencia para realizar la instalación eléctrica de un CPD con la máxima seguridad y fiabilidad establecidas. Además de proporcionar una serie de pautas que nos ayuden a mejorar la eficiencia.

### **PALABRAS CLAVE:**

Instalación eléctrica, Data Center, Redundancia, Eficiencia, Disponibilidad.

## **ABSTRACT**

As the Data Processing Centers are critical infrastructures where the treatment or processing of thousands of data is carried out and in the immediate future the amount of data is expected to increase considerably. To guarantee the security and availability of this information, it is necessary that the loads that process and store it remain in continuous operation. That is why, for organizations, having an infrastructure that guarantees a secure electricity supply turns out to be crucial for the development of activities.

Hence the idea of this project. Carry out the design of the electrical installation with high availability, capable of guaranteeing the reliability and continuity of the electrical supply in the data processing center, especially for the loads that process the information, in situations of instability in the energy supply. In addition to guaranteeing that the electrical consumption of the data processing center is carried out efficiently.

For this, the most demanding existing standards will be used as guides, with special emphasis on the TIA-942 standard, establishing criteria that serve as a reference to carry out the electrical installation of a DPC with the maximum established safety and reliability. In addition to providing a series of guidelines that help us improve efficiency.

### **KEYWORDS:**

Electrical installation, Data Center, Redundancy, Efficiency, Availability.



## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 0: MEMORIA DEL PROYECTO _____	13
CAPÍTULO I: ANTECEDENTES Y OBJETIVOS _____	17
CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DE UN CPD _____	27
CAPÍTULO III: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN DATA CENTER CON EFICIENCIA ENERGÉTICA _____	74
CAPÍTULO IV: VALORACIÓN ECONÓMICA _____	109
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES _____	118
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	123
APÉNDICE _____	132



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Configuración física de un CPD genérico. _____	32
Figura 2: La infraestructura básica de un CPD. _____	33
Figura 3: Los tres tipos de servidores existentes. _____	38
Figura 4: Conmutador de red. _____	39
Figura 5: Panel de conexiones para sistema de cableado. _____	39
Figura 6: Gabinete de equipos. _____	40
Figura 7: Tipos de conectores del cableado estructurado. _____	41
Figura 8: Esquema eléctrico de un CPD genérico. _____	42
Figura 9: Los medios de extinción de incendios más comunes. _____	43
Figura 9: Los medios de extinción de incendios más comunes. _____	43
Figura 10: Infraestructura propia de un CPD. _____	44
Figura 11: Topología básica de un CPD estándar. _____	48
Figura 12: Distribución del Cableado de red por conexión directa. _____	51
Figura 13: Distribución del Cableado por medio de subestaciones. _____	51
Figura 14: Esquema eléctrico de un CPD. _____	53
Figura 15: Módulo único de SAI (N). _____	58
Figura 16: Diseño de sistema modular paralelo (N+1). _____	59
Figura 17: Sistema redundante distribuido con ATS. _____	61
Figura 18: Sistema de doble SAI 2(N+1). _____	62
Figura 19: Sistema de cableado en rack. _____	65
Figura 20: Conexión directa. _____	66
Figura 21: Interconexión. _____	66
Figura 22: Conexión Cruzada. _____	67
Figura 23: Configuración de pasillos calientes y fríos. _____	68

Figura 24: Panel de suelo técnico.	70
Figura 25: Esquema general de la instalación eléctrica.	83
Figura 26: Configuración interna de una SAI estática modular.	87
Figura 27: GE sin y con carrocería.	88
Figura 28: Transformador seco.	92
Figura 29: Colores de los conductores.	95
Figura 30: Tipo de Canaleta protectora.	96
Figura 31: Canalización eléctrica prefabricada.	97
Figura 32: Unidad de distribución modular.	99
Figura 33: Balance energético de un CPD genérico.	105

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Disponibilidad del sistema. _____	63
Tabla 2: Requerimientos ambientales. _____	68
Tabla 3: Gama de potencias de los GE. _____	90
Tabla 4: Secciones de los conductores de protección. _____	94
Tabla 5: Identificación de conductores de fase y protección. _____	94
Tabla 6: Estimación del precio de las mediciones y desplazamiento. _	115
Tabla 7: Valoración económica de las horas de estudio. _____	115
Tabla 8: Valoración económica total. _____	116

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- Centro de Procesos de datos (CPD).
- Corriente Alterna (CA).
- Corriente Continua (CC).
- Tecnología de la información (TI).
- Factor de potencia (FP).
- Factor de potencia corregido (PFC).
- Factor de Eficacia en el uso de la Energía (PUE).
- Sistema de Calefacción, Ventilación y de Aire Acondicionado (HVAC).
- Aire Acondicionado de Precisión (CRAC).
- Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI).
- Grupo Electrónico (GE).
- Interruptor de Transferencia Automática (ATS).
- Unidad de Distribución de Potencia (PDU),
- Centro de Transformación (CT).



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

# **CAPÍTULO 0: MEMORIA DEL PROYECTO**

## **MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO**

El enfoque principal de este proyecto se basa en el análisis y determinación de los procedimientos de diseño de la instalación eléctrica de un CPD, entrando en la descripción y aplicación del estándar ANSI/TIA-942, entre otros. Así como en la recolección de información de varias fuentes de internet y en los trabajos de varios autores.

Al final de cada apartado se reflejan unos subíndices con la indicación [xx-xx], éste indica todas las referencias consultadas para definir hasta ese apartado.

La documentación generada en este proyecto está dividida en seis capítulos.

En el primer capítulo, Antecedentes y Objetivos, se presenta una descripción cronológica de la evolución de los CPD y los objetivos que se pretenden conseguir.

En el segundo capítulo, Descripción de un CPD, se proporciona la definición de un CPD, la descripción de los elementos que lo componen, los requerimientos que le hacen operativo, así como la normativa aplicable.

En el tercer capítulo, Instalación Eléctrica de un CPD, objeto del proyecto, se plasma la descripción de los objetivos del diseño de la instalación eléctrica, se establece las pautas que se debe seguir la instalación eléctrica de un CPD para cumplir con los requerimientos de disponibilidad más exigentes, así como la normativa aplicable. También se hace una descripción de los suministros complementarios más recurridos en un CPD, se establecen unos criterios que nos servirán de base para diseñar correctamente todos los elementos que conforman el sistema eléctrico del CPD. También se analiza la posibilidad de emplear fuentes de generación de origen renovables como suministro principal del CPD y se hace unas recomendaciones acerca de la eficiencia del

sistema eléctrico. Este capítulo incluye un apéndice sobre los suministros complementarios.

En el cuarto capítulo, Valoración Económica, se hace una estimación económica del estudio del diseño de la instalación eléctrica de un CPD.

En el quinto capítulo, Conclusiones, se hace una selección de las principales ideas del proyecto.

En el sexto capítulo, Bibliografía, se recoge todas las referencias consultadas para la confección del documento.

Finalmente se incluirá un Apéndice, donde se proporciona información sobre el suministro complementario: Los sistemas de alimentación ininterrumpidas y sus fuentes de almacenamientos.







**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

# **CAPÍTULO I: ANTECEDENTES Y OBJETIVOS**

## ÍNDICE

1.1 ANTECEDENTES DE LOS CPD _____	20
1.1.1 Requerimientos de disponibilidad de los CPD _____	22
1.1.2 Tendencia de los CPD _____	24
1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO _____	24



## **1.1 ANTECEDENTES DE LOS CPD**

Retrocediendo al pasado, se puede observar que con el paso del tiempo los Centros de Procesos de Datos (CPD) han ido evolucionando desde que se creó el Integrador Numérico Electrónico e Informático (ENIAC) en 1946 para el Ejército de EE.UU. y fue denominado como el primer ordenador digital electrónico de propósito general. Llegó a ocupar más de 167 metros cuadrados, motivo por el cuál, surgió la idea de optimización de computadores.

No fue hasta 1954 cuando se creó la primera computadora transistorizada (TRADIC) que utilizaba transistores y diodos y no tubos de vacío.

A finales de la década de 1950 aparece por primera vez el término Data Center.

En 1960 American Airlines e IBM crean un sistema de reservas de boletos de pasajeros centralizado y automatizado. Eso supuso en términos de productividad un gran avance, porque los operadores de línea de los EE.UU. podían disponer de forma electrónica y en tiempo real toda la información de los vuelos. A partir de ahí surge esta actividad empresarial y las computadoras dejan de usar definitivamente los tubos de vacío para dar paso a los transistores.

Fue la compañía IBM quien hizo un esfuerzo notorio por mejorar, introduciendo así la serie de mainframes System. En este periodo, también se inventó la tecnología de virtualización y los mainframes empezaron a desempeñar múltiples tareas.

No fue hasta enero de 1990 cuando las Microcomputadoras empezaron a llenar las salas de ordenadores de mainframes viejos como "servidores", y las salas que ocupaban éstas a ser conocidas como los CPD. Luego las empresas comenzaron a elaborar estos bancos de servidores dentro de sus propias sedes.

## Antecedentes y Objetivos

En 1995 cuando surge la extensión ".com" se produce el deseo de una rápida conexión a Internet y un funcionamiento ininterrumpido. Esto dio lugar a la construcción de salas de servidores de la empresa, lo que llevó a instalaciones mucho más grandes (cientos y miles de servidores). El CPD como un modelo de servicio se hizo popular en este momento.

En 1997 Apple creó un programa llamado Virtual PC y lo vendió a través de una empresa llamada Connectix. Virtual PC, como SoftPC permite a los usuarios ejecutar una copia de Windows en el equipo Mac, con el fin de evitar incompatibilidades de software.

En 1999 VMware comenzó a vender VMware Workstation, que era similar a Virtual PC. Las versiones iniciales sólo se corrieron en Windows, pero más tarde se añadieron soporte para otros sistemas operativos. Salesforce.com fue pionera en el concepto de la entrega de aplicaciones empresariales a través de un sitio web sencillo.

En 2001 VMware ESX se pone en marcha - hipervisores bare-metal que se ejecutan directamente en el hardware del servidor sin necesidad de un sistema operativo subyacente adicional.

En 2002 Amazon Web Services comienza el desarrollo de un conjunto de servicios basados en la nube, que incluye el almacenamiento, cálculo y algo de inteligencia humana a través de "Amazon Mechanical Turk."

En 2006 Amazon Web Services comienza a ofrecer servicios de infraestructura de TI a las empresas en forma de servicios web, no conocidos comúnmente como la computación en nube.

En 2007 Sun Microsystems introduce el CPD modular, la transformación de la economía fundamental de la informática empresarial.

En 2011 Facebook lanza Open Compute Project, una iniciativa de la industria para compartir las especificaciones y las mejores prácticas para la creación de la mayor cantidad de energía de CPD eficientes y económicos.

Alrededor del 72 por ciento de las organizaciones dijeron que sus centros de datos eran por lo menos 25 por ciento virtual.

En 2012 las encuestas indican que el 38 por ciento de las empresas ya estaban usando la nube, y el 28 por ciento tenía planes para ya sea iniciar o expandir el uso de la nube.

En 2013 Telcordia introduce requisitos genéricos para equipos de CPD de telecomunicaciones y espacios. El documento presenta los requisitos espaciales y ambientales mínimos para equipos de CPD y espacios.

Google invirtió alrededor de \$ 7,35 mil millones en gastos de capital en su infraestructura de Internet durante 2013. El gasto fue impulsado por una expansión masiva de la red del centro de datos global de Google.

A partir del 2016, los CPD empezaron a cambiar de un modelo de propiedad de la infraestructura, hardware y software, hacia una suscripción y la capacidad del modelo de demanda. En un esfuerzo para apoyar las demandas de aplicaciones, especialmente a través de la nube, las capacidades de los CPD de hoy en día tienen que coincidir con los de la nube. Toda la industria de CPD está cambiando gracias a la consolidación, control de costos, y el apoyo de la nube.

Al igual que en los inicios, la tendencia vuelve a ser la consolidación, con el fin minimizar la complejidad del CPD. Se va reduciendo el número de dispositivos a gestionar, se minimizan las formas de gestionarlo, y se simplifica la infraestructura del CPD. Una infraestructura más simple permite gestionar el CPD con mayor eficiencia, además de reducir el coste total de propiedad (TCO, *Total Cost of Ownership*). [1], [2], [3]

### **1.1.1 Requerimientos de disponibilidad de los CPD**

Un CPD al ser una infraestructura en la que se va a realizar el tratamiento o procesamiento de datos de una organización, es necesario que garantice la continuidad y disponibilidad de todos los servicios que proporcionan.

Hay numerosos factores de riesgos que pueden darse en el CPD y que pueden afectar a la disponibilidad y continuidad del servicio: entre los más importantes podemos destacar los cortes en el suministro eléctrico, errores del personal encargado y fallos en general del CPD. Otros factores a considerar en segundo lugar, pero que no son objeto de este trabajo, y no por ello menos importantes pueden ser:

- Errores del software o sistema de tecnología de información (TI).
- Filtraciones de ciberdelincuentes.
- Proveedores de servicios de conexión de baja calidad.

Para hacer frente a esa problemática (fallas del suministro), existen estándares y guías que nos ayudan a implementar soluciones basadas en infraestructuras de suministro eléctrico más robustas, dependiendo de la criticidad de las operaciones que va a realizar el CDP. También se ha elaborado las facetas que debe tener un buen operador del CPD para reducir el factor de riesgo humano, así mismo, para reducir el factor de riesgo general se está implementando la redundancia en la carga informática para prevenir que un error en el software nos impida seguir ofreciendo un servicio seguro.

En caso del servicio de red, se recomienda contar con dos proveedores de servicio que dispongan de backups o recuperación de datos en caso de desastre como servicio (DRaaS).

También existe la posibilidad de que todo el sistema pueda ser configurado para desviar el tráfico de información en caso de que los servidores o los equipos de red fallen en un momento dado.

Otra forma de analizar la disponibilidad sería considerando el tiempo medio entre fallas (MTBF) así como el tiempo medio de reparación (MTTR) de los distintos elementos que integran el CPD, y estimar el MTBF y el MTTR de toda la infraestructura del CPD. [\[4\]](#), [\[5\]](#), [\[6\]](#)

### **1.1.2 Tendencia de los CPD**

Dado que la cantidad de información que manejan los CPD en la actualidad es mucho mayor que antaño, se prevé que los CPD van a seguir evolucionando y que la nube y los entornos cloud van a ser los principales responsables de esta futura evolución. Si a eso se le añade la importancia cada vez mayor de tendencias como el Big Data, IoT (Internet de las cosas), etc., el papel que van a desempeñar los CPD será crucial. Por eso, se cree que la inversión no solo en los CPD, si no en general en soluciones o infraestructuras TI seguirá siendo importante, porque de esa manera, las organizaciones pueden garantizar ser competitivas ante un cliente cada vez más exigente e hiperconectado que quiere recibir la información en cualquier momento y en cualquier lugar. Se cree que la prioridad del CPD va a seguir siendo la disponibilidad, y que aspectos como la gestión e integración de los sistemas y la mejora de habilidades del personal, también seguirá creciendo a medida que avanzan los CPD y aumenta la cantidad de información a procesar. Los aspectos más técnicos, relativos al consumo y suministro de energía, la refrigeración y la capacidad, serán también una prioridad. Por eso, se prevé que los retos del futuro de los CPD serán no sólo poder alinearse con la creciente demanda de manejo de cargas de datos, sino proveer de seguridad, minimizar la latencia y garantizar eficiencia con el Edge Computing como su principal aliado. [7], [8], [9]

### **1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

El principal objetivo de este trabajo fin de grado es crear una documentación que pueda servir como base para realizar el estudio del diseño de una instalación eléctrica de un CPD con una alta disponibilidad y eficiencia en el consumo de la energía eléctrica. Así como:

- ✓ Conocer las normativas y estándares existentes aplicables para la correcta implementación de un CPD.
- ✓ Conocer los requerimientos de máxima disponibilidad de la instalación eléctrica de un CPD.



### Antecedentes y Objetivos

- ✓ Definir las pautas de diseño de la instalación eléctrica de un CPD con una alta disponibilidad basada en los estándares existentes más rigurosas.
- ✓ Afianzar los conocimientos adquiridos durante la formación universitaria.





**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

# **CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DE UN CPD**

## ÍNDICE

2.1 INTRODUCCIÓN	31
2.2 PRINCIPALES ELEMENTOS DE UN CPD	36
2.2.1 Sistema de Comunicación	37
2.2.1.1 Equipos de Comunicación	37
2.2.1.2 Estructura de Cableado de Comunicación	40
2.2.2 Sistema Eléctrico	41
2.2.3 Sistema Mecánico	42
2.2.3.1 Sistema de Refrigeración	42
2.2.3.2 Sistemas de Protección Contra Incendios	42
2.2.3.3 Sistemas de Detección de Goteras	43
2.2.4 Sistemas de Seguridad	44
2.2.4.1 Seguridad Física	44
2.2.4.2 Seguridad Lógica	45
2.2.5 Sistema Estructural	47
2.2.5.1 Topología de un CPD	47
2.2.5.2 Sistema de Suelo Técnico	48
2.3 REQUERIMIENTOS DE UN CPD	49
2.3.1 Espacio y Peso de los Servidores	50
2.3.2 Requerimientos de Comunicación	50
2.3.3 Requerimientos Eléctricos	52
2.3.4 Requerimientos de Refrigeración	53
2.3.5 Planificar Redundancias	53
2.3.6 Planificar Posibles Expansiones	54
2.4 NORMATIVAS Y ESTÁNDARES PARA LOS CPD	55
Jaime Serafín Obama Asumu	28

## Descripción de un CPD

2.4.1 Espacio y Disposición del CPD	56
2.4.2 Energía Eléctrica y TIERS	57
2.4.3 Cableado y Conectividad	63
2.4.3.1 Racks y Gabinetes	64
2.4.3.2 Métodos de Conexión	65
2.4.4 Refrigeración	67
2.4.5 Suelo y Carga	68
2.4.6 Estándar de Protección Contra Incendios	70



## 2.1 INTRODUCCIÓN

Es importante desde un principio, entender el valor de un centro de procesos de datos (CPD). Cada CPD es un entorno especializado de tecnología punta, que salvaguarda la propiedad intelectual y los equipos más importantes y valiosos de una empresa. [10, p. 25]

Los equipos que aquí se encuentran consisten esencialmente de computadoras, redes de comunicaciones y demás servicios internos o externos a la red de una empresa.

Gracias a la interconexión que existe entre el sistema de comunicación interno y el sistema de comunicación externo, en el CPD podemos procesar las transacciones de los negocios, hospedar un sitio web, mantener los registros de las finanzas, enrutar los e-mails, etc. Por lo tanto, podemos definir un CPD como:

**“Una infraestructura crítica de tecnología punta que alberga una gran cantidad de equipos electrónicos (servidores, sistemas de almacenamiento de datos, equipos de comunicaciones, etc.) para dar servicio a parte o a toda la infraestructura TI (Tecnología de la Información) de una o varias empresas. Este servicio consiste básicamente en procesar, almacenar y distribuir la información. También se conoce como centro de cálculo, centro de procesamiento, o más sencillamente centro de datos (Data Center).”**

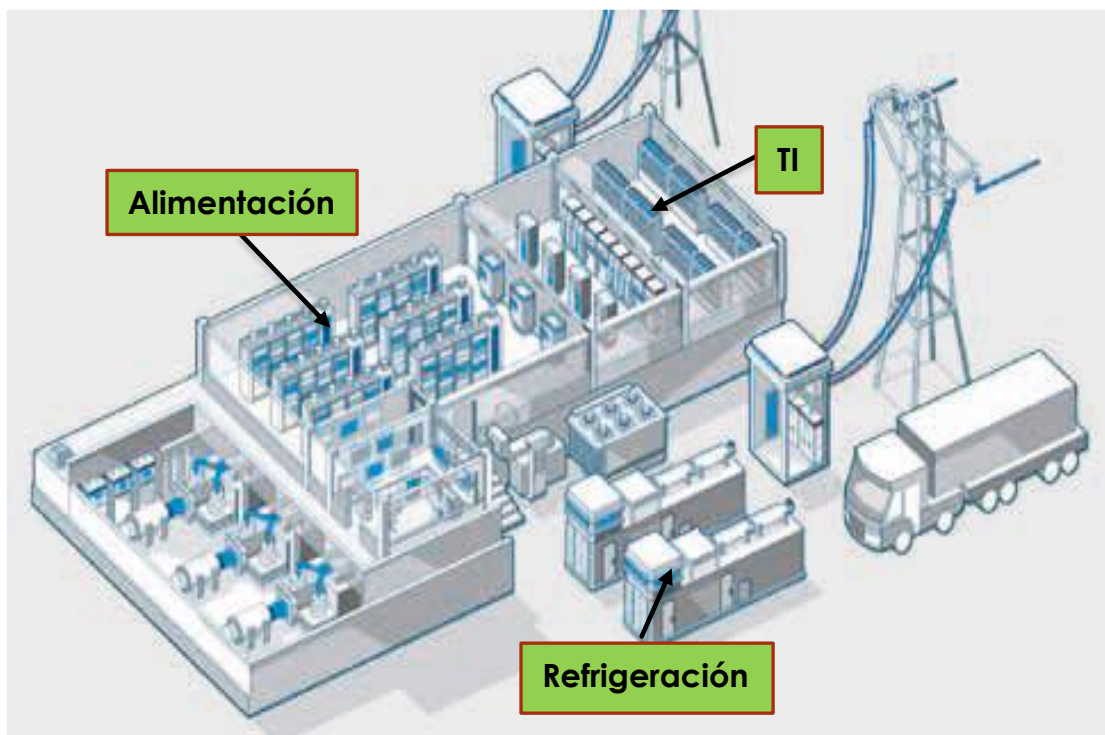
Un CPD es un caso típico de una instalación donde debida a la extrema importancia de la información allí contenida y a la continuidad de los servicios que se le exige, la energía suministrada a los equipos que manejan esa información debe estar siempre disponible. Debido a esta importancia, a estos equipos se les suele llamar “carga crítica”, haciendo alusión a que su mal funcionamiento, o desperfecto, sería “crítico” para los intereses de una empresa.

Por supuesto que, la importancia de estos equipos críticos es relativa al servicio que brindan. Un desperfecto momentáneo puede ocasionar una

pérdida de competitividad (como en el caso de que una terminal de venta al público de billetes de avión de una compañía no pueda acceder al CPD para conocer la cantidad de billetes restantes para un determinado vuelo), o puede ocasionar una pérdida importante de ingresos a la empresa (como sería en el caso de que el CPD de una tarjeta de crédito internacional no responda a las solicitudes de crédito durante 1 hora) o hasta la total desaparición de la misma (como sería en el caso de que el CPD de un banco pierda los datos de sus depósitos).

Los CPD se pueden definir básicamente como tres infraestructuras paralelas: sistema de comunicación, sistema eléctrico y sistema mecánico (en especial, el sistema de refrigeración). Las tres infraestructuras tienen que ser perfectamente compatibles y estar armonizadas y optimizadas para lograr el funcionamiento perfecto de una instalación crítica.

La figura 1 ilustra el ejemplo de la configuración física de un CDP genérico.

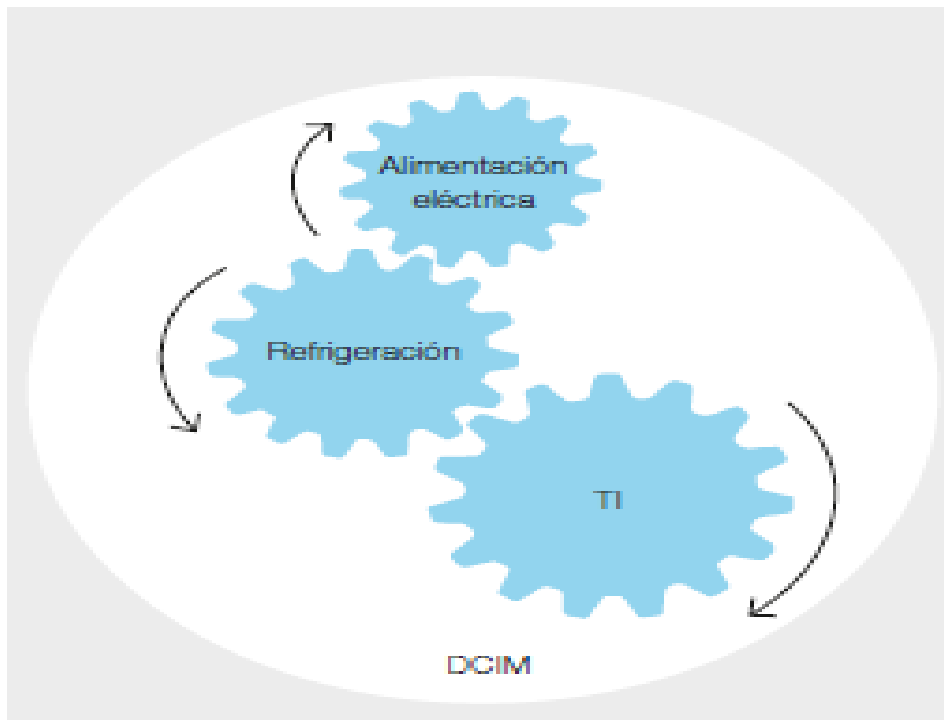


**Figura 1: Configuración física de un CPD genérico.**

Fuente: La Revista técnica ABB 4 | 2013.



La figura 2 ilustra un ejemplo de la infraestructura de un CPD que incluye la interacción de TI, alimentación eléctrica y refrigeración.



**Figura 2: La infraestructura básica de un CPD.**

Fuente: La Revista técnica ABB 4 | 2013.

La infraestructura de comunicación se compone principalmente de los equipos de TI con su software asociado. Los equipos se clasifican normalmente en tres categorías: servidores, conmutadores de red y espacio de almacenamiento (memoria). Cada grupo tiene su función exclusiva, aunque en muchos casos los servidores incluyen almacenamiento. Esta infraestructura es donde se instalan las funciones principales de los CPD y donde se entregan los servicios de TI. En los CPD se ejecuta una gran variedad de software, virtualización, bases de datos, hospedaje de web, sistemas operativos y nubes.

La electricidad y la refrigeración son las dos infraestructuras necesarias para que funcionen los equipos de TI. La electricidad procede principalmente de la red convencional. La alimentación eléctrica de los equipos de TI se hace por medio de topologías complejas formadas por transformadores, cuadros de distribución, grupos electrógenos, sistemas

## Descripción de un CPD

de alimentación ininterrumpida, cableado eléctrico y los interruptores de transferencia automática. La electricidad bruta suministrada por la compañía se transforma, convierte, acondiciona y distribuye a los servidores en los bastidores o rack de TI.

Se ha llegado a estimar que alrededor del 44 por ciento de la energía suministrada al CPD es consumida por la carga TI y el resto se pierde en forma de calor al ser utilizada por las cargas que brindan soporte.

Hay que evacuar ese calor para que la temperatura de funcionamiento de los equipos se mantenga dentro de las especificaciones y el entorno de los equipos sea accesible al personal. Los CPD utilizan sistemas de refrigeración muy complejos y variados para controlar este entorno, incluyendo de esta forma, refrigeración por líquido, refrigeración por aire, refrigeración por inmersión, cerramiento de pasillos calientes, cerramiento de pasillos fríos, aire acondicionado de precisión (CRAC) y unidades de ventilación (CRAH) para las salas de ordenadores. La refrigeración es el principal consumidor de energía, con factores de eficiencia del uso de la energía (PUE) por encima de 1,0.

Entre los factores más importantes que motivan la creación de un CPD se puede destacar:

- ✚ Garantizar la continuidad y disponibilidad del servicio a clientes.
- ✚ Almacenamiento de datos.
- ✚ Tratamiento y procesamiento de los datos.
- ✚ Acceso a la información a través de Internet.
- ✚ Seguridad e integridad de los datos, a través de redundancias, copias de seguridad, etc.

El campo de aplicación donde es requerido un CPD puede ser variado como en:

- 1. Entidades financieras:** donde son necesarios para la realización de transacciones financieras, aunque no sean por sí mismos su fuente de ingresos.
- 2. Telecomunicaciones:** desde los servicios digitales mediante líneas terrestres hasta los de móviles y teléfonos inteligentes, las compañías de telecomunicaciones desempeñan un papel fundamental en el sector de los CPD. Actualmente, casi todos los servicios de telefonía son digitales y muchos de ellos utilizan VoIP, empleando la conectividad de Internet. Importantes agentes, como NTT, AT&T, T-Mobile, poseen, construyen y explotan sus propios CPD.
- 3. Administración pública:** esto incluye toda clase de servicios, desde la Agencia Tributaria hasta el Departamento de Defensa o la Administración de la Seguridad Social. Para los organismos públicos, los CPD suponen un coste.
- 4. Asistencia sanitaria:** se espera que este segmento aumente rápidamente con la tendencia hacia la digitalización de los historiales de los pacientes y todos los datos médicos, desde las visitas a médicos privados a la hospitalización y las operaciones quirúrgicas más importantes. Para el sector de la atención sanitaria los CPD suponen un coste.
- 5. Sociedades, comercio minorista, fabricación, compañías de servicios públicos:** se incluyen aquí un amplio grupo de empresas privadas y públicas de diversos sectores, como los plásticos derivados del petróleo y el gas, las cadenas de comercios minoristas o las compañías eléctricas, de gas y de agua. Aunque muchas pequeñas y medianas empresas elegirían servicios de housing o hosting, las grandes poseen y explotan sus propios CPD exclusivos. [11], [12, pp. 7-13]

Es importante remarcar que debido a la enorme inversión que supone construir un CPD de la nada, para las pequeñas compañías una inversión similar o debido al uso que se le quiera otorgar, sería una inversión desaconsejable. Porque existen diversas opciones que permiten poseer un CPD sin necesidad de tener que construir uno desde cero; de las cuales destacamos:

### **Housing**

El "housing" consiste básicamente en vender o alquilar un espacio físico de un CPD para que el cliente coloque ahí su propio servidor. La empresa propietaria del CPD proporciona espacio, suministro eléctrico, refrigeración, conexión a Internet, etc., pero el servidor es propiedad del cliente. Dicho de otra forma, es como si alquiláramos un espacio en un CPD para alojar nuestros servidores, proporcionándoles a éstos unas condiciones ambientales y físicas suficientes para dotar de alta disponibilidad el servicio que se quiera prestar.

### **Hosting**

El "hosting" o alojamiento web (en inglés web hosting) es el servicio que consiste en proveer a los clientes de un sistema para poder almacenar información, imágenes, vídeo o cualquier contenido accesible vía Web. En otras palabras, los Web Host son compañías que proporcionan espacio de un servidor a sus clientes. Un ejemplo es cuando contratamos a una empresa un espacio para albergar una página web o una aplicación. Tanto el "housing" como el alojamiento web se pueden complementar con servicios adicionales como copias de seguridad, conexiones redundantes, antivirus, etc. [13, pp. 18-19]

## **2.2 PRINCIPALES ELEMENTOS DE UN CPD**

Un CPD es una inversión estratégica para una organización. Su correcto dimensionamiento es de vital importancia, pues condicionará, no sólo a la tecnología que empleen, sino también a la organización y su existencia como una entidad fiable y segura.

Para diseñar correctamente un CPD es importante definir con claridad y sin ambigüedades todas las partes y los elementos que intervienen en su concepción.

Un CPD podemos dividirlo en tres partes esenciales como son: sistema eléctrico, sistema mecánico y sistema de comunicación y en otras dos partes no tan esenciales como el sistema estructural y el sistema de seguridad, pero que ayudan para el buen funcionamiento y en la concepción del CPD como una infraestructura. [12, p. 8]

### **2.2.1 Sistema de Comunicación**

El sistema de comunicación de un CPD está compuesto por todos los elementos de la infraestructura lógica de telecomunicaciones que permiten brindar del servicio informático a la empresa, así se puede apreciar equipos y el cableado de telecomunicaciones.

#### **2.2.1.1 Equipos de Comunicación**

Para diseñar la infraestructura de red y equipos, es importante identificar todo el hardware, dispositivos, accesorios y cableados que necesitará albergar, conocer los requerimientos técnicos de los mismos y especificar exactamente con cuánto espacio deberá contar en las salas tanto al inicio como ante una futura expansión. Las características, modelos y dimensiones de los equipos a tener en cuenta a la hora de instalar un sistema de comunicación pueden ser: [14, p. 32]

##### **a) Gabinetes, Racks o Bastidores**

Básicamente es un armario metálico que incluye un bastidor formado por cuatro perfiles y cuya finalidad principal es la de albergar equipos electrónicos, informáticos y de comunicaciones, sus medidas están normalizadas para que sean compatibles con los equipos de cualquier marca o fabricante. [15]

##### **b) Servidores**

Unidades de computación, dispositivos de almacenamiento de datos y otro hardware implementado por los clientes o proporcionado como un

servicio por el CPD y que se monta en el rack. [16, p. 88]

La figura 3 ilustra los tres tipos de servidores existentes: a) tipo torre, b) tipo rack y c) tipo balde o modular.



**Figura 3a: Servidor tipo Torre.**



**Figura 3b: Servidor tipo Rack.**



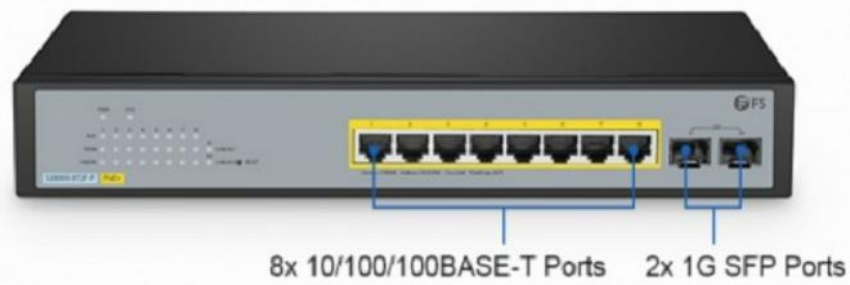
**Figura 3c: Servidor tipo Balde.**

**Figura 3: Los tres tipos de servidores existentes.**

Fuente: Internet.

### **c) Switching o Conmutador**

Es un dispositivo que sirve para conectar varios elementos dentro de una red. Sirve de puente para cientos de ordenadores de sobremesa. Los switches más básicos tienen cuatro puertos Ethernet, pero los hay con muchas más entradas y funciones muy avanzadas de gestión de la red. La figura 4 ilustra el ejemplo de un conmutador de interconexión de red. [17]



**Figura 4: Conmutador de red.**

Fuente: Internet.

#### **d) Panel de Conexiones**

Es un elemento pasivo que se monta en el rack cuya función es tener ordenados los cables de red, cuenta con una regleta metálica para ser colocada en el rack y en su parte frontal cuenta con un número definido de conectores RJ45 para conectar con switch y en la parte trasera con conexiones para acoplar cable UTP rígido de la red local, su altura es de 1, 2 o 4 U (unidad de rack). Todas las líneas de entrada y salida de los equipos (ordenadores, servidores, impresoras, etc.) tendrán su conexión a uno de estos paneles.

La figura 5 ilustra el ejemplo de un panel de conexiones para un sistema de cableado. [14, p. 38]

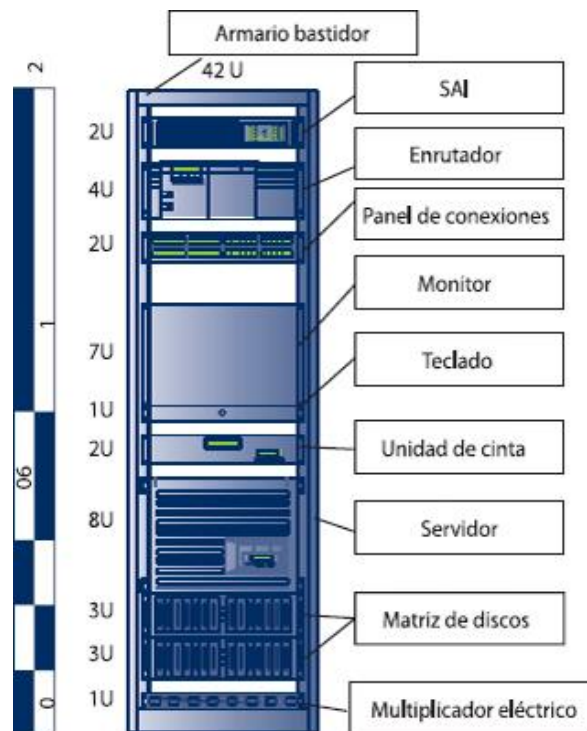


**Figura 5: Panel de conexiones para sistema de cableado.**

Fuente: Internet.

La figura 6 ilustra el ejemplo de un rack con todos los equipos que puede albergar.

## Descripción de un CPD



**Figura 6: Gabinete de equipos.**

Fuente: Internet.

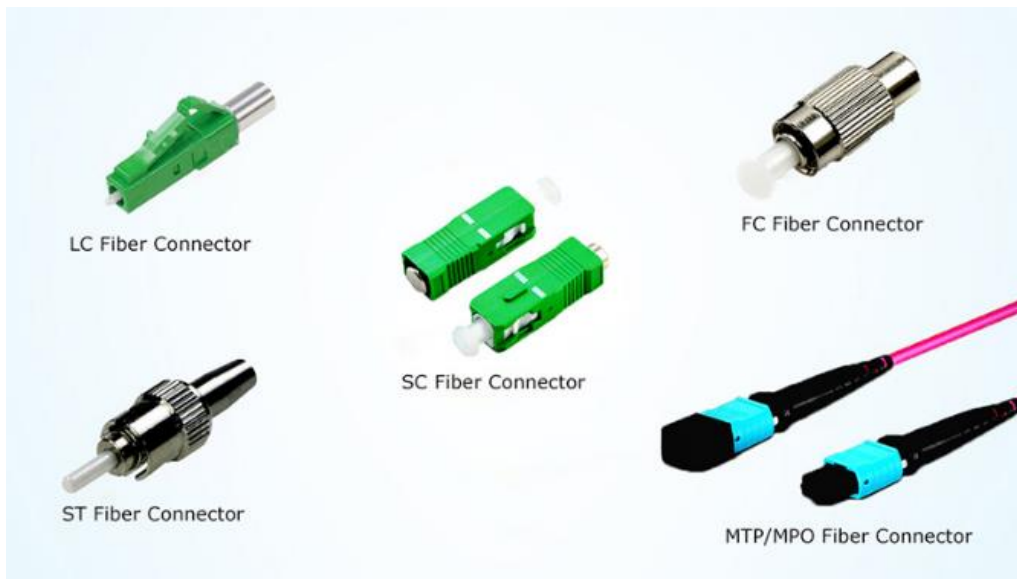
### 2.2.1.2 Estructura de Cableado de Comunicación

El cableado estructurado es un sistema genérico de cables y conectores para la distribución de servicios de telecomunicaciones en el CPD, edificios, campus, etc. Para que el sistema sea calificado como cableado estructurado, las características e instalación de los elementos que lo componen se deben hacer bajo el cumplimiento de los estándares (ANSI/TIA/EIA-TSB-67, la norma EIA/TIA 568 y su equivalente norma ISO IS11801). Esto trae consigo una serie de ventajas y beneficios tales como flexibilidad de instalación, capacidad de crecimiento y facilidad de administración.

Las interconexiones entre los componentes del CPD y el mundo exterior, incluidos enrutadores, conmutadores, controladores de entrega de aplicaciones y de más, se realizan a través de dispositivos de red y seguridad que brindan servicios básicos como la conectividad a internet. En cuanto a los conectores utilizados, el conector RJ45 es el estándar para el cableado de cobre categoría 5e. El cable de fibra tiene algunas opciones: Tipo de conector LC, SC, y ST.



La figura 7 ilustra el ejemplo de los tipos de conectores utilizados para las conexiones del cableado estructurado en un CPD. [18], [19]



**Figura 7: Tipos de conectores del cableado estructurado.**

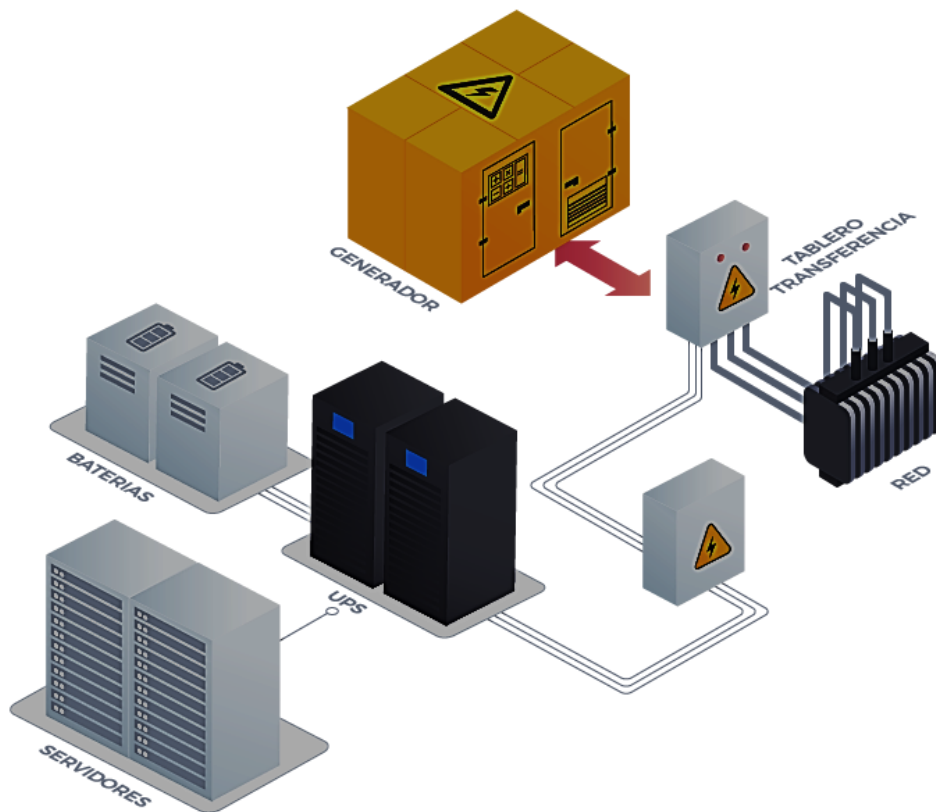
Fuente: <https://www.adslzone.net/foro/fibra-optica.94/que-elegir-conectores-fibra-optica.457346/>.

### 2.2.2 Sistema Eléctrico

El sistema eléctrico desempeña un papel crucial para el correcto funcionamiento del CPD, se compone de suministro principal de la red eléctrica convencional, de centro de transformación (CT), de unos cuadros o celdas de protección, de sistema de puesta a tierra, de sistema de alimentación ininterrumpida, de grupo electrógeno (GE) de interruptores de transferencia automática, de unidades de distribución de potencia dentro del rack, del cableado eléctrico, de las canaletas de distribución del cableado, etc.

La figura 8 ilustra el ejemplo de un esquema eléctrico de un CPD genérico con los elementos más destacados del sistema. [10, pp. 43-46], [12, pp. 10-16], [20]

## Descripción de un CPD



**Figura 8: Esquema eléctrico de un CPD genérico.**

Fuente: <https://www.powerhost.cl/datacenter.php>.

### 2.2.3 Sistema Mecánico

El sistema mecánico de un CPD se compone principalmente del sistema de refrigeración, de forma secundaria, de un sistema de protección contra incendios y de un sistema de detección de goteras.

#### 2.2.3.1 Sistema de Refrigeración

El sistema de refrigeración está compuesto de sistemas de calefacción, ventilación y de aire acondicionado (HVAC), intercambiadores de calor, ventilación del suelo técnico (CRAH), compresores para aumentar la presión y válvulas de sobrepresión. Cada armario de servidores también puede poseer su propio sistema de enfriamiento (CRAC), tales como los aires acondicionados de precisión o sistemas basados en circulación de agua. [10, p. 26], [12, p. 10]

#### 2.2.3.2 Sistemas de Protección Contra Incendios

Este sistema incluye todos los dispositivos y sustancias asociadas con la detección y extinción del fuego en el CPD.

Un sistema de detección de incendios consta de la central, los periféricos, como los detectores de incendio y contactos, así como los dispositivos de alarma y de control activados por la central.

Los sistemas de extinción de incendios más comunes son los extintores basados en rociadores de agua, supresores gaseosos de fuego y extintores de mano. También se pueden usar sistemas pasivos como barreras resistentes al fuego. [21], [10, p. 26], [22]

Figura 9: Los medios de extinción de incendios más comunes. a) rociadores, b) supresores gaseosos y c) extintores de mano.



**Figura 9a: Rociadores.**



**Figura 9b: Supresores gaseosos.**



**figura 9c: Extintores de mano.**

**Figura 9: Los medios de extinción de incendios más comunes.**

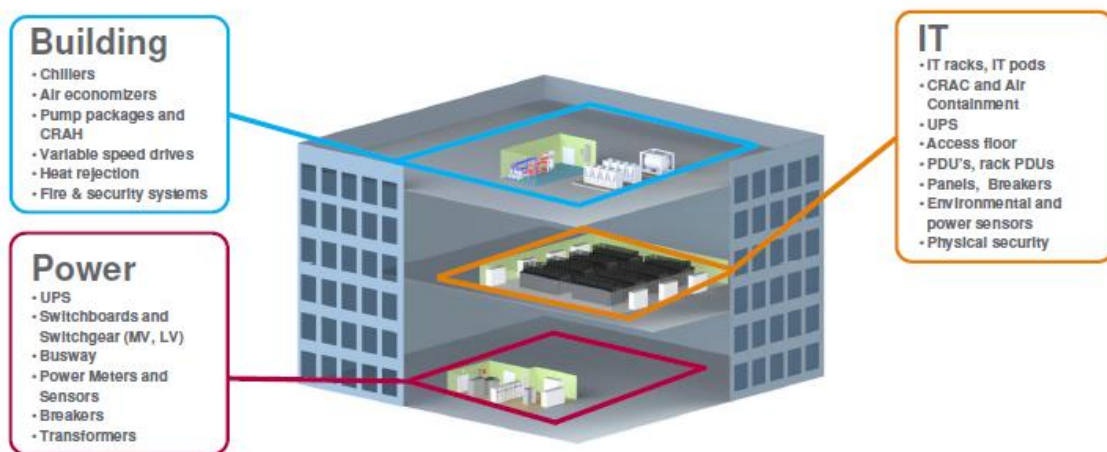
Fuente: Internet.

### 2.2.3.3 Sistemas de Detección de Goteras

El sistema consta de una unidad de control y un sensor que son capaces de detectar en todo su recorrido una mínima cantidad de agua. Estos cables/sensores son capaces de comunicar y diferenciar si se trata de una fuga de líquido o de una rotura del cable.

También podemos incluir dentro del sistema mecánico como puntos secundarios a tener en cuenta, los medios de mitigación sísmica y los sistemas de protección contra el ruido. Porque son factores que también pueden influir a la hora de realizar el diseño del CPD. [10, p. 26], [23]

La figura 10 ilustra la infraestructura propia de un CPD con algunos de los elementos que pueden albergar.



**Figura 10: Infraestructura propia de un CPD.**

Fuente: Schneider Electric Iberia. Data Center: Conceptos generales.

## 2.2.4 Sistemas de Seguridad

Son medios empleados para vigilar y controlar el acceso al edificio y a sus alrededores, la información y todos los equipos instalados dentro del CPD. Estos sistemas de seguridad pueden ser físicos y lógicos.

### 2.2.4.1 Seguridad Física

Consiste en la aplicación de barreras físicas y procedimientos de control como medidas de prevención y contramedidas ante amenazas a los recursos e información confidencial del CPD. Se trata de los controles y mecanismos de seguridad dentro y alrededor del edificio, así como los medios de acceso remoto dentro y fuera del CPD implementados para proteger el hardware y medios de almacenamientos de datos. Este tipo de seguridad va encaminada a cubrir las amenazas ocasionadas por el hombre.

Para evitar ese tipo de contratiempos se debe implantar mecanismos de control de acceso y de detección de intrusos al CPD.

Para el control de acceso podemos implementar los siguientes métodos de prevención: [24], [25, pp. 26-31], [26], [27], [10, pp. 59-73]

- Analizadores de retina,
- Tarjetas inteligentes,
- Videocámaras,
- Lectores biométricos,
- Vigilantes jurados,
- Cierre de racks, etc.

#### **2.2.4.2 Seguridad Lógica**

La seguridad lógica se refiere a los controles específicos establecidos para administrar el acceso a los sistemas informáticos dentro del CPD. Usar una puerta cerrada para proteger la entrada de la sala de servidores del CPD puede ser una mejor práctica de seguridad física, pero tener que participar en la autenticación de dos factores para abrir la puerta es una forma de seguridad lógica.

Este enfoque de la seguridad también se extiende a los sistemas informáticos. Las contraseñas y los perfiles de usuario son un enfoque común para restringir el acceso, asegurando que sólo el personal autorizado pueda tener acceso a los servidores.

Para una protección más efectiva, la lista de las personas que pueden acceder a qué en el CPD es absolutamente esencial. Si las listas de acceso no se mantienen actualizadas, es muy posible que las personas que no deberían estar autorizadas para acceder a datos y activos (ex empleados, por ejemplo) puedan pasar por la puerta principal y robar información valiosa y confidencial.

La seguridad lógica ayuda a proteger contra amenazas cibernéticas, pero también protege a los CPD de sí mismos.

## Descripción de un CPD

Mediante la implementación de protocolos lógicos de seguridad y la actualización continua de las listas de acceso de usuarios, las compañías pueden garantizar que nadie pueda acceder a sus datos valiosos sin su autorización.

Los principales objetivos de los controles de seguridad lógica son:

- ✚ Limitar el acceso a los programas y archivos.
- ✚ Garantizar el trabajo de los empleados sin necesidad de supervisión constante y que no tengan la posibilidad de realizar cambios en los programas o archivos que no correspondan.
- ✚ Asegurar el uso de programas, archivos y datos de forma correcta.
- ✚ Que la información compartida se reciba sólo por el destinatario al que se ha enviado y no a otro.
- ✚ Establecimiento de sistemas alternativos secundarios para compartir información entre distintos puntos.
- ✚ Creación de sistemas de emergencia alternativos para transmitir información.

Las mejores prácticas que nos permiten proteger mejor la información son:

- ✓ Instalación de firewalls.
- ✓ VPN,
- ✓ Conexiones seguras (SSL),
- ✓ Wrappers,
- ✓ Software de análisis de vulnerabilidad,
- ✓ Huella digital para archivos,
- ✓ Normas de asignación de cuentas,
- ✓ Copias de seguridad, etc.

Los controles lógicos de seguridad deben ser aprobados por expertos con experiencia en la implementación de soluciones lógicas de seguridad y la administración de la empresa que tiene el poder de hacerlas cumplir. [28], [25, pp. 42-50], [16, pp. 69-75]

## 2.2.5 Sistema Estructural

Se refiere a los espacios asociados del CPD, así se puede apreciar topologías de las salas y de más espacios del CPD.

### 2.2.5.1 Topología de un CPD

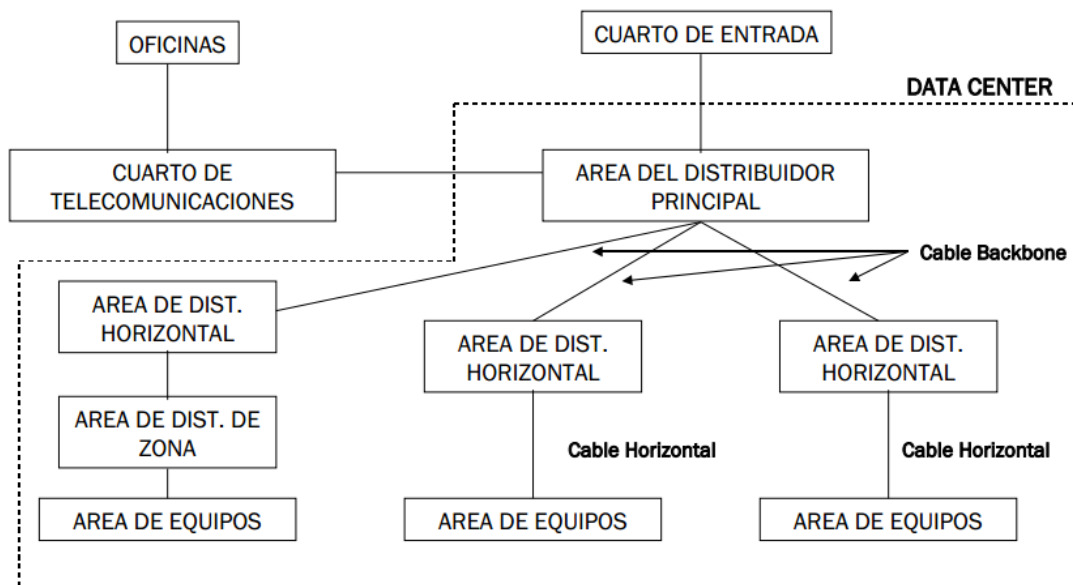
El estándar TIA-942 sugiere una topología que puede ser aplicable a cualquier instalación, independientemente del tamaño. Los principales espacios dentro de un CPD, según la TIA-942, son:

- **La sala de entrada (ER):** es un espacio de interconexión entre el cableado estructurado del CPD y el cableado proveniente de las operadoras de telecomunicaciones.
- **Área de distribución principal (MDA):** es el punto principal de distribución del cableado estructurado de un CPD. Es un área crítica donde se realizan las principales operaciones del CPD.
- **Área de distribución intermedia (IDA):** es un área opcional que se emplea principalmente en CPD grandes, como los que se distribuyen en múltiples plantas o múltiples salas. Las IDA pueden incluir conexiones cruzadas intermedias y están diseñadas para permitir el crecimiento del CPD o proporcionar segmentación para aplicaciones específicas.
- **Área de distribución horizontal (HDA):** es el punto de distribución para el cableado horizontal, conexiones cruzadas y equipos activos de distribución de cable en la zona de distribución de equipos. En este espacio se instala racks separados de fibra óptica, cable UTP y coaxial, además se colocan switch y paneles de control para minimizar la longitud del cable de conexión. Está localizado en ER y el número de conexiones depende de la

capacidad de la bandeja de cable. En cuanto se refiera a requisitos arquitectónicos y eléctricos son los mismos que se detallaron para ER.

- **Área de distribución de equipamiento (EDA):** espacio destinado a los equipos terminales (Servidores, Storage) y los equipos de comunicación de datos o voz (switches, centrales).
- **Área de distribución de zona (ZDA):** punto de interconexión opcional del cableado horizontal. Posicionado entre el HDA y el EDA, permite una configuración rápida y frecuente, generalmente ubicada debajo del piso. Agrega flexibilidad al Data Center.

La figura 11 ilustra la topología básica de un CPD según el estándar TIA-942. [14, pp. 31-32], [29, pp. 48-54], [30]



**Figura 11: Topología básica de un CPD estándar.**

Fuente: <http://admindata.blogspot.com/>

También es importante destacar el papel que puede llegar a desempeñar el sistema de suelo técnico en un CPD.

### 2.2.5.2 Sistema de Suelo Técnico

Es un sistema de reja elevado que se instala en los CPD, los sistemas de refrigeración, cableado de red y eléctrico suelen ir instalados a través del espacio que queda entre el suelo fijo y el suelo técnico o falso suelo,



garantizando una mejor circulación del aire para la refrigeración y climatización de la sala, facilitando la manipulación de los cables de red y eléctricos. [10, p. 25]

La relación anterior es un breve resumen de los elementos que hay que considerar cuando se quiere diseñar y construir un CPD. Un CPD requiere un esfuerzo de diseño multidisciplinario, promoviendo la cooperación en el diseño y en las fases de construcción.

### **2.3 REQUERIMIENTOS DE UN CPD**

En este apartado vamos a describir todos los requerimientos que hacen operativo un CPD partiendo de los elementos indicados en el apartado anterior.

Diseñar un CPD involucra muchas variables que deben ser incluidas en la concepción de su estructura como tal, todos los requerimientos necesarios para mantenerlo operativo, los medios de procesamiento y almacenamiento de datos, la fuente de energía necesaria para el hardware, los medios para controlar la temperatura, etc., todos ellos deben ser coordinados para conseguir un funcionamiento óptimo del CPD. Equilibrar todas estas variables en el diseño del CPD, mantendrá al centro en constante operación sin posibilidad de un colapso total, si no es previamente planeado.

Para eso el CPD debe proveer algunos servicios como:

1. Espacio y peso del suelo donde se debe colocar los racks.
2. Conectividad para que los dispositivos ubicados en los racks puedan ofrecer servicio a todos los usuarios.
3. Energía para mantener operativo los dispositivos ubicados en los racks.
4. Refrigeración para evitar el sobrecalentamiento de los dispositivos ubicados en los racks.
5. Planificar redundancias.

Si uno de estos servicios falla, el sistema no funcionará correctamente. Esto se debe a que, el perfecto equilibrio entre todos los servicios es fundamental para el correcto funcionamiento del CPD.

A parte de esos requerimientos, también podemos tener como servicios adicionales la posible ampliación en un futuro del CPD.

6. Planificar posibles expansiones.

### **2.3.1 Espacio y Peso de los Servidores**

Según el tipo de servidor a usarse, se debe dejar más espacio que el que pueda dejar la huella física para enfriarlo, es decir, en la sala de servidores se tiene que habilitar mayor espacio que el requerido por los servidores. Otra consideración importante a tener presente es el peso que es capaz de soportar la sala de servidores, debido a que, si se tiene espacio para colocar el rack de servidores, pero el suelo no es lo suficientemente estable y fuerte para resistir y soportar todo el peso de la carga, éste se puede hundir y quebrar. Las rampas y la elevación que se use para ubicar los equipos en el suelo técnico deben poder soportar la carga total del peso que conlleva todo el sistema. [10, pp. 28-29]

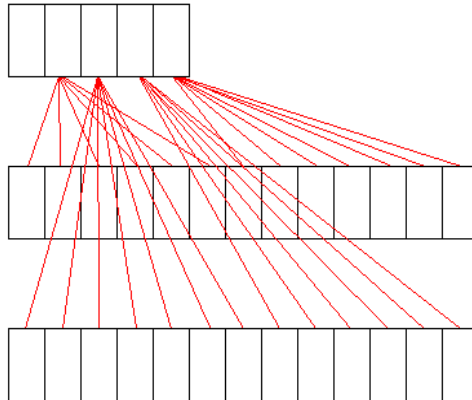
### **2.3.2 Requerimientos de Comunicación**

El cableado dentro de un CPD constituye la arteria principal del flujo de información a través del mismo. Se debe garantizar no solo la conectividad TCP/IP, sino también que los dispositivos de red sean consistentes.

La mayor parte de estos requerimientos se pueden cubrir utilizando cables de categoría 5e, 6e o de fibra óptica. Entender qué equipos van a instalarse y conocer los requisitos del cableado para cada parte del equipo se convierte en un factor indispensable al momento de construir un CPD.

Dentro de la jerarquía, en el cableado hay 2 maneras de diseñar la disposición de la red en el CPD. Para esto se crean filas de red.

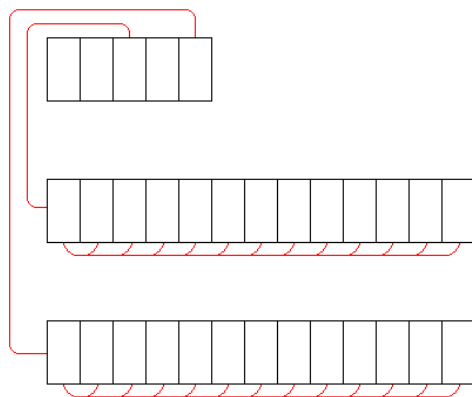
La primera es por medio de la conexión directa de los servidores a los gabinetes. Esto trabaja moderadamente en entornos medianos y pequeños, en sitios con menos de 25 gabinetes. El cableado viaja distancias cortas y es fácilmente manipulable y fácil de organizar. La figura 12 ilustra esta disposición del cableado dentro del CPD.



**Figura 12: Distribución del Cableado de red por conexión directa.**

Fuente: Diseño de un Centro de Datos (Tatiana De Castro Acuna Lasheras).

La segunda se hace por medio de subestaciones como puntos estratégicos de ubicación en el CPD. Estas son llamadas generalmente como “distribuidor de filas” y facilitan la conexión del CPD ya que lo descentraliza y permite crear conexiones redundantes por medio de subestaciones que reduzcan el tiempo que permanece sin funcionar el CPD por algún problema en alguna conexión o porque algún dispositivo se haya averiado. La figura 13 ilustra esta situación. [16, pp. 64-66], [10, pp. 29-30]



**Figura 13: Distribución del Cableado por medio de subestaciones.**

Fuente: Diseño de un Centro de Datos (Tatiana De Castro Acuna Lasheras).

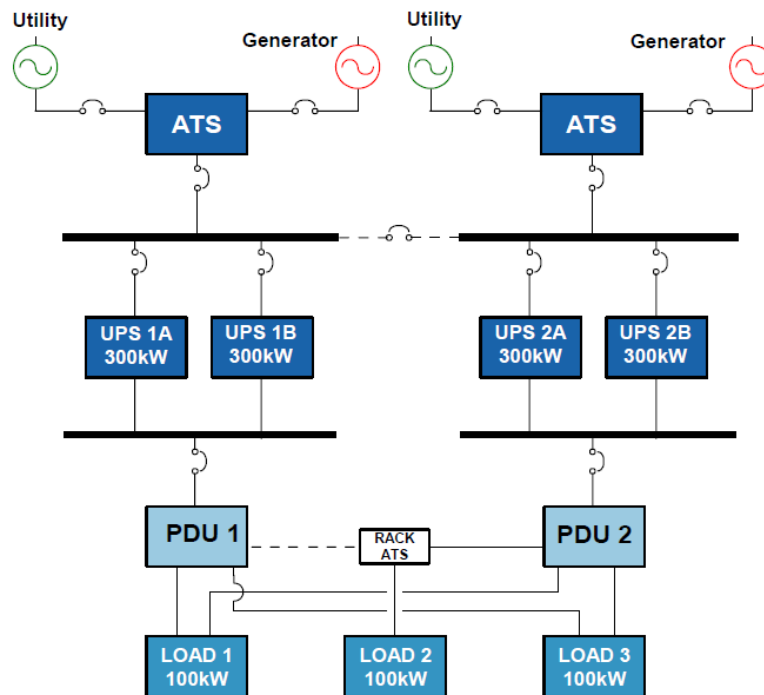
### **2.3.3 Requerimientos Eléctricos**

Si los equipos en el CPD están sujetos a frecuentes variaciones de tensión y corriente o cortes en el suministro, los equipos experimentarán fallas que cuando trabajen con fuentes de energía estables. Para garantizar que esto no suceda se debe tener en cuenta la alimentación de las distintas fuentes de energía que se encuentren disponibles de manera independiente o a través de mallas de distribución.

Para garantizar un suministro continuo y seguro de energía eléctrica, es recomendable alimentar al CPD acometiendo la línea principal desde una subestación eléctrica, haciendo uso de elementos de conmutación para cambios automáticos entre líneas ante variaciones de tensión, contar con un centro de transformación (CT) para regular la tensión a unos valores seguros para los equipos y el personal del CPD y de todos los cuadros eléctricos para proteger los equipos ante variaciones de tensión. En caso de falla en la acometida de la red convencional, es necesario contar con suministros de respaldo como sistemas de alimentación ininterrumpidas (SAI) y grupos electrógenos (GE) con capacidad para abastecer de energía a las cargas críticas de forma instantánea. Para el transporte de energía se hace uso del cableado eléctrico y de canaletas protectoras para proteger el mismo, así como de las unidades de distribución de energía dentro de los bastidores.

La figura 14 ilustra el ejemplo de un sistema de alimentación de un CPD con todos los elementos duplicados para garantizar un suministro eléctrico continuo y seguro. [\[10, p. 29\]](#), [\[12, pp. 11-15\]](#), [\[16, pp. 25-39\]](#)

## Descripción de un CPD



**Figura 14: Esquema eléctrico de un CPD.**

Fuente: Documento técnico nº 75 Comparación de configuraciones de diseño de sistemas SAI.

### 2.3.4 Requerimientos de Refrigeración

Se tiene que contemplar como mínimo la posibilidad de incluir dos o más sistemas de refrigeración. La ubicación del sistema de refrigeración HVAC y los de aire acondicionado de precisión (CRAC) dependerán del tamaño y de la forma del CPD, así como de la disponibilidad de conexiones de soporte para los sistemas de respaldo.

Las corrientes de aire deben ser consideradas al momento de implementar los sistemas HVAC. Reducir las obstrucciones por debajo del suelo técnico va a incrementar la posibilidad de que se tenga una mejor circulación de aire en las áreas donde más se lo necesite. El flujo de la corriente de aire estará guiado por la presión del suelo técnico, de manera que también es importante localizar y ubicar correctamente las perforaciones en el suelo técnico. [14, pp. 30-31], [10, p. 29]

### 2.3.5 Planificar Redundancias

Se tiene que considerar todas las posibles fuentes que se van a necesitar para proveer redundancia. Hay que considerar la redundancia para el

soporte de equipos de energía y de refrigeración. Los sistemas redundantes permiten operar de manera ininterrumpida durante el remplazo o el mantenimiento del sistema HVAC o de fuentes de energía. Esto asegurará que la energía y los controles del entorno estén disponibles ante una posible falla de energía o de los equipos.

También hay que planificar para tener la mínima cantidad de redundancia, pero planear para, en un futuro, tener una redundancia basada en el crecimiento y cambios en el CPD. Es esencial que las intenciones de redundancia sean mantenidas, acorde a las demandas de crecimiento del CPD. El mayor problema de asignar menor redundancia para crear mayor capacidad es el área en el cuadro eléctrico secundario y en el cuadro eléctrico principal. Se debe dejar espacio para al menos un elemento de protección en el cuadro para cada mega vatio de energía que se tenga que incorporar en el CPD.

También hay que considerar la redundancia para los sistemas de alimentación ininterrumpidas y grupos electrógenos de emergencia. Su misión es crítica y en un minuto podría costar pérdidas de muchos millones de euros en empresas de misión crítica, por eso deben ser una inversión prudente. [10, p. 30]

### **2.3.6 Planificar Posibles Expansiones**

Según la Ley de Moore cada 24 meses se podrá tener en el mismo espacio físico el doble de capacidad de procesamiento.

La próxima generación de hardware ocupará menos espacio en la misma sala de cómputo actual y proveerá de mayor potencia y almacenamiento. Pero con esto también crecerán las necesidades de energía y refrigeración en el CPD, incluso si se tiene el espacio para estos equipos adicionales no será tan fácil la implementación.

Utilizar el espacio que ocupa el rack para determinar las capacidades del CPD es la mejor práctica para futuras expansiones. El espacio que ocupa cada rack nos permitirá definir las necesidades estructurales, el

espacio, energía y enfriamiento, etc., siempre hay que mantener una idea clara de las necesidades de ampliación del CPD. [10, p. 31]

## **2.4 NORMATIVAS Y ESTÁNDARES PARA LOS CPD**

No existe una normativa obligatoria a seguir, pero existen muchos estándares aceptados, con diferentes alcances y penetraciones.

En abril del 2005, la TIA anuncia el primer estándar para el diseño de los CPD, el TIA-942. Es el primer estándar que establece los criterios para el diseño de la infraestructura de los CPD, el cual unifica los criterios en el diseño de las áreas de tecnología y comunicación. Se basa en una serie de especificaciones para las comunicaciones y cableado estructurado, avanza sobre los subsistemas de infraestructura generando los criterios que se deben seguir para clasificar estos subsistemas en función de los distintos grados de disponibilidad que se pretende alcanzar. Actualmente es usado para definir el proceso de construcción del CPD.

“El objetivo del estándar TIA-942 es brindar guías para el diseño e instalación de un CPD, de acuerdo con las necesidades de disponibilidad de cada organización, que permitan asegurar la continuidad del servicio y evitar los factores de riesgo a los que se expone la información, riqueza invaluable de las organizaciones del sector.”

La norma fue desarrollada con la colaboración de arquitectos, firmas de ingenieros, consultores, usuarios finales y fabricantes. Los objetivos que persigue la TIA-942 son:

- ✚ Animar la participación temprana de los diseñadores de la telecomunicación en el proceso de diseño del CPD.
- ✚ Llenar un vacío proporcionando los estándares para la estructuración de los CPD, salas de ordenadores, sala de servidores, y espacios adyacentes.
- ✚ Abarcar mucho más que apenas la infraestructura de telecomunicaciones.

- ✚ Definir un estándar de telecomunicaciones para la infraestructura de los CPD que abarca el cableado estructurado, un amplio rango de aplicaciones, protocolos actuales y futuros, reemplazar el sistema de cableado desestructurado punto a punto que utiliza diferentes cableados para las diferentes aplicaciones.
- ✚ Especificaciones de pasillos y espacios, recomendaciones en medios y distancia para los usos sobre el cableado estructurado.
- ✚ Establecer un estándar para las capas del CPD para reemplazar algunos estándares propietarios.

El estándar TIA-942 cubre los siguientes aspectos del CPD: [\[10, pp. 58-60\]](#)

1. Espacio y disposición del CPD.
2. Energía eléctrica y TIERS.
3. Cableado y conectividad.
4. Enfriamiento.
5. Suelo y Carga.

### **2.4.1 Espacio y Disposición del CPD**

El estándar especifica la creación de áreas funcionales específicas, las cuales ayudan a definir el lugar que ocuparán los equipos basados en la topología estándar de estrella, diseñada para regular espacios comerciales. Diseñar el CPD con estas áreas funcionales anticipará el crecimiento y ayudará a crear un entorno donde las aplicaciones y los servidores pueden ser añadidos y actualizados con el mínimo tiempo de interrupción.

Según el estándar TIA-942, un CPD deberá incluir las siguientes áreas funcionales: [\[10, pp. 60-63\]](#), [\[29, pp. 48-54\]](#)

- La sala de entrada (ER).
- Área de distribución principal (MDA).
- Área de distribución intermedia (IDA).



- Áreas de distribución horizontal (HDA).
- Área de distribución de equipamiento (EDA).
- Área de distribución de zona (ZDA).
- Cableado horizontal y backbone.

### **2.4.2 Energía Eléctrica y TIERS**

Basado en recomendaciones del Uptime Institute, se establece cuatro niveles (TIERS) de seguridad en función de la redundancia necesaria para alcanzar niveles de disponibilidad de hasta el 99.999 %.

Uno de los mayores puntos de confusión en el campo del uptime (tiempo disponible de los sistemas) es la definición de CPD confiable, ya que lo que es aceptable para una empresa para otra puede no ser lo.

Para incrementar los niveles de fiabilidad, los puntos únicos de falla deben ser eliminados en todo el CPD. Los cuatro niveles (TIERS) de seguridad que plantea el estándar se corresponden con cuatro niveles de disponibilidad, teniendo que a mayor número de TIER mayor disponibilidad, lo que implica también mayores costos constructivos.

Es importante saber que los niveles de seguridad que establece el estándar no sólo cubren lo que es la infraestructura de energía, también cubren la infraestructura de comunicación, la refrigeración, etc. Aquí nos limitamos a la infraestructura eléctrica porque es el objetivo del proyecto.

También hay que tener en cuenta que la clasificación global del CPD será igual a la de aquel subsistema que tenga el menor número de TIER.

Esto significa que, si un CPD tiene todos los subsistemas TIER IV excepto el eléctrico que es TIER III, la clasificación global será TIER III.

Es importante tener en cuenta esto, porque cuando se pretende la adecuación de CPD actuales a TIER IV hay limitaciones físicas. Prácticamente para lograr un CPD de TIER IV hay que diseñarlos de cero con el estándar en mente como guía.

### **TIER I: CPD Básico**

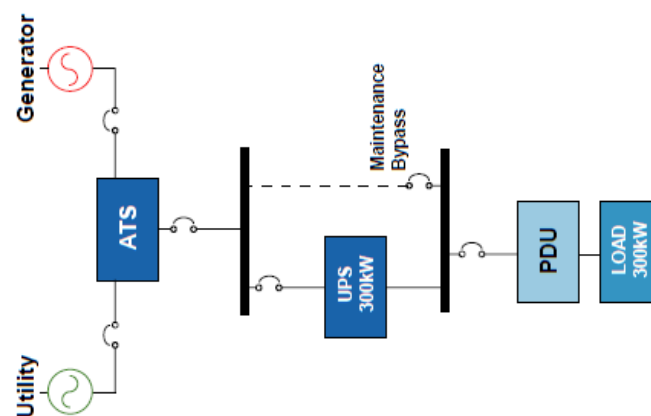
La tasa de disponibilidad máxima de un CPD básico es del 99.967% del tiempo, es decir, el nivel TIER I del estándar TIA-942 consigue reducir el tiempo de parada a lo largo de un año a 28.82 horas como máximo.

Un CPD de este nivel puede admitir interrupciones tanto planeadas como no planeadas. Cuenta con sistemas de aire acondicionado, pero puede no tener suelo técnico, sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) o grupo electrógeno (GE). Si los posee pueden tener varios puntos únicos de falla. La carga máxima de los sistemas en situaciones críticas es del 100%.

La infraestructura de este tipo de CPD deberá estar fuera de servicio al menos una vez al año por razones de mantenimiento y/o reparaciones.

Errores de operación o fallas en los componentes de su infraestructura causarán la interrupción en el servicio.

La figura 15 ilustra el ejemplo del diseño de módulo único de SAI.



**Figura 15: Módulo único de SAI (N).**

Fuente: Documento técnico nº 75 Comparación de configuraciones de diseño de sistemas SAI.

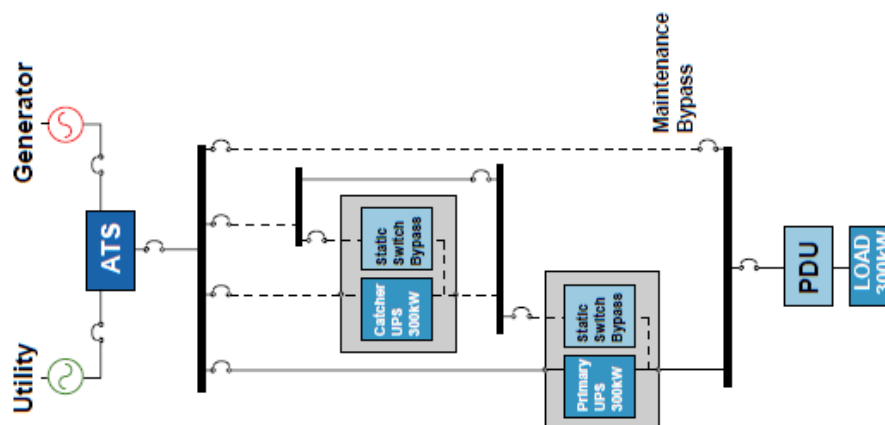
### **TIER II: Componentes Redundantes**

La tasa de disponibilidad máxima del CPD con componentes redundantes es del 99.975% del tiempo, es decir, el nivel TIER II del estándar TIA-942 consigue reducir el tiempo de parada a lo largo de un

año a 22.68 horas como máximo. Un CPD con componentes redundantes es ligeramente menos susceptible a interrupciones, tanto planeadas como las no planeadas.

Estos CPD cuentan con suelo técnico, SAI y grupos electrógenos, pero están conectados a una sola línea de distribución eléctrica. Su diseño es lo necesario más uno (N+1), lo que significa que existe al menos un duplicado de cada componente de la infraestructura. La carga máxima de los sistemas en situaciones críticas es del 100%. El mantenimiento en la línea de distribución eléctrica o en otros componentes de la infraestructura, pueden causar una interrupción del servicio.

La figura 16 ilustra el ejemplo del diseño de un módulo en paralelo.



**Figura 16: Diseño de sistema modular paralelo (N+1).**

Fuente: Documento técnico nº 75 Comparación de configuraciones de diseño de sistemas SAI.

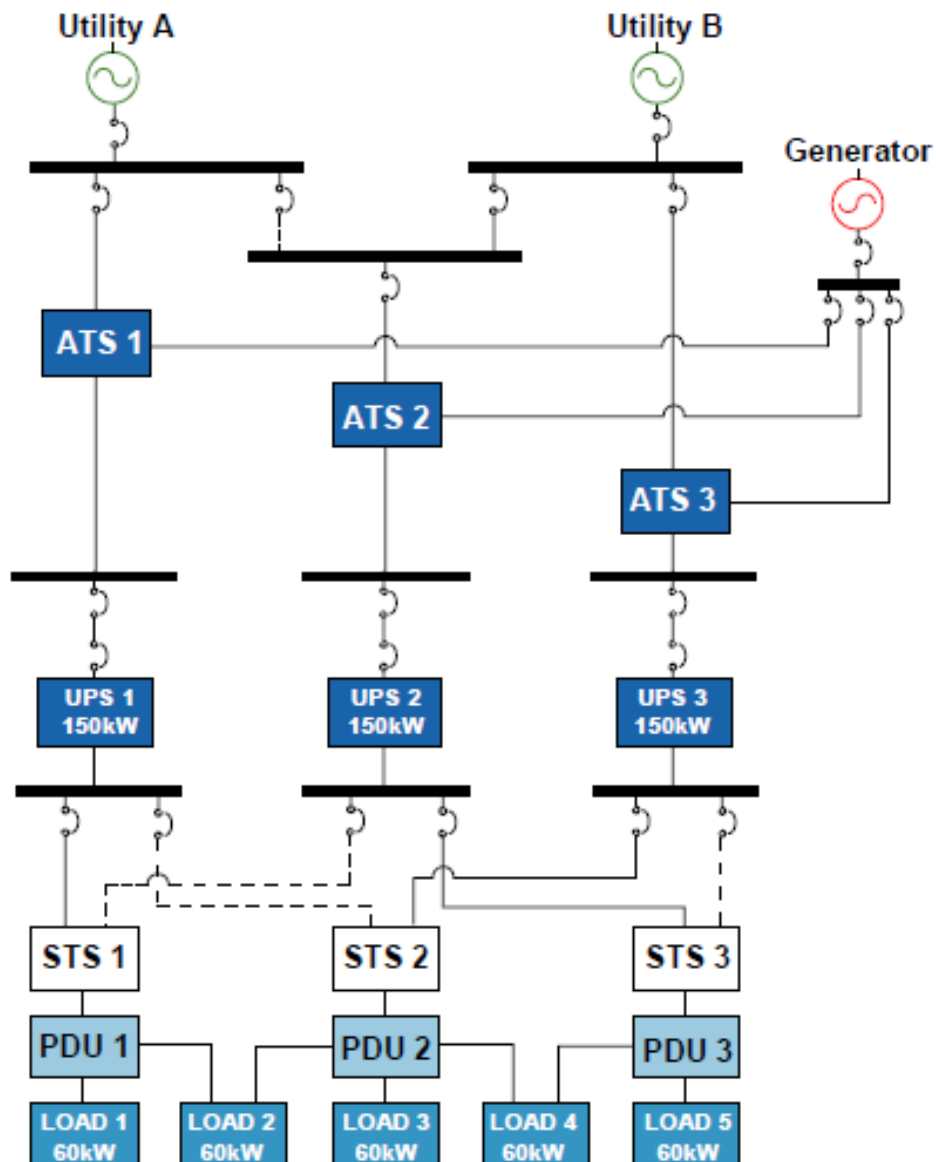
### **TIER III: Mantenimiento Concurrente**

La tasa de disponibilidad máxima es del 99.998% del tiempo, es decir, el nivel TIER III del estándar TIA-942 consigue reducir el tiempo de inactividad a lo largo de un año a 1.57 horas como máximo. Las capacidades de un CPD de este nivel, permiten realizar cualquier actividad planeada sobre cualquier componente de la infraestructura sin interrupciones en el servicio. Actividades planeadas incluyen mantenimiento preventivo, reparaciones o reemplazo de componentes, agregar o eliminar componentes, realizar pruebas de sistemas o subsistemas, entre otras.

## Descripción de un CPD

Para infraestructuras que utilizan sistemas de refrigeración por agua, significa doble conjunto de tuberías. Debe existir suficiente capacidad y doble línea de distribución de los componentes, de tal forma que sea posible realizar mantenimiento o pruebas en una línea, mientras que la otra atiende la totalidad de la carga. En este nivel, actividades no planeadas como errores de operación o fallas espontáneas en la infraestructura pueden todavía causar una interrupción en la operación del CPD. La carga máxima de los sistemas en situaciones críticas es del 90%. Muchos CPD de TIER III están diseñados para actualizarse a TIER IV, cuando los requerimientos del negocio justifiquen el costo.

La figura 17 ilustra un diseño de módulo con conmutadores estáticos.



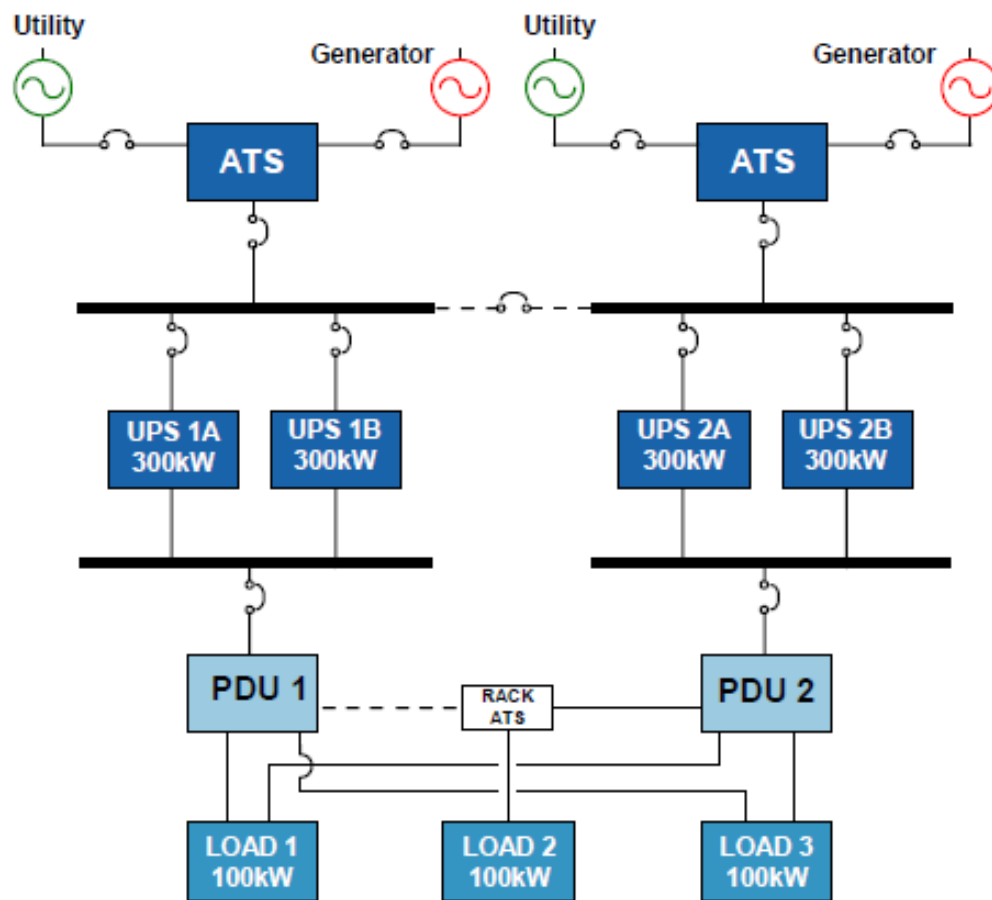
**Figura 17: Sistema redundante distribuido con ATS.**

Fuente: Documento técnico nº 75 Comparación de configuraciones de diseño de sistemas SAI.

#### **TIER IV: Tolerancia a Fallas**

La tasa de disponibilidad máxima es del 99.999% del tiempo, es decir, el nivel TIER IV del estándar TIA-942 consigue reducir el tiempo de inactividad a lo largo de un año a 52.56 minutos como máximo. Un CPD de este nivel provee capacidad para realizar cualquier actividad planeada sin interrupciones en el servicio, pero además la funcionalidad tolerante a fallas le permite a la infraestructura continuar operando aún ante un evento crítico no planeado.

Esto requiere dos líneas de distribución simultáneamente activas, típico en una configuración System + System. Eléctricamente esto significa dos sistemas de SAI independientes, cada sistema con un nivel de redundancia N+1. La carga máxima de los sistemas en situaciones críticas es del 90%. Persiste un grado de exposición a fallos, por el inicio de una alarma de incendio o por el error de un operario. La figura 18 muestra un diseño de módulo con doble SAI (2N) y conmutadores estáticos "CROSS".



**Figura 18: Sistema de doble SAI 2(N+1).**

Fuente: Documento técnico nº 75 Comparación de configuraciones de diseño de sistemas SAI.

Las consideraciones para elegir la configuración apropiada pueden ser:

- Coste/ impacto del tiempo de inactividad.
- Tolerancia a los riesgos.
- Requisitos de disponibilidad:

La Tabla 1 muestra la disponibilidad de cada una de las configuraciones del sistema. [10, pp. 63-72], [31], [32]

TIER	% DISPONIBILIDAD	% PARADA	TIEMPO ANUAL DE PARADA
TIER I	99,67	0,33	28,82 horas
TIER II	99,74	0,25	22,68 horas
TIER III	99,982	0,02	1,57 horas
TIER IV	100,00	0,01	52,56 minutos

**Tabla 1: Disponibilidad del sistema.**

Fuente: <https://www.c3comunicaciones.es/data-center-el-estandar-tia-942/>.

### 2.4.3 Cableado y Conectividad

El estándar TIA-942 especifica un sistema de cableado genérico y provee especificaciones para los siguientes cables:

- Estándar Fibra mono modal.
- 62.5 and 50um fibra multimodal – recomendado.
- 75-ohm cable coaxial.
- 4-Pares Categoría 5UTP.
- 4-Pares Categoría 6 UTP.

El estándar recomienda utilizar para el backbone de fibra multimodal 50 unidades de medida debido a su capacidad de soportar altas velocidades de red sobre las largas distancias y es más rentable que implementar fibra mono modal.

Para el Cableado Horizontal, el estándar recomienda instalar la máxima capacidad disponible para reducir la necesidad de volver a cablear en el futuro. Mientras que la categoría 6 es el medio más reconocido para el cableado horizontal hasta el día de hoy, no hay que olvidar que 10 Gigabit Ethernet sobre UTP está en desarrollo al igual que sus estándares.

El TIA-942 además especifica las distancias máximas entre el backbone y el cableado horizontal basados en el medio utilizado y las aplicaciones a ser soportadas en el CPD. El backbone de fibra óptica suele estar limitado a 300m mientras que el cableado horizontal con cable de Cooper es limitado a 100m, de cualquier manera, para pequeños CPD donde el HDA es combinado con el MDA, el cableado horizontal de fibra puede exceder los 300 m. [10, p. 73], [33]

Otros estándares a considerar para el cableado de un CPD pueden ser:

- **ISO/IEC 24764:** Basada en la TIA-942 y la EN 50173-5, esta norma internacional especifica el cableado utilizado en los CPD. Hace referencia a la ISO/IEC 11801 y añade información relacionado con los CPD.
- **ANSI/BICSI 002-2014:** Esta norma proporciona directrices para el diseño y la operación de un CPD. Aborda la planificación, la construcción, la comisión, la protección, la administración y el mantenimiento de los CPD, así como las infraestructuras, conductos y espacios del cableado. También cubre los CPD modulares, los tipos de montaje de los CPD y la eficiencia energética. También describe una estructura de clasificación de disponibilidad para determinar la fiabilidad.

#### 2.4.3.1 Racks y Gabinetes

El manejo de los cables comienza por instalar los racks y los gabinetes, los cuales deben proveer un amplio manejo de los cables, ya sea verticalmente u horizontalmente. El manejo adecuado de estos no solo garantiza que se mantengan organizados, esto también ayuda a mantener los equipos enfriados al remover obstáculos que impidan la circulación del aire. Esta forma de manejar los cables debería proteger el cable, asegurar que el radio de curva no sea superior al recomendado y manejar la holgura del mismo correctamente. [10, p. 75], [34]

La figura 19 ilustra el ejemplo de cómo realizar el cableado en un rack.





**Figura 19: Sistema de cableado en rack.**

Fuente: <https://community.fs.com/es/blog/what-is-a-patch-panel-and-why-use-it.html>

Las medidas de los *racks* están estandarizadas por las siguientes normas:

- **EN 60297-3-100:2009:** estructuras mecánicas para equipamiento electrónico. Dimensiones de estructuras mecánicas de las series de 482,6 mm (19 pulgadas). La parte 3-100. Especifica las dimensiones básicas de los paneles frontales, *sub racks*, chasis, *racks* y cabinas de 482,6mm.
- **IEC 297:** dimensiones de estructuras mecánicas de las series de 482,6 mm
- **EIA 310-D:** racks, paneles y equipamiento asociado.
- **DIN 41494:** estructuras mecánicas para equipamiento electrónico; Estructuras mecánicas para equipamientos electrónico de las series de 482,6 mm; guía de aplicación.

#### **2.4.3.2 Métodos de Conexión**

Existen 3 métodos de conexión de equipos dentro de un CPD:

- a) Conexión directa.
- b) Interconexión.
- c) Conexión cruzada.

**a) Conexión Directa:** en la conexión directa de los componentes en un CPD no hay una clara opción, esto se debe a que cuando los cambios ocurren los operadores están forzados a mover los cables y cuidadosamente ponerlos en una nueva ubicación, es un esfuerzo desgastante y que supone un gran costo. Los CPD que utilizan la norma TIA-942 no utilizan este tipo de conexión. La figura 20 ilustra esta situación.



**Figura 20: Conexión directa.**

Fuente: DISEÑO DE UN CENTRO DE DATOS BASADO EN ESTÁNDARES de J.J. M. Mahauad.

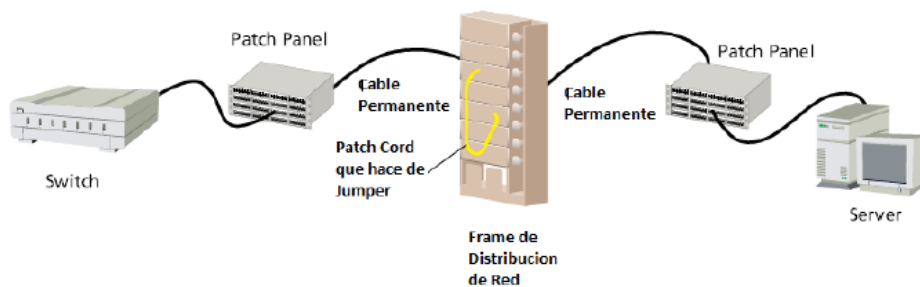
**b) Interconexión:** cuando exista algún cambio con una conexión de este tipo, los operadores vuelven a dirigir el sistema de cableado para orientar el circuito. Esto está mucho más lejos de ser eficiente que el método de la conexión directa, y no tan fácil y confiable como la conexión cruzada. La figura 21 ilustra esta situación.



**Figura 21: Interconexión.**

Fuente: DISEÑO DE UN CENTRO DE DATOS BASADO EN ESTÁNDARES de J.J.M. Mahauad.

**c) Conexión Cruzada:** con un sistema centralizado de conexión cruzada, alcanzar el doble requerimiento de juntar costos bajos y alta fiabilidad es posible. En esta arquitectura simplificada, todos los elementos de red tienen conexiones de cable del equipo que son terminados una vez y nunca más manipulados otra vez. Los elementos se aíslan, se conectan nuevos elementos y se realizan mantenimiento y otras funciones usando paneles de conexiones semipermanentes en el frente de un sistema de conexión cruzada. La figura 22 ilustra esta situación. [10, pp. 77-78]



**Figura 22: Conexión Cruzada.**

Fuente: DISEÑO DE UN CENTRO DE DATOS BASADO EN ESTÁNDARES de J.J.M Mahauad.

#### 2.4.4 Refrigeración

El estándar TIA-942 recomienda el uso de un sistema de refrigeración adecuado, tan bueno como el utilizado sobre el suelo para obtener un sistema de enfriamiento flexible. Los gabinetes y armarios deben ser ubicados alternados de tal manera que se cree un conjunto de pasillos calientes y fríos intercalados.

En los pasillos fríos, los equipos de rack deben estar cara a cara y en los pasillos calientes espalda a espalda. Agujeros de perforación en el suelo instalado de los pasillos fríos permiten la circulación del aire en la cara de los equipos. Los vientos frescos sobre los equipos son expedidos afuera por la parte trasera de los pasillos calientes.

Los niveles ambientales entre 45 y 50 por ciento de humedad relativa (RH) son óptimos para la fiabilidad del sistema. La mayor parte de los equipos de procesamiento de datos puede funcionar dentro de una extensión de

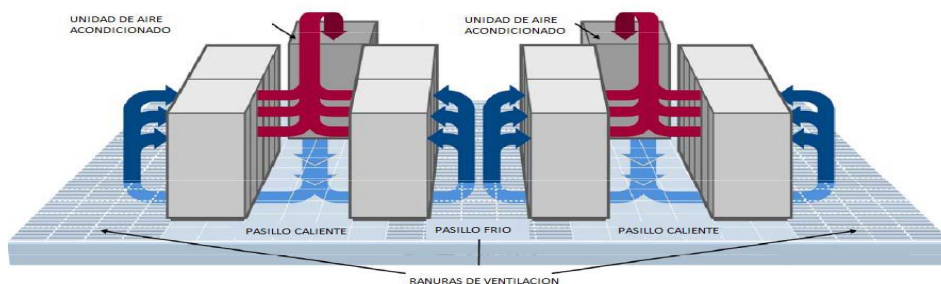
RH bastante amplia (20 a 80 por ciento), pero el alcance de 45 a 50 por ciento es preferido por razones como la corrosión, descarga electrostática, tiempo operativo más largo, etc. La tabla 2 indica los alcances para las temperaturas, humedad y altitud. [10, p. 83]

Factores Ambientales	Óptimo	Operativo	No-Operativo
Temperatura	21 a 23 °C	10 a 32 °C	-20 a 60 °C
Humedad Relativa	45% a 50%	20% a 80%	93%
Altitud	Sobre 3,048 m	Sobre 3,048 m	Sobre 12.192 m

**Tabla 2: Requerimientos ambientales.**

Fuente: DISEÑO DE UN CENTRO DE DATOS BASADO EN ESTÁNDARES J.J.M. Mahauad.

La figura 23 ilustra un ejemplo de configuración entre pasillos calientes y fríos.



**Figura 23: Configuración de pasillos calientes y fríos.**

Fuente: DISEÑO DE UN CENTRO DE DATOS BASADO EN ESTÁNDARES J.J.M. Mahauad.

### 2.4.5 Suelo y Carga

**Forma de un suelo técnico:** un suelo técnico es construido sobre una estructura con una superficie de carga de paneles cuadrados. El espacio bajo la superficie es llamado “espacio de aire”. Introducir el aire acondicionado en el espacio de aire directamente desde las unidades de HVAC es simple, y da flexibilidad para el canal de aire, en diferentes

grados, para llegar a las ubicaciones donde es necesitado. El espacio de aire también es usado para dirigir cables y subir tomas de corrientes eléctricas que suministran energía a los racks. El llevar todo el cableado por debajo del suelo técnico también evita que los operarios tropiecen con ellos o que sin intención desenchufen algún cable.

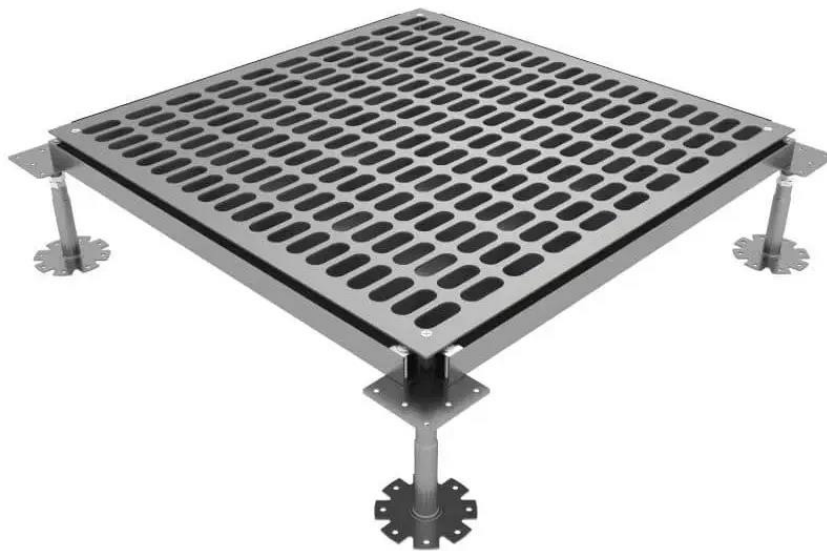
**Altura del espacio de aire:** la altura del espacio de aire depende del propósito de la habitación. La altura debe estar basada en el diseño de aire acondicionado y congestión del subsuelo. Una altura típica del espacio de aire está entre los 61 cm, aunque la altura mínima recomendada es de 30 cm.

**Cuadrícula de soporte:** la cuadrícula de soporte para el suelo técnico tiene algunos propósitos. Crea la estructura abierta debajo del suelo para dirigir los cables, soporta la superficie de carga y equipos. Si el CPD está ubicado en un área sísmica el proveedor del suelo técnico debe presentar las opciones que soporten dicha actividad. Para determinar el tipo y las especificaciones de la cuadrícula del suelo técnico hay que prever todo el peso que soportará con los racks llenos de equipos, unidades de HVAC y el resto de equipos que estarán ubicados en el CPD.

**Paneles de suelo técnico:** los paneles pueden ser de diferentes materiales como plástico laminado, acabado en alfombra, placas perforadas, estos últimos son especiales para canales de ventilación. Los paneles sólidos pueden ser usados para desviar la corriente de aire y crear la presión en el subsuelo. Los paneles perforados pueden servir para orientar la corriente a la vez que dejan entrar cierto porcentaje de la corriente de aire arriba en la sala o directamente en los racks.

**Características de los paneles:** los paneles de suelo técnico son típicamente de 61cm x 61cm x 2.8cm. Otra medida adicional es la de 40 cm x 40 cm x 2.8 cm. Estos paneles tienen una carga de punto de 227 kg, pero existen también paneles sólidos de ciertos fabricantes que admiten

una carga mayor a 227 Kg. La figura 24 ilustra el ejemplo de un panel de suelo técnico. [10, pp. 79-80], [35]



**Figura 24: Panel de suelo técnico.**

Fuente: <https://www.archiexpo.es/prod/access-floor-polygroup/product-52737-2227942.html>

#### **2.4.6 Estándar de Protección Contra Incendios**

Los CPD presentan un riesgo de incendio único. Llenos de componentes eléctricos, alambres, cables y fuentes de alimentación de respaldo, los CPD albergan una gran variedad de posibles peligros de incendio. Dado que la mayoría de los equipos de un CPD son sensibles, estos edificios requieren soluciones de riesgo especiales a medida. Si está examinando los estándares de protección contra incendios del CPD, es importante saber qué requisitos debe cumplir y qué sistemas de protección y supresión de incendios pueden respaldarlos.

**NFPA 75** (el Estándar de protección contra incendios de equipos de tecnología de la información) es el requisito mínimo para que los CPD aprueben los requisitos del código de construcción y eviten sanciones. El NFPA 75 establece que los CPD requieren de:

- Sistemas de extinción de incendios.

## Descripción de un CPD

- La norma sugiere que los rociadores de protección contra incendios cubran todas las áreas de los pasillos contenidos para reducir el riesgo de incendio.
- Un plan de evacuación establecido.
- Sistemas de detección de humo en funcionamiento.
- Equipo ignífugo.

Esta norma establece tres niveles de protección contra incendios para proteger un CPD. [36], [37]

1. **Primer nivel:** protección contra incendios a nivel del edificio.
2. **Segundo nivel:** protección contra incendios a nivel de sala.
3. **Tercer nivel:** protección contra incendios a nivel de rack.

Adicionalmente a estos estándares, se puede consultar los siguientes:

- **La ASHRAE** (American Society of Heating Refrigeration and Air conditioning Engineers): se centra en la eficiencia energética, la calidad del aire interior, la refrigeración, y la sostenibilidad de la industria a través de la investigación, redacción de normas, publicaciones y educación continua. El Comité Técnico 9.9 de la ASHRAE, mediante la edición de la Guías Térmicas para Entornos de Procesamiento de Datos, especifica los rangos de temperatura y humedad adecuados para el correcto funcionamiento del CPD, que se han ido ampliando a lo largo de los años para otorgar mayor flexibilidad a las operaciones dentro de los CPD, con el objetivo de reducir el consumo energético. Las clases 1 y 2 son las que se refieren a entornos de servidores, productos de almacenamiento, ordenadores personales, etc. [38]
- **BICSI:** estándar creado por una asociación americana. Esta norma está enfocada principalmente a las telecomunicaciones, pero también a las pautas eléctricas, extendiendo sus criterios constructivos, documentales, de seguridad, etc. [39]

## Descripción de un CPD

- **ICREA** (International Computer Room Experts Association): estándar extendido a los países de América Latina. También incluye criterios constructivos, documentales, de seguridad, eléctricos, mecánicos y de telecomunicaciones. [40]
- **UNE50600** (Norma Europea para el diseño y operación de CPD): desarrollada por CENELEC y basada en consideraciones de diseño muy similares a la norma TIER, pero que incluye también consideraciones constructivas, de seguridad, medioambientales, documentales. [41]







**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

# **CAPÍTULO III: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN DATA CENTER CON EFICIENCIA ENERGÉTICA**

## ÍNDICE

3.1 OBJETIVOS _____	77
3.1.1 Carga Crítica _____	77
3.1.2 Requerimientos de Carga _____	78
3.2 NORMATIVA APLICABLE AL DISEÑO ELÉCTRICO _____	78
3.3 CONSIDERACIONES GENERALES DEL DISEÑO ELÉCTRICO _____	79
3.4 SUMINISTROS COMPLEMENTARIOS DE ENERGÍA _____	85
3.4.1 Sistema de Alimentación Ininterrumpida _____	85
3.4.1.1 Clasificación de las SAI _____	86
3.4.1.2 Topología de las SAI Estáticas _____	86
3.4.2 Grupo Electrónico _____	87
3.5 CRITERIO DE DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA _____	91
3.5.1 Línea de Acometida _____	91
3.5.2 Centro de Transformación _____	91
3.5.3 Cuadros de Mando y Protección y Sistema de Puesta a Tierra _	92
3.5.4 Sistema de Cableado y Canalización Eléctrica en el CPD _____	93
3.5.5 Sistema de Alimentación Ininterrumpida _____	97
3.5.6 Unidad de Distribución de Potencia dentro del Rack _____	98
3.5.7 Interruptores de Transferencia Automática _____	99
3.5.8 Grupo electrónico _____	100
3.6 ALTERNATIVAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EN EL CPD _____	101
3.7 CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA EFICIENCIA _____	103



### **3.1 OBJETIVOS**

El sistema eléctrico está compuesto por todos aquellos equipos y dispositivos necesarios para suministrar la energía eléctrica necesaria a todos los elementos o dispositivos del centro de procesos de datos (CPD).

El principal objetivo de este trabajo es el diseño de la instalación eléctrica de un CPD con una alta disponibilidad y eficiencia energética para garantizar un suministro eléctrico fiable y seguro de forma ininterrumpida, reduciendo al máximo las pérdidas producidas por fallas en uno de los circuitos o equipos que alimentan a la carga crítica del CPD.

#### **3.1.1 Carga Crítica**

Es importante entender qué es la carga crítica de un CPD para entender por qué es necesaria que permanezca encendida en todo momento.

La carga crítica de un CPD es la totalidad de los componentes de hardware de la tecnología de información (TI) que conforman la arquitectura comercial del CPD: servidores, routers, computadoras, dispositivos de almacenamiento, equipos de telecomunicaciones, etc. así como todos los sistemas de seguridad, iluminación, contra incendios y de video vigilancia que prestan los servicios de soporte y protección (que denotaremos como Otras Cargas).

También forma parte de la carga crítica la carga que representa el sistema de refrigeración. Porque es la encargada de proporcionar el soporte necesario para que se mantenga un ambiente controlado de temperatura y humedad dentro del CPD, para que el resto de cargas críticas no trabajen fuera de los rangos establecidos de temperatura y humedad.

A través de la carga crítica TI circula toda la información que manejan los CPD, por ejemplo, las transacciones bancarias, albergar sitios web, enrutar emails, etc. De ahí su importancia de permanecer siempre en servicio, ya que es el punto central del negocio de los CPD.

Debido a esa criticidad es que desde hace años se estudian distintas topologías, o formas de realizar la instalación eléctrica en estas infraestructuras, de manera que las fallas y mal funcionamientos comunes no afecten el servicio que ha de brindar el CPD. En otras palabras, se han analizado las fallas comunes en una instalación eléctrica (cortocircuitos, cortes de energía desde la red, la falla o demora de encendido de un grupo electrógeno, la falla de un interruptor magnetotérmico, etc.), así como las tareas habituales que deben hacerse sobre la misma (ampliar un cuadro de distribución, agregar un interruptor en un cuadro general, sustitución de una línea, sustitución de un interruptor, etc.) y cómo evitar que afecten el servicio y las operaciones dentro del CPD se desarrollen en unas condiciones óptimas.

### **3.1.2 Requerimientos de Carga**

El diseño de la instalación será proyectado para cargas superiores a 1MW. Porque es la carga media a partir de la cual se empieza a considera que un CPD es de consumo medio y porque implementar un diseño de estas características para cargas inferiores no sería muy rentable para la organización que la proyecte.

Para las mejoras en el uso eficiente de la energía, se va a proponer una serie de recomendaciones que nos ayudarán a mejorar la eficiencia de nuestro CPD. Hay muchos factores que pueden influir en la eficiencia de un CPD. En este proyecto, nos centramos en el consumo y la eficiencia de la infraestructura de la energía eléctrica de un CPD genérico. [42], [12, pp. 7-15]

### **3.2 NORMATIVA APLICABLE AL DISEÑO ELÉCTRICO**

Para el diseño de un CPD y la instalación eléctrica en particular, no existen normas de obligado cumplimiento como tal, lo que existe son estándares o guías que nos ayudan a definir la infraestructura de un CPD. Para definir este tema, objeto del proyecto, nos hemos servido de:

- El estándar TIA-942, como estándar básico.

Diseño de la instalación eléctrica de un CPD con eficiencia energética

- El Manual del centro de datos: planificación, diseño, construcción y operaciones de un centro de datos inteligente, segunda edición.

y como normativas complementarias de obligado cumplimiento:

- Reglamento electrotécnico de baja tensión.
- Instrucciones Técnicas Complementarias de Baja Tensión (ITC-BT).
- Norma Comisión Electrotécnico Internacional (IEC 60446).
- Norma UNE-EN 60423:2008.
- Norma UNE 20.460 -5-52.
- Norma UNE-EN-61439-6.
- Norma ISO 8528-10.
- Norma UNE-HD 60364-5-52:2014.
- Norma ISO 8528-1.
- Normativa CPR (Construction Products Regulation).

### **3.3 CONSIDERACIONES GENERALES DEL DISEÑO ELÉCTRICO**

A parte de las grandes organizaciones del sector de los CPD como Google, Microsoft, Amazon, Yahoo!, Facebook, etc., sectores como el sanitario, hacienda, seguridad nacional, banca, industria y servicios en general, necesitan contar con un CPD para procesar en cualquier momento toda la información que disponen.

En este apartado se va incidir en los requerimientos que debe contemplar cualquier instalación eléctrica de un CPD que quiera cumplir con el objetivo de máxima disponibilidad.

Para garantizar que la información que manejan los CPD se conserva en las mejores condiciones, es necesario que las cargas que procesan esa información no se vean sometidas a frecuentes variaciones de tensión e intensidad o a cortes en el suministro eléctrico. De ahí que, contar con una instalación eléctrica que garantice un suministro seguro sea de suma importancia para las organizaciones que cuenta con un CPD. Porque para ellas, perder la información significaría perder el activo más valioso de la organización y por consiguiente el prestigio.

La instalación eléctrica de un CPD de cualquier tamaño debe contemplar el diseño de los siguientes elementos:

1. Línea de acometida.
2. Centro de transformación.
3. Cuadro de mando y protección y sistema de puesta a tierra.
4. Sistema de cableado eléctrico y canalización.
5. Sistema de alimentación ininterrumpida.
6. Dispositivo de distribución de potencia dentro del rack.
7. Interruptor de transferencia automática.
8. Grupo electrógeno.

Dependiendo de los requisitos de disponibilidad establecidos para el suministro de la energía eléctrica a las cargas críticas del CPD, se realizará el diseño de la instalación teniendo en cuenta alguno de los niveles de seguridad establecidos por el estándar TIA-942.

Por lo tanto, para realizar el diseño de la instalación eléctrica con una alta disponibilidad y fiabilidad, se va a tomar como pautas de diseño el nivel de seguridad TIER IV del estándar TIA-942. Este nivel de seguridad es el más riguroso de todos los que existen actualmente y nos permite realizar diseños de instalaciones eléctricas totalmente funcionales ante cualquier tipo de falla que pudiese producir en el sistema sin necesidad de paralizar su actividad, así como la realización de los mantenimientos oportunos de los elementos del sistema eléctrico del CPD.

Para conseguir este nivel de seguridad, se tiene que realizar una evaluación en los distintos puntos del sistema en los que se debe suministrar energía. Y mediante redundancia (de equipos y de vías de suministro) se irá incrementando la fiabilidad de nuestro sistema eléctrico. Sin olvidar el hecho de que cuantos más equipos haya, mayor es la probabilidad de que fallen uno o varios de los mismos. Habrá que tener en cuenta que cualquiera que sea el diseño del sistema tendrá que haber un equilibrio entre el nivel de redundancia (y la complejidad correspondiente) y la ganancia de fiabilidad. Un buen diseño del sistema



tiene que sacar el máximo partido de los equipos, utilizar todo su potencial y proporcionar un nivel suficiente de redundancia y reserva para tener un suministro seguro de energía.

La figura 25 ilustra el ejemplo propuesto de un esquema eléctrico con un nivel de seguridad IV, con todos los elementos duplicados para una mayor disponibilidad. En este esquema se pretende ilustrar cómo garantizar la continuidad en el servicio mediante la redundancia de equipos y vías de suministros.

Donde para garantizar la redundancia y cumplir con el TIER IV, el diseño de la instalación eléctrica tiene que contar con una doble acometida de suministros principales (**A** y **B**), procedentes de dos subestaciones de distribución diferentes. Cada línea de suministro tiene que alimentar a un centro de transformación (CT) independiente. Cada CT tiene que estar dotado en el lado primario (lado de media tensión (MT)) de cuadros/celdas de MT para protección y en el lado secundario (lado de baja tensión (BT)) de un cuadro general de baja tensión (CGBT) para protección y distribución.

Se tiene que dotar a toda la instalación de un sistema de puesta a tierra de protección.

Para garantizar la distribución, en BT, se tiene que dotar a la instalación eléctrica de dos líneas de distribución independientes de energía eléctrica a las cargas del CPD:

**La línea de distribución A:** correspondería al suministro principal de la red convencional A, desde su CGBT se distribuirá energía a todas las cargas críticas del CPD. Sería la línea de distribución principal o a elección.

**La línea de distribución B:** correspondería al suministro principal de la red convencional B, desde su CGBT se distribuirá energía de respaldo a todas las cargas críticas del CPD. Sería la línea de distribución secundaria o a elección.

Las dos líneas suministro estarán listas para alimentar la carga. La línea seleccionada como la principal alimentará la carga y la línea secundaria estaría lista como respaldo en caso de falla en la principal.

Para distribuir la energía desde los CGBT a las cargas críticas, es recomendable que el sistema de refrigeración y las Otras Cargas sean alimentadas desde los CGBT de cada línea de suministro. Para que las cargas críticas TI no se queden sin suministro en caso de fallo en los suministros principales, mientras se conectan los grupos electrógenos (GE) de emergencia, las cargas críticas de TI las alimentamos desde los sistemas de alimentación ininterrumpidas (SAI), que sí se conectarán a los CGBT como se muestra en la figura 25, con líneas independientes desde los CGBT, para que mantengan a la carga crítica TI en funcionamiento mientras se conectan los GE. Para garantizar la redundancia se dispondría como mínimo de un sistema de SAI 2(N+1) conectados en paralelo.

La protección y distribución de energía eléctrica a las cargas críticas TI se efectuará desde los Sub Cuadros Secundarios de Baja Tensión (SCBT) ubicados a la salida de la energía que suministran los SAI. Para distribuir la energía dentro del rack, se hará uso de las unidades de distribución de potencia (PDU), se contaría con una PDU por línea de suministro a cada rack para garantizar la redundancia.

Para la distribución y la manipulación del sistema de cableado eléctrico se empleará cualquier tipo canaleta de protección o tubo.

Como suministro complementario, para garantizar la redundancia, se tiene que dotar a la instalación de dos o más grupos electrógenos (GE), en función de la potencia requerida, para cubrir a las líneas principales de suministro (**A y B**) en caso de falla en uno de sus servicios.

Los interruptores de transferencia automática en inglés Automatic Transfer Switching (ATS), servirán para conmutar de una línea a otra en caso de falla en la línea que alimenta a la carga o para encender el GE



Diseño de la instalación eléctrica de un CPD con eficiencia energética

tener listo el sistema de cableado que conectará a los GE en paralelo, para que cuando se realice la expansión sólo se tenga que conectar el GE.

3. El diseño de los cuadros tiene que garantizar poder realizar el mantenimiento de cualquier elemento de la instalación eléctrica, sin detener el funcionamiento de los equipos instalados en los racks. Para ello, se debería diseñar un sistema de Bay-Pass de mantenimiento en los cuadros de distribución.
4. Para posibles expansiones, se tiene que dejar en los cuadros un 45% de espacio adicional para incorporar los elementos de protección de los equipos a incorporar, para evitar compartir las protecciones entre las distintas cargas.
5. El recorrido del sistema de cableado eléctrico de distribución tiene que ser mínimo para reducir las pérdidas en el mismo.
6. Las conexiones eléctricas a los cuadros se tienen que efectuar a través de orificios troquelados en las chapas superiores o inferiores del cuadro, que se equiparán con prensaestopas metálicas que garanticen la estanqueidad original del cuadro y para evitar que se propaguen los esfuerzos del cableado a los embarrados.
7. Los embarrados de conexión tienen que poseer unos taladros que nos permitan realizar las conexiones de todo el cableado eléctrico. Todas las conexiones se preverán con tornillos, arandelas simples, arandelas tipo muelle y tuercas, debiendo quedar las posiciones de las tuercas marcadas tras el apriete de las conexiones, para realizar las tareas de mantenimiento preventivo previstas. Toda conexión se realizará de forma que no transmita esfuerzos verticales ni horizontales al embarrado.
8. Para alimentar a la carga crítica TI, cada vía de suministro desde los SCBT tiene que hacerlo en un 50% (para evitar el paso por cero de la conmutación) y cada vía contará con capacidad para cubrir toda la demanda en caso de avería en una de las líneas que abastecen a esa carga o mantenimiento en alguno de los

Diseño de la instalación eléctrica de un CPD con eficiencia energética elementos. Cada sistema SAI tiene que contar con la potencia necesaria para alimentar dicha carga. La conmutación de la vía de suministro desde los CGBT se realizará con transferencia automática con paso por cero, en el caso de los equipos de climatización y otras cargas. El motivo por el cual es recomendable alimentar a la carga de refrigeración y las otras cargas desde los CGBT es porque que el tiempo que se tarda en encender un GE no es superior a 15 segundos. Tiempo suficiente para que no se sobrecaliente la carga crítica TI mientras funcionan con las SAI. Con la premisa de que, si un GE no es capaz de encenderse en un minuto por avería, mientras los equipos TI funcionan con la SAI, difícilmente se podrá solucionar en los 5 o 15 minutos de autonomía que nos proporcionan; consiguiendo disminuir así el tamaño de las SAI.

Un diseño de estas características se debe usar en CPD donde los requerimientos de disponibilidad preocupan más que los costes. [43, pp. 13-19], [44], [45, pp. 441-481], [46, pp. 6-10, 15-16], [47, pp. 8-10]

### **3.4 SUMINISTROS COMPLEMENTARIOS DE ENERGÍA**

En este apartado vamos hacer una breve descripción de los suministros eléctricos adicionales del sistema como grupo electrógeno y el sistema de alimentación ininterrumpida.

#### **3.4.1 Sistema de Alimentación Ininterrumpida**

Como su nombre indica, un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) es un sistema capaz de garantizar el suministro de energía eléctrica a la carga crítica del CPD de manera continua, incluso cuando la red eléctrica falla completamente. Pero un SAI no solo protege las cargas críticas de los cortes de suministro, sino que, además, proporciona protección frente a cortocircuitos, variaciones de tensión, variaciones de frecuencia, picos de tensión, ruido de radiofrecuencia, armónicos, etc. El SAI puede proporcionar electricidad durante el tiempo suficiente para que los equipos críticos se apaguen correctamente sin que se pierda

información o el tiempo suficiente para mantener las cargas críticas en funcionamiento hasta que otra fuente de generación eléctrica se conecte. Los sistemas SAI están diseñados para integrarse fácilmente en la infraestructura eléctrica estándar. Se fabrican en tamaños que van desde los 300VA (suficiente potencia para una PC y un monitor típico) hasta más de 2MVA (suficiente potencia para 175 hogares), con sistemas más grandes que se pueden instalar en paralelo para niveles de potencias superiores a 20MVA (suficiente energía para un pequeño pueblo). [45, p. 483]

#### **3.4.1.1 Clasificación de las SAI**

Generalmente existen dos tipos de SAI: estáticas y rotativas. El diseño más empleado en la industria de CPD es el SAI estático, utiliza componentes electrónicos de conmutación para convertir la corriente alterna (CA) entrante en corriente Continua (CC) o toma la energía almacenada en una fuente durante una falla para alimentar a las cargas críticas del sistema. El SAI rotativo usa un dispositivo rotativo (generador) que normalmente es alimentado por la red eléctrica a través de algún tipo de sistema de motor. El generador rotativo, algunas veces denominado DRUPS (SAI rotativo diésel), por lo general utiliza un conjunto de volante pesado para almacenar energía, lo que permite que la sección del generador tenga tiempo para arrancar y luego proporcionar energía cuando se pierde la alimentación principal de CA.

En este proyecto vamos a centrarnos en las SAI estáticas, porque son más flexibles en cuanto a un posible crecimiento futuro y no es un sistema que se presente como punto único de falla.

#### **3.4.1.2 Topología de las SAI Estáticas**

Existen diversas configuraciones de los SAI que se pueden implementar, cada una de ellas con sus ventajas y limitaciones. Conocer los requisitos de tolerancia al riesgo, potencia, rendimiento, eficiencia, escalabilidad y el presupuesto, nos permitirán seleccionar el diseño más apropiado.

Diseño de la instalación eléctrica de un CPD con eficiencia energética

La figura 26 ilustra el ejemplo de configuración interna de una SAI estática modular con una doble alimentación.



**Figura 26: Configuración interna de una SAI estática modular.**

Fuente: <https://www.piller.com/es-ES>

En el apéndice A se explican los parámetros que nos ayudan a seleccionar una SAI, los modos de funcionamiento y las características de las configuraciones. Así como la descripción y características de las diferentes fuentes de almacenamiento de energía que pueden emplear.

[45, pp. 484-513], [48], [49], [50], [51], [52], [53], [54], [55]

### 3.4.2 Grupo Electrónico

Como existe la posibilidad de fallo en el suministro debido, por ejemplo, a factores climatológicos o bien problemas con el suministro eléctrico convencional, los CPD suelen contar con unos grupos electrógenos (GE) adicionales.

Un GE está compuesto por un motor diesel, gas o gasolina y un alternador, configurado de tal manera que produce corriente eléctrica. Se utilizan principalmente para suministrar energía en caso de cortes en la red convencional. También pueden utilizarse en lugares aislados como fuente principal de energía cuando no existe red eléctrica convencional.

Diseño de la instalación eléctrica de un CPD con eficiencia energética

El principio básico de funcionamiento de un GE es convertir la energía mecánica (energía del movimiento) en electricidad. De forma general, alimentamos la parte del motor del GE con combustible fósil, arrancamos dicho motor de explosión (similar al de un coche o una moto) y la energía que produce el motor se pasa al alternador.

El alternador es el generador eléctrico, recibe ese nombre porque la corriente que produce es corriente alterna (CA), es decir, lista para ser utilizada por los aparatos que enchufemos al GE. La figura 27 ilustra el ejemplo de un GE sin y con carrocería.



**Figura 27: GE sin y con carrocería.**

Fuente: <https://www.kohler-sdmo.com/ES>

Además del motor y alternador, también cuentan con otros elementos o dispositivos para controlar la energía de manera segura:

- **Baterías:** son las responsables de suministrar la electricidad al GE y es esencial mantenerlas siempre en un buen estado de conservación.
- **Carrocería o Cabina:** se trata de una chapa que puede ser de acero, acero inoxidable o aluminio, con tratamiento anticorrosión y que asegura la eficiencia del flujo de aire que refrigerará el motor.
- **Cuadro de Conmutación:** responsable de la alternancia entre la fuente principal y la fuente auxiliar, si la fuente falla, asegurando así el suministro continuo de energía.
- **Panel de Control:** tiene como función monitorear y proteger al GE.



Diseño de la instalación eléctrica de un CPD con eficiencia energética

- **Silenciador:** sirve para reducir el nivel de ruido generado durante la evacuación de gases a altas temperaturas (superior a 27dB (A)).
- **Bancada:** es un cuadro de acero con sistema antivibración que tiene un depósito para guardar el combustible, y puede servir o no para elevar el generador a una determinada altura, dependiendo del número de litros que el cliente pretende.

El arranque de los GE suele ser:

- **Manual:** el arranque se puede realizar con y sin conmutador de carga.
- **Eléctrico Simple:** el arranque se realiza mediante el accionamiento de un botón.
- **Eléctrico Automático:** el arranque se realiza mediante una orden exterior.

En cuanto a la potencia, hay tres tipos de GE:

1. Los GE de energía de reserva son utilizados frecuentemente en situaciones de emergencia, cuando hay apagones. Son las soluciones ideales para aquellas aplicaciones que tienen otra fuente de alimentación continua como la energía de la red convencional, utilizado con mayor frecuencia durante la duración de un apagón.
2. Los GE de potencia nominal superior, definidos como "tiempo de funcionamiento ilimitado", se utilizan como fuente de alimentación primaria y no sólo para energía de reserva. Un GE de potencia nominal puede suministrar energía en una situación en la que no existe una fuente de servicio convencional, como ocurre a menudo en aplicaciones industriales como operaciones mineras o de petróleo y gas, localizadas en áreas remotas donde la red no es accesible.
3. Los GE de potencia continua, similar a la potencia nominal, pero tienen una base de carga. Pueden suministrar energía de manera

Diseño de la instalación eléctrica de un CPD con eficiencia energética continua a una carga constante, pero no tienen capacidad de manejar condiciones de sobrecarga o trabajar con cargas variables.

La potencia de los GE suele estar expresada en kW y kVA, siendo la diferencia entre ambas potencias el Factor de Potencia (FP) que para GE trifásicos suele ser de 0,8.

- Los kilovatios (kW) es básicamente la potencia que un GE puede suministrar basándose en la potencia del motor.
- Los kilovoltios-amperios (kVA) es la capacidad final del GE. De acuerdo a la norma ISO 8528-1, esa potencia se expresa de dos maneras: Potencia principal disponible (PRP) en continuo con carga variable durante un número de horas ilimitado al año y Potencia de reserva disponible (ESP) para uso de emergencia en carga variable.

La frecuencia actual de los GE se expresa en hercios (Hz) y es de 50Hz o 60Hz dependiendo de cada país o región. La tensión de salida suele ser monofásica o trifásica.

En la tabla 3 se ilustra las gamas de potencias de los GE dependiendo de la aplicación.

POTENCIA (KVA)	APLICACIÓN
10-800	Modo Espera/Potencia continua para los negocios comerciales e industriales.
> 800	
20-800	GE móviles para una amplia gama de aplicaciones
20-600	GE móviles para alquiler

**Tabla 3: Gama de potencias de los GE.**

Referencia: [https://www.pramac.com/es\\_ES/aboutstationarygenerators](https://www.pramac.com/es_ES/aboutstationarygenerators).

Las diferentes organizaciones que pueden requerir de un GE debido a la criticidad de sus operaciones pueden ser:

- **Hospitales:** debido por ejemplo a la pérdida de monitoreo del paciente y soporte vital.

Diseño de la instalación eléctrica de un CPD con eficiencia energética

- **Centros de procesos datos:** debido por ejemplo a una pérdida en el procesamiento de datos.
- **Oficinas y edificios:** debido por ejemplo a la pérdida de energía, iluminación y ascensores.
- **Plantas de Procesamiento:** debido por ejemplo a la pérdida de producción, materia prima y producto.

Seleccionar un GE dependerá de las necesidades de la organización que lo requiera, de si se requiere de una energía de reserva o continua, de la variabilidad de la carga y de la potencia requerida. [56], [57], [58], [59]

### **3.5 CRITERIO DE DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA**

Lo que se pretende en este apartado es proporcionar una visión acerca de los procedimientos para diseñar los componentes de la instalación eléctrica de un CPD.

#### **3.5.1 Línea de Acometida**

La acometida es la parte de la instalación de la red de distribución que alimenta al Cuadro General de Baja Tensión (CGBT). Tienen que estar dimensionadas para suministrar la potencia total demandada por el CPD y podrán ser subterráneas o aéreas. Se diseñarán de acuerdo a lo indicado en la ITC-BT-07 o ITC-BT-06 y se realizarán generalmente en MT.

#### **3.5.2 Centro de Transformación**

El centro de transformación (CT) será de abonado. Sería un transformador de aislamiento sólido a base de resinas (transformador seco) de hasta 630kVA, con una tensión de cortocircuito de 4% cuando se conecta a una tensión de hasta 24kV y una tensión de cortocircuito de 4,5% cuando se conecta a una tensión de hasta 36kV.

La figura 28 ilustra el ejemplo de un transformado seco.



**Figura 28: Transformador seco.**

Fuente: <https://www.weg.net/institucional/AR/es/>

La conexión será Dyn11, es decir, primario que será la red de MT, el transformador irá conectado en triángulo y secundario que será de BT irá conectado en estrella, con borne de neutro accesible para poder alimentar los diferentes receptores o a tensión compuesta de 400V o a tensión simple de 230V y también para poder conectar a tierra el punto neutro del secundario.

La frecuencia de trabajo debe ser de 50Hz o 60Hz y una temperatura máxima de servicio de 75°C.

Clase de protección IP00.....IP23 y clase de aislamiento F.

Los motivos por los que se optan por esos transformadores, es porque:

- ✓ Requieren menor coste de instalación al no necesitar el depósito colector en la obra civil.
- ✓ Tienen mucho menor riesgo de incendio. Los materiales empleados en su construcción son auto extingüibles, y no producen gases tóxicos o venenosos, etc. [60, pp. 29-30]

### **3.5.3 Cuadros de Mando y Protección y Sistema de Puesta a Tierra**

Todos los cuadros tienen que ser modulares con todos los dispositivos de protección y mando incorporados. Así como los correspondientes equipos de medición de consumo.

Diseño de la instalación eléctrica de un CPD con eficiencia energética

Todos los cuadros serán modificables y/o ampliables “en caliente”, sin necesidad de recurrir a cortes de tensión.

Dispondrán de analizadores de redes y serán ampliables en un 45%.

Deberán tener la capacidad de ser gestionados mediante interface WEB y SNMP (protocolo simple de administración de red). Además, se deberá instalar un elemento de supresión de transitorios.

El esquema de puesta a tierra y distribución de neutro del edificio será el TT – Conductor neutro a tierra separado de la tierra de protección; y distribución de neutro y conductor de protección de forma separada.

La puesta a tierra del centro tiene que garantizar una conexión equipotencial de todos los elementos metálicos que no se encuentran sometidos a tensión durante el funcionamiento normal a efectos de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento determinado, asegurar la actuación de las protecciones, eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados y servir de camino de evacuación para las descargas atmosféricas.

Se tiene que garantizar que en todo momento el valor de la impedancia del circuito de tierra en el CPD sea inferior a 3 ohmios ( $\Omega$ ). También se deberá instalar un dispositivo de vigilancia continua del valor de la impedancia del circuito de puesta tierra. [43, pp. 16-23, 27-28, 36-40, 48-58], [61, pp. 15-16], [16, pp. 112-115]

### **3.5.4 Sistema de Cableado y Canalización Eléctrica en el CPD**

Para la distribución de energía eléctrica dentro del CPD, los cables y conductores elegidos en el diseño tienen que ser de cobre o aluminio y estarán aislados en PVC, EPR o en XLPE del tipo RZ1-K 0.6/1kV (AS) (tipo Cca-s1b, d1, a1 según nueva Normativa CPR) para los servicios normales o SZ1-K 0.6/1Kv (AS+) (tipo Eca según nueva Normativa CPR) resistente al fuego para los servicios de seguridad y serán de tensión no inferior a 450/750V.

Diseño de la instalación eléctrica de un CPD con eficiencia energética

Se utilizará en la medida de lo posible cableado tipo manguera de sección adecuada, para evitar corrientes de fuga en los conductores neutro y tierra.

Cuando se alimente la instalación desde el CT, la caída de tensión máxima admisible cumpliendo con el Apdo. 2.2.2 de la ITC-BT-19 del reglamento electrotécnico es:

- 4,5% para alumbrado,
- 6,5% para otros usos.

considerando que la instalación de baja tensión (BT) empieza en el secundario de los transformadores desde los que se alimenta y en GE.

Las intensidades máximas admisibles, se guían por lo indicado en la norma UNE-HD 60364-5-52:2014 y su Anexo Nacional.

Las secciones de los conductores de protección vienen, indicadas en la tabla 4:

SECCIÓN CONDUCTORES DE FASE (mm <sup>2</sup> )	SECCIÓN CONDUCTORES DE PROTECCIÓN (mm <sup>2</sup> )
$S_f \leq 16$	$S_f$
$16 \leq S_f \leq 35$	16
$S_f \geq 35$	$S_f/2$

**Tabla 4: Secciones de los conductores de protección.**

Referencia: UNE-HD 60364-5-52:2014.

Para los conductores se utilizarán los colores propios para cada función según lo establecido en la norma IEC 60446 (Norma de la Comisión Electrotécnica Internacional), como se muestra en la tabla 5.

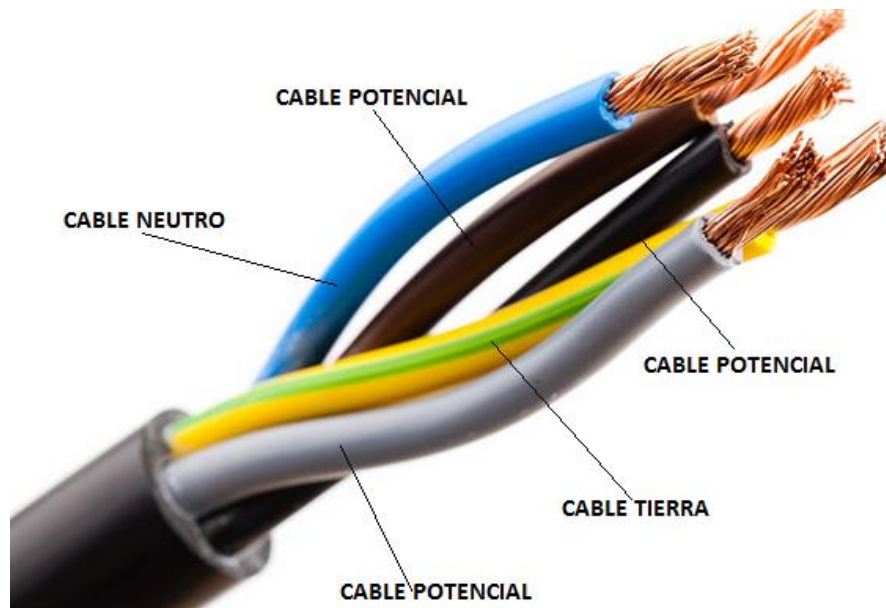
CONDUCTOR	COLOR
Neutro (o previsión de que un conductor de fase pase posteriormente a neutro)	Azul
Protección	Verde-Amarillo
Fase	Marrón Negro Gris

**Tabla 5: Identificación de conductores de fase y protección.**

Referencia: norma IEC 60446.

Diseño de la instalación eléctrica de un CPD con eficiencia energética

La figura 29 ilustra el ejemplo de los colores de conductores establecidos por la norma IEC 60446.



**Figura 29: Colores de los conductores.**

Fuente: <https://www.faradayos.info/2014/01/colores-cables-electricos-normas.html>

Para la distribución del cableado eléctrico desde los cuadros se hará uso de canaletas protectoras con tapa de acceso que sólo pueden abrirse con herramientas según lo dispuesto en la norma UNE-EN 50085-1, la ITC-BT-21 y la ITC-BT-29.

La selección del tipo de canalización se elegirá considerando el más adecuado de entre los descritos para conductores y cables con una tensión no inferior a 450/750V en la norma UNE-EN 60423:2008. Las canaletas tendrán un grado de protección IP4X o superior.

La figura 30 ilustra el ejemplo de una canaleta protectora con una protección IP4X y con conductor aislado de 450/750V.



**Figura 30: Tipo de Canaleta protectora.**

Fuente: UNE-EN 60423:2008.

La instalación y puesta en obra de las canaletas protectoras deberá cumplir con lo establecido en la norma UNE 20.460 -5-52 y en las ITC-BT-19 e ITC-BT-20.

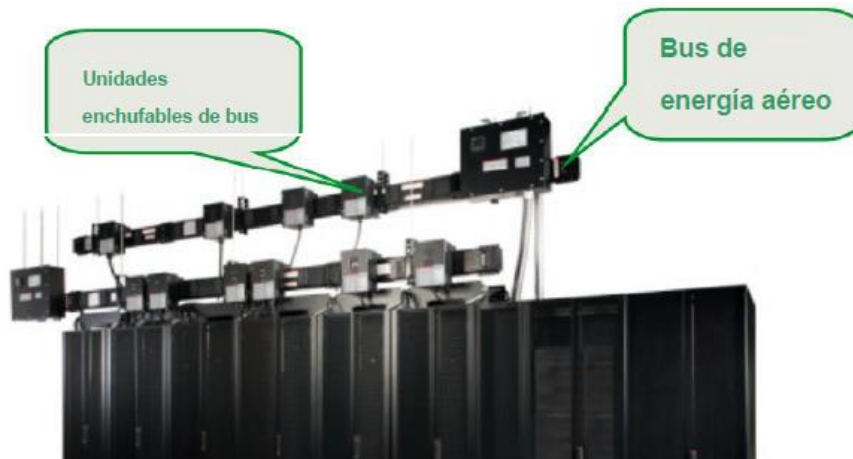
El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas.

En caso de ser canaletas metálicas tendrán que ir conectadas a tierra y no podrán ser utilizadas como conductores de protección o de neutro. Las tapas de las canales deberán estar siempre accesibles.

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de tal forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura crítica y, por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas.

En la distribución final dentro del rack, se hará uso de canalización eléctrica prefabricada (CEP) según lo dispuesto en la norma UNE-EN-61439-6.





**Figura 31: Canalización eléctrica prefabricada.**

Fuente: Libro Blanco 129. Comparación de la energía del centro de datos.  
Arquitecturas de distribución.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

Las canalizaciones estarán dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Así mismo, se establecerán de forma que, mediante la identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones o transformaciones. Como se ha indicado anteriormente, los cables deben ser cada uno del color adecuado para que sean fácilmente identificables. Cuando la identificación pueda resultar difícil, debe establecerse un plano de la instalación que permita, en todo momento, esta identificación mediante etiquetas o señales de aviso indeleble y legible. [62], [61, pp. 16-18], [43, pp. 23, 26-27], [63]

### **3.5.5 Sistema de Alimentación Ininterrumpida**

El sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) seleccionado tiene que ser capaz de entregar la potencia total requerida por la carga crítica TI, de regular la tensión de entrada, de regular la frecuencia, de ofrecer factores de potencias (FP) cercanos a la unidad, de ofrecer una tasa de

Diseño de la instalación eléctrica de un CPD con eficiencia energética distorsión armónica (THD) inferior al 3% y de ofrecer un rendimiento superior al 85%.

Se tendrá en cuenta la curva de eficiencia del fabricante para asegurarnos de que se cumple con los requisitos de eficiencia indicados por el fabricante y que es superior al 94%.

Se asegurará de que la topología seleccionada es capaz de garantizar la continuidad del servicio y que posee un sistema Bay-Pass estático interno y un sistema Bay-Pass externo para realizar los mantenimientos y otros ajustes que se consideren oportunos, manteniendo el suministro eléctrico a la carga crítica TI del CPD.

La SAI seleccionada tendrá que ser modular para que sea fácilmente escalable.

Deberá tener una integración con software DCIM (sistema de gestión de los CPD) y tener una tarjeta de comunicaciones SNMP.

El tiempo de autonomía de la SAI tiene que ser superior a 9 minutos para la fuente de almacenamiento seleccionada.

Se deberá verificar que los tiempos de transferencia de energía de la fuente de almacenamiento de energía a las cargas que la demandan es inferior al tiempo de espera de esas cargas, para que no se queden fuera de servicio.

Por último, deberá estar sobredimensionada entre un 10% y 20% sobre la potencia total requerida por la carga crítica TI, para disponer de un margen de seguridad. [61, pp. 14, 78-79], [64, p. 10], [43, pp. 42-44], [65], [16, pp. 121-122]

### **3.5.6 Unidad de Distribución de Potencia dentro del Rack**

Para seleccionar una PDU se tendrá en cuenta el número de dispositivos TI ubicados en el rack, la frecuencia con que se actualiza la carga, la densidad de potencia de los servidores y los tipos de dispositivos empleados. Deberá ser capaz de soportar la carga máxima del servidor.

También es recomendable que estas unidades sean modulares, porque nos permitirán que los racks se instalen o cambien sin ningún cableado nuevo, distribuyen la energía por encima de la cabeza, soportan densidades de rack de hasta 30kW con una única fuente de alimentación flexible, mejoran la eficiencia eléctrica, están instrumentados para la alimentación en el circuito derivado y tienen un sistema estándar de gestión de capacidad. Son sistemas que incorporan terminaciones de cableado prefabricadas para una mayor fiabilidad y además todos los protectores de circuitos derivados están detrás de una puerta con cerradura y son de fácil acceso. La instalación enchufable no requiere cableado de campo.

La figura 32 ilustra el ejemplo de una PDU modular con varias tomas.



**Figura 32: Unidad de distribución modular.**

Fuente: <https://www.rittal.com/es-es/>

Deben incorporar controlador inteligente reemplazable. Para que, en caso de avería del controlador, puedan sustituirse sin tener que interrumpir el suministro eléctrico. También deben incluir un protocolo de gestión SNMP (protocolo simple de administración de red) con conexión Ethernet que permita medir el consumo total de la PDU de forma remota e incorporar tomas de tipo C13 y C19. [61, pp. 19-20, 80-81], [66]

### **3.5.7 Interruptores de Transferencia Automática**

Los dispositivos o interruptores de transferencia automática en inglés Automatic Transfer Switching (ATS), serán los encargados en caso de fallo en uno de los circuitos de alimentación de energía eléctrica o elemento

Diseño de la instalación eléctrica de un CPD con eficiencia energética del sistema, de conmutar de forma automática la línea de abastecimiento de la carga crítica del CPD.

El ATS seleccionado debe ser capaz de supervisar la fuente de alimentación e iniciar el arranque del GE cuando se detecte una situación anómala en la red. Si el GE no se enciende tras el envío de la señal del ATS, deberá ser capaz de reenviar esa señal de arranque hasta que se encienda o se inicie las acciones oportunas. Una vez reestablecido el suministro de alimentación principal, deberá ser capaz de desconectar el GE y restablecer el suministro eléctrico del CPD con la línea principal de alimentación.

Deberá contar con dos entradas (una por vía de suministro) y una salida de alimentación eléctrica y se configurará para tiempos de conmutación inferior a 10 segundos.

En el caso de las líneas que alimentan a las cargas, deberá supervisar en todo momento la línea principal de alimentación para conmutar a la secundaria en caso de falla y después de restablecer el suministro de la línea principal deberá reconectar el suministro a esa línea. [67], [68]

### **3.5.8 Grupo electrógeno**

El grupo electrógeno (GE) seleccionado tendrá que ser capaz de garantizar el suministro eléctrico total de todas las cargas críticas del CPD. Además, debe ser capaz de proveer una autonomía no inferior a 15 horas.

El sistema eléctrico podrá contar con uno o varios GE dependiendo de la potencia requerida. Será necesario que esté insonorizado según la norma ISO 8528-10 y preparado para trabajos en intemperie.

El GE Deberá contar con un interruptor automático de salida con protección magnetotérmica y diferencial regulable en propio grupo.

También deberá contar con un cuadro de arranque y control tipo Automático montado sobre el grupo con arranque por orden exterior.

Se deberá verificar que el tiempo que tarda en arrancar y suministrar energía eléctrica estable, esté entre un minuto y dos minutos aproximadamente, tiempo suficiente para que la SAI pueda suministrar la energía requerida por la carga crítica TI sin que se vean afectadas por el sobrecalentamiento ya que el sistema de aire acondicionado no irá conectado a las SAI. El combustible del motor podrá ser diesel, gasolina o gas. [61, pp. 11-13, 77-78], [16, pp. 111-112]

Dependiendo de cada diseñador siempre cabe la posibilidad de establecer unos requisitos diferentes a los establecidos en este trabajo.

Para llevar a cabo el diseño de la instalación eléctrica de un CPD es necesario conocer los requerimientos de carga del CPD, el grado de tolerancia a fallas, tener un conocimiento profundo de los elementos que forman parte de esta instalación y tener conocimientos sobre cálculos eléctricos de baja tensión. Así como los estándares correspondientes al diseño de la instalación eléctrica de un CPD y la normativa correspondiente a los cálculos eléctricos.

### **3.6 ALTERNATIVAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EN EL CPD**

En la actualidad, con lo estricto que son las normas medioambientales y con el auge de las tecnologías de generación eléctrica de fuentes renovables, se ha vuelto imprescindible en cualquier estudio sobre el suministro eléctrico, sopesar cualquier alternativa de generación de energía eléctrica diferente al convencional. Y el sector de los CPD no iba resultar una excepción en ese aspecto.

En los CPD donde el requerimiento principal es la fiabilidad y disponibilidad del suministro de energía eléctrica, la posibilidad de alimentarlos con energía procedente de fuentes renovables como la eólica y/o la solar fotovoltaica, sigue siendo muy limitada. Porque son fuentes de generación que combinan periodos de baja y alta producción. Además, las tecnologías de almacenamiento de energía eléctrica con las que contamos en la actualidad, a pesar de que pueden

ofrecer grandes densidades de energía en muy poco tiempo, el reducido tiempo de autonomía que poseen, hace que no se las puedan considerar como alternativas viables de generación de energía eléctrica para los actuales CPD.

Sin embargo, cabe la posibilidad de utilizar la generación renovable de forma interactiva con la convencional. Donde la generación renovable se utilizaría como la fuente principal de energía y la convencional actuaría de respaldo en caso de un apagón programado o fallas del generador local. Los dos sistemas de generación estarían funcionando en paralelo de modo que toda la generación que superase la cantidad necesaria para alimentar a la carga crítica sería vertida a la red eléctrica convencional.

Diseñar un sistema alternativo de generación con aerogeneradores y módulos fotovoltaicos con capacidad para cubrir un CPD con un tamaño (0,5MW-1MW), a parte del inconveniente de una producción intermitente por combinar periodos de alta y baja productividad y la baja autonomía de las fuentes de almacenamiento empleadas (volantes de inercia, supercondensadores, etc.), supondría un enorme coste adicional. Porque supondría un desembolso económico en módulos fotovoltaicos y/o aerogeneradores, además del arrendamiento o compra del emplazamiento de los mismos.

Por otro lado, en la actualidad las pilas de combustible y las microturbinas (cogeneración) no son alternativas rentables de generación de energía para los CPD en comparación con los generadores tradicionales (GE). Sin embargo, existe una gran variedad de situaciones o factores que podrían impulsar estas tecnologías, como la contaminación (el motor diesel es el sistema local de generación de energía que ocasiona el mayor problema de contaminación), la disponibilidad (las pilas de combustible y las microturbinas podrían mejorar la disponibilidad general del sistema, en comparación con los generadores de reserva), eliminación de SAI (muchos análisis sobre pilas de combustible y microturbinas sugieren que

esta tecnología podría eliminar otros dispositivos del sistema de energía, y así podría lograrse reducir los costos, incrementar la disponibilidad y aumentar la eficiencia). A pesar de todo, estas situaciones todavía poseen más inconvenientes que ventajas y los métodos para lograr las mejoras no están comprobados.

Para maximizar la disponibilidad del sistema de energía, las mejoras en la arquitectura de tolerancia a las fallas de la actual tecnología basada en motores son la mejor inversión desde la perspectiva del usuario. Dichas inversiones incluyen arquitectura energética de circuito doble, prueba e integración mejoradas de los sistemas, instrumentación y monitoreo mejorados. [69], [16, pp. 111-112]

### **3.7 CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA EFICIENCIA**

Cualquier estrategia para reducir el impacto medio ambiental de los CPD debe centrarse en mejorar la eficiencia del PUE (eficacia del uso de energía en inglés Power Usage Effectiveness) del CPD. Es la métrica que se utiliza habitualmente para medir la eficiencia de la infraestructura de un CPD. Y se expresa como la relación entre la potencia de entrada total del CPD y la potencia de carga de TI. A continuación, se proporciona una definición aproximada de eficiencia para entender mejor a qué se refiere:

**“La eficiencia de cualquier dispositivo o sistema es la fracción de su entrada (electricidad, combustible, lo que sea que lo haga “funcionar”) que se convierte en el resultado útil deseado; cualquier cosa que no sea el resultado útil se considera “desperdicio””.**

Para la infraestructura física del CPD, la entrada es electricidad y la salida útil es la energía para alimentar a la carga crítica TI del CPD.

En el CPD hay varias formas en que se puede consumir la energía eléctrica y hacer más grande su PUE. Un PUE más bajo significará que se consume menos energía para alimentar la carga de TI, lo que significa una mayor eficiencia eléctrica para el CPD. Un PUE de 1 indicaría que no

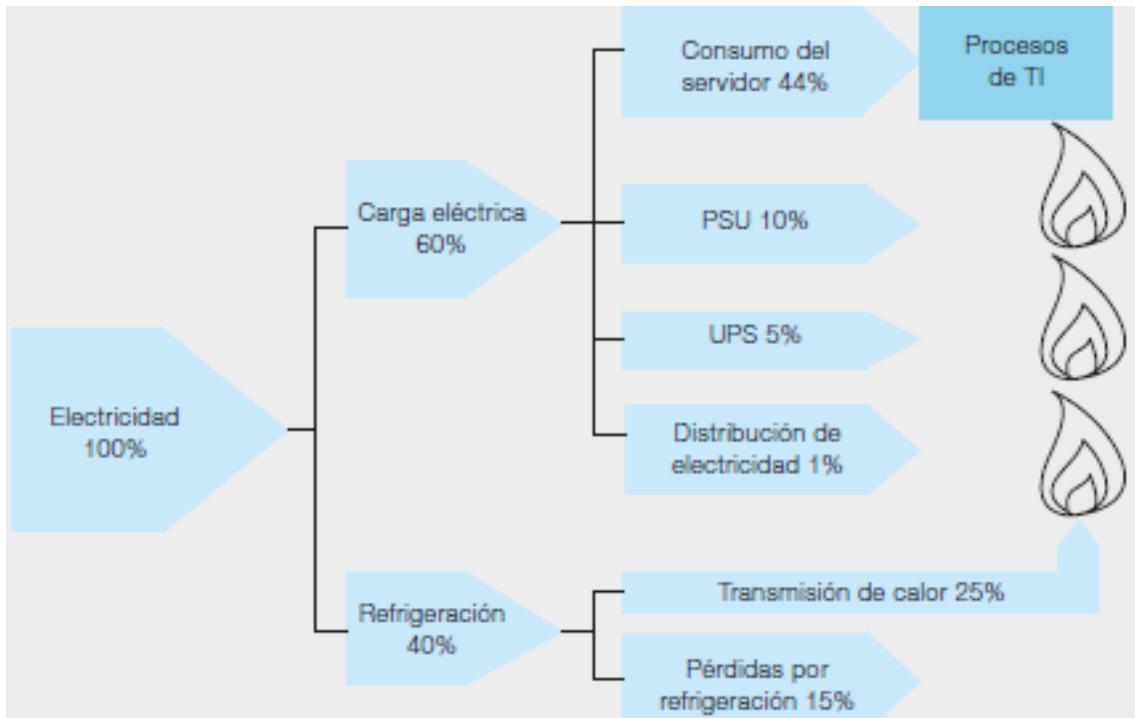
hay gastos generales de energía y una eficiencia perfecta, lo que significaría que la única energía necesaria para respaldar la carga de TI es la energía que realmente consume la carga de TI.

Un valor objetivo real para el PUE de un CPD existente es de 1.5 o menos (los nuevos CPD deben apuntar a valores de 1.4 o menos). Un PUE de 2.0 o superior indica la revisión del consumo energético del CPD. Es probable que haya áreas de ineficiencias que se suman a los costos y no son rentables.

El objetivo debe ser reducir el PUE a valores inferiores o cercanos a la unidad. Supongamos que el ejemplo de balance energético de nuestro CPD es el que se muestra en la figura 33. En este ejemplo podemos observar que el 40% de energía se usa en refrigeración, el 55% se usa para alimentar a la carga crítica y el 5% se pierde en el SAI. Haciendo uso del PUE, vemos que es igual a 1.82. Por lo tanto, las pérdidas en el SAI y en la refrigeración son puntos de ineficiencia.

Como podemos ver en la figura 33, no toda la energía se utiliza para alimentar a la carga crítica TI del sistema. Una gran parte de la energía entrante en el CPD se utiliza para el soporte secundario que ayuda a mantener a la carga crítica TI en funcionamiento (por ejemplo, transformadores, SAI, cableado de distribución, ventiladores, aires acondicionados, bombas, humidificadores e iluminación). Toda esa energía se considera como desperdicio y el objetivo debe ser reducir ese consumo de manera que, una gran parte de la energía entrante al CPD sea usada para alimentar únicamente a la carga crítica TI del CPD.





**Figura 33: Balance energético de un CPD genérico.**

Fuente: Revista Técnica ABB 4 | 13.

Para reducir el PUE y hacer más eficiente el sistema eléctrico de un CPD, vamos a tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. Se debe tener en cuenta la selección de una gama de equipos y dispositivos que minimicen el consumo de energía en condiciones normales de funcionamiento y con un alto calificativo en índices de eficiencia.
2. Se debe evitar una redundancia elevada de los equipos y que éstos operen por debajo de la potencia nominal para aumentar su eficiencia.
3. Las cargas de soporte deben ser seleccionadas de tal forma que en condiciones normales de funcionamiento minimicen el consumo de energía.
4. Se debe seleccionar un sistema de aire acondicionado de precisión que tenga un buen control de temperatura y humedad, y que sea capaz de dirigir el aire fresco a las unidades de equipo físico que necesiten el enfriamiento.

- 5.** Se debe evitar el duplicado de los sistemas de aire acondicionado y facilitar su duplicado con el crecimiento de la carga crítica TI para ahorrar en el consumo de energía.
- 6.** Las unidades de aire acondicionado deben tener un formato tipo rack para ser intercalados entre los racks de los sistemas informáticos dentro de las filas que conforman los pasillos del CPD, para que recojan por la parte trasera el aire caliente que expulsan los servidores y aporten aire frío por la parte delantera para dar servicio al rack de servidores. Se puede utilizar con cerramiento de pasillo incluido, que permite mejorar el rendimiento energético o sin el cerramiento. Si se ubica la unidad de refrigeración cerca de los racks que generan calor, se necesitará menos energía para mover el aire en comparación con los métodos de refrigeración que tienen la unidad fuera de la zona de aislamiento. Con la implementación de equipos situados lo más cerca posible de los servidores, se consigue mejor eficiencia tanto en refrigeración como en reducción de consumo; ya que las máquinas únicamente proporcionarían el aire fresco necesario para el correcto funcionamiento de los equipos. Para conseguir una mayor eficiencia de las máquinas, será necesario que vayan equipadas con ventiladores de velocidad variable para que puedan ajustar su velocidad dependiendo de las necesidades. Estos sistemas de refrigeración nos permitirán colocar unidades cerca de los puntos calientes para aumentar la eficiencia del CPD.
- 7.** Plantear sistemas de "enfriamiento gratuito", que aprovechen el aire fresco del exterior puede disminuir la cantidad de energía eléctrica empleada en el enfriamiento y, en general, la empleada en el CPD, lo que aumentaría la eficiencia del CPD.
- 8.** Elija una arquitectura de SAI modular que permita escalar la capacidad del SAI para que coincida más con la carga real. Esto tendrá un efecto significativo en la eficiencia.

9. El método más efectivo para especificar la eficiencia de una SAI es solicitando la curva de eficiencia del fabricante que describa completamente sus beneficios de ahorro de energía sobre otro. Tenga en cuenta que la curva debe venir con una entrada y salida de datos de energía para que, mediante el uso de una hoja de cálculo simple, los ahorros de energía se puedan cuantificar desde el 0% hasta el 100% de carga y todos los puntos intermedios. Es importante que la curva del fabricante se base en una configuración similar a la que se está especificando.
10. También cabe la posibilidad de implementar un sistema eléctrico que haga uso de corriente continua (CC). Con el creciente protagonismo de la CC en las áreas de generación, transporte, almacenamiento y consumo, cada vez más electricidad adopta la forma de CC al menos en una ocasión a lo largo de su cadena de suministro. Un CPD que funcione con una microrred puede llegar a obtener enormes beneficios.

Normalmente hay muchas variables que pueden influir en la eficiencia de un CPD, por ejemplo, las condiciones medioambientales, la calidad de los equipos, el sistema de enfriamiento empleado, etc. Se ha proporcionado esas recomendaciones teniendo en cuenta únicamente las condiciones de diseño y explotación de la instalación eléctrica para ahorrar en el consumo de energía del CPD.

El sobredimensionamiento de los CPD es el mayor contribuyente individual a la ineficiencia del CPD, lo que sugiere que las soluciones escalables que pueden crecer con la carga de TI ofrecen una gran oportunidad para reducir los costos y el desperdicio de energía.

Para saber qué tan eficiente es un sistema, hay que medir en cada instante las variables del sistema y compararlos con unos valores de referencia previamente establecidos o tomar como referencia otros valores de un sistema similar. [12, p. 11], [65], [70], [71]





**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

# **CAPÍTULO IV: VALORACIÓN ECONÓMICA**

## ÍNDICE

4.1 INTRODUCCIÓN_____	112
4.1.1. Objetivo_____	112
4.2 CONSIDERACIONES GENERALES _____	112
4.3 EJEMPLO DE ESTIMACIÓN ECONÓMICA _____	114



## **4.1 INTRODUCCIÓN**

La valoración económica es una parte esencial de cualquier proyecto. Porque nos permite cuantificar el esfuerzo que supondría llevarlo a cabo. Sin importar el sector del ámbito social o empresarial, cualquier organización o particular, antes de tomar la decisión de implementar la solución de un proyecto, le interesa saber cuánto le va a costar el estudio del mismo.

### **4.1.1. Objetivo**

El objetivo de este tema es intentar realizar la estimación económica que nos supondría desarrollar el diseño de una instalación eléctrica de un CPD.

Es importante comprender que esto no es una oferta económica donde se establecen los costes de los elementos de la instalación eléctrica, sino una aproximación del presupuesto de un estudio de estas características.

No se va a considerar los costos comerciales, es decir, los costes de conseguir una localización estratégica, investigación de mercado, etc. sólo vamos a considerar los costes de realizar el diseño de la instalación eléctrica.

## **4.2 CONSIDERACIONES GENERALES**

Para realizar la valoración económica del diseño de la instalación eléctrica de un CPD se ha de tener en cuenta lo siguiente:

1. El tiempo necesario para medir la longitud de todo el cableado eléctrico desde la línea de acometida y grupo electrógeno (GE) hasta las tomas finales. Es decir, las tomas correspondientes al sistema de refrigeración en general y no solo la del aire acondicionado, las tomas correspondientes a las unidades de distribución de potencia (PDU), las tomas correspondientes a la sala de monitorización, dispositivos de seguridad, dispositivos de detección y extinción de incendios, alumbrado convencional y de



emergencia, así como el resto de tomas y mediciones que pudiesen hacer falta.

2. El tiempo necesario para calcular la línea de acometida en media tensión (MT) del CPD.
3. El tiempo necesario para calcular las celdas de MT para proteger el centro de transformación (CT) y todos los elementos del CPD.
4. El tiempo necesario para calcular la potencia del CT.
5. El tiempo necesario para calcular el sistema de puesta a tierra del CT y el sistema de protección frente a contactos directos e indirectos en MT.
6. El tiempo necesario para calcular la línea de acometida en baja tensión (BT) hasta el cuadro general de baja tensión (CGBT).
7. El tiempo necesario para calcular la línea de acometida del GE hasta su correspondiente CGBT.
8. El tiempo necesario para calcular el CGBT de la línea de acometida principal y del GE. Así como los correspondientes sub cuadros de baja tensión (SCBT).
9. El tiempo necesario para calcular el sistema de protección frente a las sobretensiones y frente a los contactos directos e indirectos en BT. Así como la puesta a tierra de protección.
10. El tiempo necesario para calcular el cableado hasta las cargas finales.
11. El tiempo necesario para calcular el cableado del sistema de monitoreo, sistema de seguridad, sistema contra incendios, etc.
12. El tiempo necesario para determinar todas las canaletas protectoras.
13. El tiempo necesario para determinar el recorrido del cableado.
14. El tiempo necesario para calcular todos los interruptores de transferencia automática (ATS).
15. El tiempo necesario para estimar la potencia necesaria de los sistemas de alimentación ininterrumpidas (SAI).

16. El tiempo necesario para estimar las PDU idóneas para distribución en el rack.
17. El tiempo necesario para determinar el GE idónea para la potencia de reserva.

En la fase de mediciones, lo normal es que aparte de lo que se presupueste por el trabajo de medición de las unidades de obra, también se incluyan los desplazamientos oportunos. Así en el presupuesto se incluiría el precio correspondiente a las mediciones y el precio por desplazarse a la zona de obra.

En cuanto al diseño y estimación de todos los ítems de la instalación eléctrica, para no incurrir en confusión, se debería establecer un precio fijo por hora de estudio. Cabe la posibilidad de hacer todo el estudio y emplear el cómputo total de horas empleadas para hacer el presupuesto o hacer la estimación por fase del estudio.

Otra posibilidad es estipular un precio fijo para el proyecto, que es la mejor opción. La elección de una opción u otra dependerá del acuerdo entre los interesados. Está claro que la opción ventajosa para el diseñador es la de establecer un precio fijo por proyecto.

Al final de todo el estudio se incluiría la parte correspondiente al Impuesto del Valor Añadido (IVA).

### **4.3 EJEMPLO DE ESTIMACIÓN ECONÓMICA**

En la tabla 4.1 se ilustra el ejemplo de una valoración económica correspondiente a las mediciones en la instalación.

En la tabla 4.2 se ilustra el ejemplo de una valoración económica correspondiente a las horas de estudio del diseño de la instalación eléctrica.

No se trata de una valoración económica real, sino de un ejemplo de cómo proceder en un proyecto de estas características.

### Valoración Económica

En caso de las mediciones, en vez de cobrar por horas de servicio en obra, vamos a cobrar por metro de longitud medido para hacer más rentable esa fase de estudio. Supongamos que el precio es de 1€/metro medido y por el desplazamiento vamos a cobrar un precio fijo de 2€/km. En la fase de diseño y estimación de los elementos de la instalación eléctrica vamos a suponer que el precio es de 10€/hora.

Ítems	Uds (metro)	Coste (€) /metro	Total (€)	Total + IVA (€)
Mediciones	160,00	1,00	160,00	193,60
Desplazamiento	10000,00	2,00	20,00	24,20
Total 1	-	-	180,00	217,80

**Tabla 6: Estimación del precio de las mediciones y desplazamiento.**

Fuente: Propia.

Ítems	Horas	Coste (€) /Hora	Total (€)	Total + IVA (€)
Acometidas	2	10	20	24,20
Celdas de MT	5		50	60,50
Potencia CT	15		150	181,50
PaT y TT CT	5		50	60,50
Acometida al CGBT	2		20	24,20
CGBT	10		100	121,00
SCBT	10		100	121,00
PaT y TT en BT	5		50	60,50
Cableado	20		200	242,00
Seguridad	4		40	48,40
Canaletas	12		120	145,20
Recorrido Cableado	4		40	48,40
ATS	4		40	48,40
SAI	6		60	72,60
PDU	4		40	48,40
GE	6		60	72,60
Total 2	114		10	1140

**Tabla 7: Valoración económica de las horas de estudio.**

Fuente: Propia.

## Valoración Económica

	<b>COSTE</b>
<b>TOTAL 1</b>	217,80
<b>TOTAL 2</b>	1379,40
<b>VOLORACIÓN ECONÓMICA TOTAL</b>	<b>1597,20</b>

**Tabla 8: Valoración económica total.**

Fuente: Propia.

En un proyecto real está claro que el tiempo de dedicación del estudio sería mucho mayor que en el ejemplo ilustrado y por ende el presupuesto del mismo, pero el ejemplo es una simple ilustración de cómo se cuantificaría el esfuerzo realizado, en caso de decidir por esta opción.

**Lo normal sería para un estudio de estas características acordar un precio único para todo el proyecto.** [72, p. 20]





**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

# **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES**



## Conclusiones

- ❖ El estándar TIA-942 constituye una guía a seguir desde el momento de la concepción del CPD. Nos proporciona los criterios que se deben seguir en el diseño para lograr optimizar los recursos y hacer viable y factible el presupuesto que se dispone para el proyecto. Nos permite crear entornos altamente seguros, confiables, disponibles y redundantes que nos permitirán sacar el máximo provecho de los equipos en el día a día.
- ❖ Gracias al estándar TIA-942 conocemos todos los requerimientos de la instalación eléctrica que hacen operativo un CPD. Otras normas de obligado cumplimiento como la IEC, ITC, UNE, etc., nos ayudaran a determinar la capacidad de los mismo.
- ❖ Concretar el diseño de la instalación eléctrica de un CPD, a parte del requerimiento del consumo del CPD, es importante conocer el requerimiento de disponibilidad. Porque gracias a ese dato, vamos a seleccionar entre los niveles de seguridad (TIER) establecidos por el estándar TIA-942, el que mejor se adapte a nuestras necesidades de fiabilidad y disponibilidad requeridas.
- ❖ Para una mayor disponibilidad y fiabilidad del suministro eléctrico en el CPD, se optará siempre por el nivel de seguridad más exigente entre los existentes para que a través de la redundancia en todos los componentes (redundancia de equipos y vías de suministro) del sistema, garanticemos un suministro eléctrico seguro y fiable al CPD.
- ❖ El criterio de diseño de los elementos del sistema eléctrico tiene que garantizar que estos cumplan con todos los requisitos establecidos.
- ❖ Para mejorar la eficiencia del CPD, se optará por sistemas de aire acondicionados de precisión con capacidad para regular la temperatura y humedad en función de las necesidades de refrigeración, sistemas de cerramientos de pasillos y sistemas de enfriamientos gratuitos. Los sistemas de aire acondicionado tienen que ser modulares, ya que nos facilitarán el escalonamiento dependiendo de las necesidades de refrigeración. Para conseguir



## Conclusiones

reducir el excesivo consumo de energía de esos equipos y aumentar la eficiencia, ya que son los principales consumidores de energía del CPD.

- ❖ Otra forma de mejorar la eficiencia será seleccionando equipos que consuman poca energía en funcionamiento normal y en periodos de inactividad.
- ❖ Para controlar el consumo de un CPD, se tiene que implementar equipos de mediciones en todos los puntos que se va a suministrar energía, para determinar el consumo en cada instante del CPD y corroborar que cumple con lo previamente establecido.

En definitiva, se han establecido unos criterios que nos servirán de referencia para diseñar la instalación eléctrica de un CPD con la máxima seguridad y fiabilidad posible. Así como unas recomendaciones para mejorar la eficiencia energética del CPD.





**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

# **CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**BIBLIOGRAFÍA BÁSICA: Estándar ANSI/TIA-942-2005.**

**Otras Referencias**

- [1] K. L. Gurgúa, «Timetoast,» 14 02 2019. [En línea]. Available: <https://www.timetoast.com/timelines/historia-de-los-data-center>.
- [2] Angel, «Pcweb.info,» 26 04 2021. [En línea]. Available: <https://pcweb.info/historia-de-los-data-centers-o-centros-de-datos-resumen-evolucion-y-cronologia/>.
- [3] Logistec, «Logistec,» 28 12 2020. [En línea]. Available: <https://www.revistalogistec.com/inicio/noticias-industria/3159-la-evolucion-de-los-data-center>.
- [4] J. G. Camacho, «Linkedin,» 4 03 2021. [En línea]. Available: <https://es.linkedin.com/pulse/como-asegurar-la-disponibilidad-y-continuidad-en-de-javier>.
- [5] K. Solid, «Krypton Solid,» [En línea]. Available: <https://kryptonsolid.com/cuales-son-los-principales-riesgos-de-disponibilidad-operativa-en-los-centros-de-datos/>.
- [6] B. TI, «Byte TI,» 14 12 2015. [En línea]. Available: <https://revistabyte.es/tendencias-tic/61642/>.
- [7] M. Navarro, «Byte TI,» 3 09 2020. [En línea]. Available: <https://revistabyte.es/tema-de-portada-byte-ti/centro-de-datos-transformacion/>.
- [8] C. Mínguez05/04/2021, «Canales Sectoriales,» 05 04 2021. [En línea]. Available: <https://www.interempresas.net/TIC/Articulos/347337-Centros-de-datos-el-respaldo-de-un-mundo-cada-dia-mas-digitalizado.html>.

## Referencias

- [9] enred, «enred,» 28 10 2020. [En línea]. Available: <https://enred.mx/analisis-del-panorama-actual-de-los-data-centers/>.
- [10] J. J. M. Mahauad, DISEÑO DE UN CENTRO DE DATOS BASADO EN ESTÁNDARES, Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca, 2010.
- [11] D. G. IONOS, «Digital Guide IONOS,» 8 06 2021. [En línea]. Available: <https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/que-es-un-data-center/>.
- [12] ABB, «Centros de Datos,» *Revista Técnica ABB 4 | 13*, nº 4, 2013.
- [13] J. D. F. Quintana, «CENTRO DE PROCESO DE DATOS,» *Discurso Academico 34*, Lanzarote, 2009.
- [14] V. E. M. CANGÁS, «DISEÑO DE UN DATA CENTER PARA LA OFICINA MATRIZ DE LA EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE IBARRA EMAPA-I, BASADO EN LA NORMATIVA ANSI/TIA-942,» UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, BIBLIOTECA UNIVERSITARIA, Ibarra Emapa, Ecuador, 2016.
- [15] «rackonline,» 5 02 2022. [En línea]. Available: <https://www.rackonline.es/content/que-es-un-armario-rack..>
- [16] T. d. C.-A. Lasheras, «DISEÑO DE UN CENTRO DE DATOS,» Universidad Carlos III de Madrid, Leganes, Madrid, 2013.
- [17] Jhon, «Comunidad FS,» 06 07 2021. [En línea]. Available: <https://community.fs.com/es/blog/what-is-a-patch-panel-and-why-use-it.html..>
- [18] admindata, «admindata.blogspot,» 8 03 2013. [En línea]. Available: <http://admindata.blogspot.com/>.
- [19] Jackdong, «AZ adslzone,» 27 08 2008. [En línea]. Available: <https://www.adslzone.net/foro/fibra-optica.94/que-elegir-conectores-fibra-optica.457346/>.

## Referencias

- [20] Andrés, «Electricaplica,» [En línea]. Available: <https://www.electricaplicada.com/disenio-electrico-data-center-efciencia-energetica/>.
- [21] NFPA, NFPA 75: Norma de protección contra incendios en los centros de datos.
- [22] Zensitec, «Zensitec,» [En línea]. Available: <https://zensitec.com/sistemas-contraincendios/extincion-por-gases/fm200/fm-200-en-data-centers>.
- [23] socored, «socored,» [En línea]. Available: <https://socored.es/fugas-agua-cpdfugas-liquidos-cpd/>.
- [24] S. Talens-Oliag, «InfoCentre,» [En línea]. Available: <https://www.uv.es/sto/cursos/icssu/html/index.html>.
- [25] L. R. C. Meza, «Administración de centros de cómputo».
- [26] GESAB, «GESAB,» [En línea]. Available: <https://gesab.com/noticias/seguridad-centros-de-datos/>.
- [27] S. Niles, «White Paper 82 Seguridad física en instalaciones de importancia crítica,» Schneider Electric – Data Center Science Center.
- [28] Ayudaley, «Ayudaley,» [En línea]. Available: <https://ayudaleyprotecciondatos.es/2020/12/30/seguridad-logica/>.
- [29] J. E. F. MIRAVAL, «MODELO DE CENTRO DE DATOS DE RESPALDO CON REPLICACIÓN EN TIEMPO REAL EN LA MEJORA DEL RENDIMIENTO DE LA GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN EN LA EMPRESA ELECTRO PUNO S.A.A.» Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Peru, 2017.
- [30] admindata, «admindata.blogspot,» 08 03 2013. [En línea]. Available: <http://admindata.blogspot.com/>.

## Referencias

- [31] G. Cofitel, «Grupo Cofitel,» 14 02 2014. [En línea]. Available: <https://www.c3comunicaciones.es/data-center-el-estandar-tia-942/>.
- [32] K. McCarthy, «Documento técnico nº 75 Comparación de configuraciones de diseño de sistemas SAI,» APC.
- [33] Margaret, «community fs,» 28 02 2022. [En línea]. Available: <https://community.fs.com/es/blog/basic-knowledge-tips-of-data-center-fiber-cabling.html>.
- [34] C. Sena, «Comunidad Sena,» [En línea]. Available: <https://sites.google.com/a/misena.edu.co/redes-industriales/>.
- [35] polygroup, «polygroup,» [En línea]. Available: <https://accessfloorpolygroup.com/es/suelo-tecnico-para-cpd/>.
- [36] NFPA, NFPA 75: Norma de protección contra incendios en los centros de datos.
- [37] J. Medina, «Me SECI,» [En línea]. Available: <https://meseci.com.mx/tips/normas-de-proteccion-contra-incendios-en-los-centros-de-datos-3-niveles-de-proteccion-contra-incendios/>.
- [38] L. ASHRAE, CALIDAD DEL AIRE INTERIOR, REFRIGERACIÓN, SOSTENIBILIDAD Y EFICIENCIA DE LA INDUSTRIA.
- [39] BICSI, GUÍA PARA EL DISEÑO DE CENTROS DE DATOS..
- [40] ICREA, GUÍA PARA EL DISEÑO DE CENTROS DE DATOS..
- [41] UNE, UNE-50600: GUÍA PARA EL DISEÑO DE CENTROS DE DATOS..
- [42] V. Avelar, «Informe interno 3 Cálculo del requisito total de potencia para los centros de datos,» APC.

## Referencias

- [43] INTECO, «PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA REFORMA Y ACONDICIONAMIENTO DEL CPD INTECO (LEON). LOTE 1,» INTECO, LEÓN, 2014.
- [44] Andrés, «Electricaplica,» [En línea]. Available: <https://www.electricaplicada.com/disenio-electrico-data-center-eficiencia-energetica/>.
- [45] H. G. PE, Manual del centro de datos : planificación, diseño, construcción y operaciones de un centro de datos inteligente , segunda edición., Hwaiyu Geng PE, 2021.
- [46] INECO, «ANEXOS CUADRO DE CARACTERISTICAS PARA LA CONTRATACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE DOS CPDS (CENTROS DE PROCESO DE DATOS),» INECO.
- [47] A. D. A. DEL, «MEMORIA TÉCNICA NUEVO CENTRO DE PROCESO DE DATOS DEL AYTO. DE ARGANDA DEL REY.,» AYUNTAMIENTO DE ARGANDA DEL REY.
- [48] R. E. Solutions, «Todo Sobre SAI: Fiabilidad y Rendimiento,» Renobat Energy Solutions, 2020.
- [49] N. Rasmussen, «Documento técnico nº 1: Distintos tipos de SAI,» APC.
- [50] M. Z. Víctor Avelar, «Libro blanco 1. Los diferentes tipos de UPS. Sistemas,» Schneider Electric.
- [51] K. McCarthy, «Documento técnico nº 75 Comparación de configuraciones de diseño de sistemas SAI,» APC .
- [52] C. Cottuli, «Libro Blanco 92. Comparación de estática y SAI rotativo,» APC.
- [53] S. Fairfax, «Libro Blanco 109. Análisis de Confiabilidad del APC. Sistema de energía Symmetra MW,» Schneider Electric.



## Referencias

- [54] Gesab, «Gesab,» [En línea]. Available: <https://gesab.com/noticias/ups-dinamicas-vs-ups-estaticas/>.
- [55] R. Alonso, «ZONA TEAM GROUP,» 17 07 2021. [En línea]. Available: <https://hardzone.es/tutoriales/componentes/como-funciona-sai/>.
- [56] ENERGY.VM, «ENERGY.VM,» 28 09 2021. [En línea]. Available: <https://www.energyavm.es/que-es-un-grupo-electrogeno-y-para-que-sirve/>.
- [57] Grupel, «Grupel,» [En línea]. Available: <https://grupel.eu/es/faqs/que-es-un-grupo-electrogeno>.
- [58] Sinelec, «Sinelec,» [En línea]. Available: <https://blog.gruposinelec.com/actualidad/grupos-electrogenos-tipos-y-caracteristicas/>.
- [59] pramac, «pramac,» [En línea]. Available: [https://www.pramac.com/es\\_ES/aboutstationarygenerators](https://www.pramac.com/es_ES/aboutstationarygenerators).
- [60] S. Electric, PT-004. Centros de Transformación MT/BT, Barcelona, 2000, pp. 14-43.
- [61] INECO, «ANEXOS CUADRO DE CARACTERISTICAS PARA LA CONTRATACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE DOS CPDS (CENTROS DE PROCESO DE DATOS),» INECO.
- [62] N. R. y. W. Torell, «Libro Blanco 129. Comparación de la energía del centro de datos. Arquitecturas de distribución,» Schneider Electric.
- [63] faradayos, «faradayos,» [En línea]. Available: <https://www.faradayos.info/2014/01/colores-cables-electricos-normas.html>.
- [64] A. D. A. D. R. REY, «MEMORIA TÉCNICA NUEVO CENTRO DE PROCESO DE DATOS DEL AYTO. DE ARGANDA DEL REY.,» AYUNTAMIENTO DE ARGANDA DEL REY.

## Referencias

- [65] R. L. Sawyer, «Libro Blanco 108. Fabricación de grandes sistemas SAI. Más eficiente,» Schneider Electric.
- [66] Rasmussen, «Libro Blanco 128. Alimentación de CA de alta eficiencia. Distribución para Centros de Datos,» Schneider Electric.
- [67] G. INMESOL, «CATÁLOGO DE CUADROS AUTOMÁTICOS Y DE CONMUTACIÓN\*,» GRUPO INMESOL.
- [68] ATS021, «Doc. N.º1SDH000759R0005 - L5785,» ABB.
- [69] APC, «Informe interno N° 64. Tecnologías alternativas para generación de energía en centros de datos y salas de gestión de redes,» APC.
- [70] N. Rasmussen, «White Paper 154 Medición de la eficiencia eléctrica,» APC.
- [71] Rasmussen, «Libro blanco 113 Modelado de eficiencia eléctrica para centro de datos,» Schneider Electric.
- [72] M. A. Parera, «Guía práctica 6. Evaluación económica,» Barcelona, 2009.
- [73] S. M. y. J.-F. Christin, «Libro blanco 65. Comparación de baterías de centros de datos, Volantes y ultracondensadores,» APC.
- [74] M. Lafoz, «UTILIZACIÓN DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA BASADO EN VOLANTES DE INERCIA PARA LA GESTIÓN ENERGÉTICA DE MICROREDES,» CIEMAT, MADRID.
- [75] REE, «Estabilizador de frecuencia y tensión basado en el volante de inercia. Proyecto de I+D+i,» LANZAROTE, 2014.



# APÉNDICE

## OBJETIVOS

El objetivo es detallar de forma resumida los elementos de un SAI estático, explicar los parámetros que nos ayudan a seleccionarla, los modos de funcionamiento y las características de las configuraciones. Así como las descripciones y características de las diferentes fuentes de almacenamiento de energía que pueden emplear.

### A1. SISTEMAS SAI ESTÁTICAS

Un SAI se compone generalmente de los siguientes elementos:

- **Rectificador:** Este elemento es el encargado de realizar la conversión de CA a CC que es la que permitirá la carga de las baterías.
- **Regulador:** El regulador, como su propio nombre indica, tiene la función de regular la tensión de carga de las baterías impidiendo que se carguen a tensiones superiores a las permitidas.
- **Filtro de armónicos:** Su tarea es la de filtrar todos los armónicos provenientes de la red eléctrica los cuales pueden provocar sobrecargas en los conductores neutros, disparos de los interruptores diferenciales, calentamiento anormal de transformadores, etc.
- **Inversor:** Es el dispositivo que permite la conversión de CC proveniente de las baterías en CA y que será la tensión que suministre a los equipos conectados a través del mismo.
- **Baterías:** Son las encargadas de almacenar la CC, las cuales suelen poseer una tensión nominal de 12V y cuya capacidad en Amperios-Hora (Ah) vendrá en función del consumo de la carga y del tiempo de duración del suministro.
- **Bypass:** El bypass se caracteriza por ser un selector, el cual permite que a la carga le suministre la tensión el inversor o, bien, directamente desde la red eléctrica. El bypass se suele emplear para realizar tareas de mantenimiento en el SAI y evitar que la carga se quede sin tensión de alimentación o cuando se produce

cualquier tipo de problemas en el SAI (fallos en el rectificador, inversor, etc.).

**Hay varios parámetros que caracterizan el rendimiento de salida de los SAI:**

**a) La Tensión de Entrada (AAA)**

El primer parámetro que determina el rendimiento de salida del SAI es la dependencia con la tensión de entrada (es decir, cómo la tensión de salida de la SAI depende de la calidad de la tensión de entrada).

La tensión de entrada de las SAI puede caracterizar el rendimiento de su salida en función:

- De si éste depende de la tensión y la frecuencia (VFD),
- De si es independiente de la tensión (VI) y,
- De si es independiente de la tensión y la frecuencia (VFI).

Cada clase tiene diferentes capacidades para resolver problemas de energía como interrupciones de energía, caídas y subidas de tensión, etc.

**b) Forma de Onda de Tensión de Salida (BB)**

Otro parámetro a determinar del SAI es la forma de onda de la tensión de salida en modo normal de funcionamiento (es decir, cuando funciona con energía de la red convencional) y en modo de energía almacenada (es decir, cuando funciona con energía de batería). Hay tres formas de onda de la tensión de salida:

- Onda sinusoidal con la tasa de distorsión armónica (THD) baja indicada por S,
- Onda sinusoidal con THD media indicada por X y,
- Onda no sinusoidal (por ejemplo, escalonada o cuadrada) indicada por Y.

Las dos formas de ondas comunes son sinusoidales (S) y no sinusoidales (Y).

**c) Rendimiento de Salida Dinámica (CC)**

Otro parámetro a determinar del SAI es el rendimiento de salida dinámica que describe las variaciones de tensión de salida que se producen durante los cambios en el modo de funcionamiento (es decir, cuando se transfiere entre normal, derivación, y modos de funcionamiento de energía almacenada) y con la aplicación o eliminación de carga. Hay tres formas de determinar las variaciones de tensión:

- Sin interrupción del SAI con regulación de tensión de  $\pm 20\%$  en  $< 10$  ms,
- Hasta 1 ms de interrupción de la SAI con  $\pm 20\%$  de regulación de tensión en  $< 10$  ms,
- Hasta 10 ms de interrupción de la SAI con regulación de tensión  $+ 10\%$ ,  $- 20\%$  en  $< 100$  ms.

En resumen, el rendimiento de salida de un SAI se puede determinar en función de tres parámetros: dependiendo de la tensión de entrada (AAA), de la forma de onda de la tensión de salida (BB) y del rendimiento de salida dinámico (CC).

**Otros parámetros que ayudan a especificar a un SAI pueden ser:**

**d) Potencia Activa y Potencia Aparente**

La potencia aparente (S) de una SAI se especifica en voltios-amperios (VA) o kilovoltios-amperios (kVA). Esta potencia será la útil cuando el Factor de Potencia (FP) sea igual a 1. Se define como el producto de la tensión por la Intensidad:

$$S = V * I$$

La potencia activa (P) se expresa en vatios (W) o kilovatios (kW) y se define como:

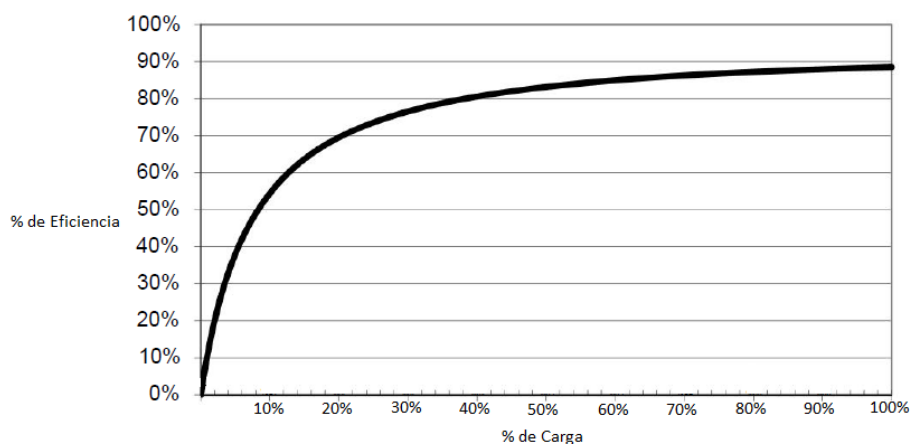
$$P = S * FP$$

El valor nominal en VA es siempre igual o superior al valor nominal en W. La relación entre el valor nominal en vatios y el valor nominal en

voltamperios se denomina factor de potencia. Los sistemas SAI tienen un valor nominal máximo en vatios y en voltamperios.

#### e) Curva de Eficiencia

La curva de eficiencia muestra la relación entre la potencia de entrada y la potencia de salida en función del nivel de carga (Figura A1.1).



**Figura A1.1: Curva de eficiencia de una SAI.**

Referencia: Libro Blanco 108. Fabricación de grandes sistemas SAI. Más eficiente.

Podemos observar que cuanto mayor sea la carga crítica TI que alimenta el SAI mayor será su eficiencia.

#### f) Pérdida Sin Sarga

Con una carga del 0% toda la potencia de entrada es utilizada por la SAI. Además de la pérdida sin carga, existen otras pérdidas que afectan la eficiencia de una SAI:

- **Pérdidas proporcionales:** a medida que aumenta la carga una mayor cantidad de energía debe ser empleada por diversos componentes de la SAI.
- **Pérdidas de ley cuadrática:** a medida que aumenta la carga, aumenta la corriente eléctrica que circula por sus componentes. La pérdida en potencia disipada en forma de calor es proporcional al cuadrado de la corriente.



### **g) Tiempo de Autonomía y el Presupuesto**

Es el tiempo en que la SAI puede seguir alimentando la carga tras un corte del suministro eléctrico.

**También es un factor muy importante el tiempo de transferencia de la SAI.**

### **¿QUÉ ES EL TIEMPO DE TRANSFERENCIA?**

La definición de tiempo de transferencia, a veces también llamado tiempo de conmutación, dice que es el tiempo que un SAI tarda en cambiar de la red convencional al suministro de batería durante un fallo de red, o de la batería a la red convencional cuando se restablezca el suministro normal. Es decir, cuando falla la fuente de alimentación principal la SAI deberá cambiar a modo de batería para proporcionar suficiente energía y garantizar el buen funcionamiento del equipo adjunto. La duración del tiempo de transferencia varía dependiendo del sistema SAI conectado. Sin embargo, siempre debe ser más corto que el tiempo de espera del equipo que alimenta.

El tiempo de espera es la cantidad de tiempo que su equipo puede mantener un voltaje de salida constante durante una escasez de energía eléctrica. Una buena estructura de la SAI ayudará a reducir este tiempo de transferencia. [\[45, pp. 483-513\]](#), [\[16, pp. 28-29\]](#), [\[50\]](#), [\[48\]](#), [\[49\]](#)

## **A2. TOPOLOGÍA INTERNA DE LAS SAI**

Hay una variedad de tipos de SAI estáticas disponibles en el mercado y cada una tiene distintas características de rendimiento. Los tipos más comunes son los siguientes:

1. En espera.
2. Línea interactiva.
3. Doble conversión en línea.
4. Conversión delta en línea.
5. Conversión híbrida en línea.

Hay tres modos comunes de funcionamiento de las SAI:

- **Modo normal:** la SAI alimenta la carga utilizando la fuente de alimentación de entrada de CA y el dispositivo de almacenamiento de energía (por ejemplo, batería, volante, etc.) está conectado y se está cargando o completamente cargado.
- **Modo normal de alta eficiencia:** la SAI alimenta la carga directamente desde la fuente de alimentación de entrada de CA, con el fin de aumentar la eficiencia. El dispositivo de almacenamiento de energía está conectado y se está cargando o completamente cargado. Los ejemplos de modos de alta eficiencia incluyen el modo normal de derivación y el modo normal de derivación con factor de potencia corregido (PFC).
- **Modo de energía almacenada:** la SAI alimenta la carga con alimentación de CC del dispositivo de almacenamiento de energía porque la fuente de alimentación de entrada de CA está interrumpida o está fuera de los rangos de tensión o frecuencia aceptables.

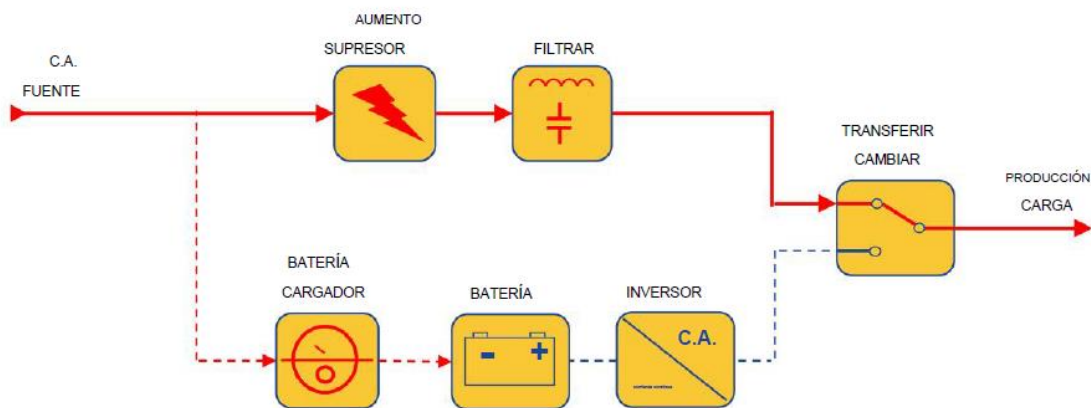
Todos los tipos de SAI tienen un modo normal y un modo de energía almacenada, mientras que sólo algunos tipos ofrecen un modo normal de alta eficiencia.

### **1. SAI en Espera**

Los SAI en espera o de reserva se usan comúnmente para proteger cargas individuales como computadoras de escritorio. Como se muestra en el diagrama de bloques de la Figura A2.1, el interruptor de transferencia está configurado para elegir la entrada de CA como fuente de alimentación (ruta de línea principal) y cambia a la batería u otro tipo de fuente de almacenamiento en caso de que falle la alimentación principal. El inversor solo arranca cuando falla la energía, de ahí el nombre "en espera".

**Características:**

- Carecen de circuitos para regular la tensión y la frecuencia en modo normal de funcionamiento. Por lo tanto, dependen de la tensión y frecuencia de entrada.
- La forma de onda de salida suele ser cuadrada o escalonada.
- Tienen un tiempo de transferencia de casi 10 ms.
- Tienen una alta eficiencia.
- Bajo costo y tamaño pequeño.
- Algunos también brindan supresión de sobretensiones y filtración de ruido eléctrico.



**Figura A2.1: Topología de SAI en espera.**

Referencia; Documento técnico nº 1: Distintos tipos de SAI.

**2. SAI Interactivo en Línea**

Las SAI interactivas en línea se usan comúnmente para proteger pequeñas cantidades de servidores importantes y equipos de red asociados. Como se muestra en el diagrama de bloques de la Figura A2.2, el convertidor de energía de batería a CA6 (inversor) siempre está conectado a la salida del SAI. Operar el inversor en reversa durante los momentos en que la alimentación de CA de entrada es normal proporciona la carga de la batería.

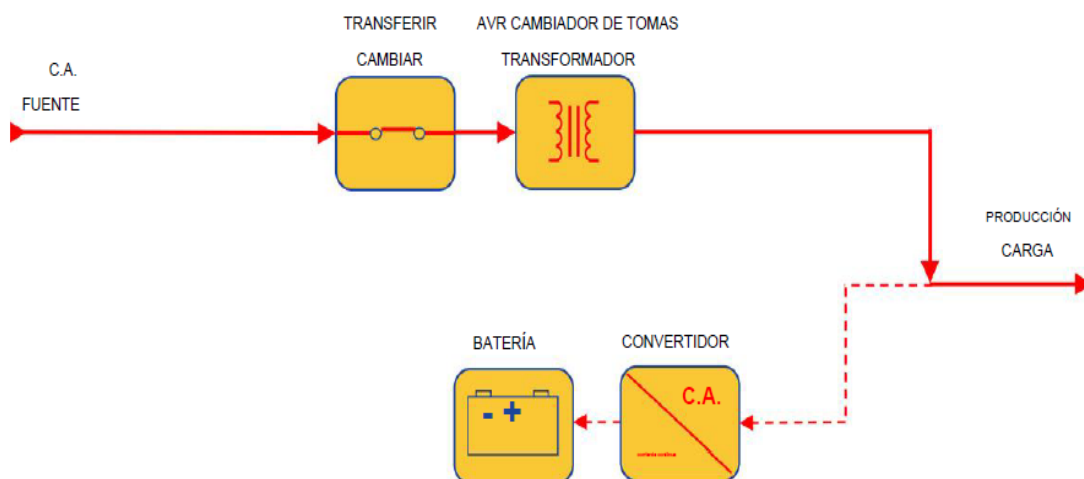
Cuando falla la energía de entrada, el interruptor de transferencia se abre y la energía fluye de la batería a la salida del SAI. Con el inversor siempre encendido y conectado a la salida, este diseño proporciona

filtrado adicional y produce transitorios de conmutación reducidos en comparación con la topología de SAI en espera.

El diseño interactivo de la línea suele incorporar un transformador AVR de cambio de toma. Esto agrega regulación de tensión al ajustar las tomas del transformador a medida que varía la tensión de entrada.

**Características:**

- Es capaz de regular la tensión de entrada, pero no la frecuencia.
- Poseen una alta eficiencia y alta confiabilidad.
- Tienen un rango de potencias de 0.5-5kVA.
- Formas de onda de salida sinusoidales.
- Tienen un tiempo de transferencia de 10 ms.
- Bajo costo y tamaño pequeño, etc.



**Figura A2.2: Topología de SAI interactiva de línea.**

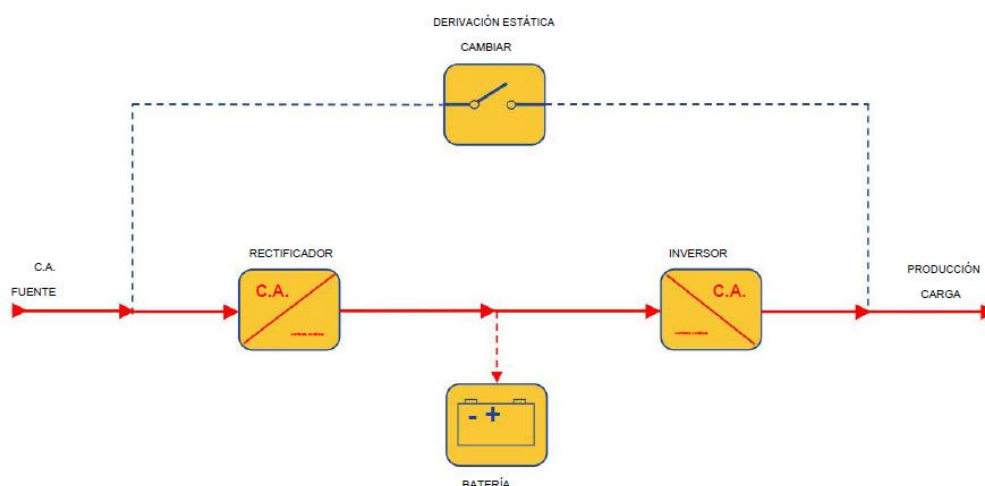
Referencia: Documento técnico nº 1: Distintos tipos de SAI.

**3. SAI en Línea de Doble Conversión**

Los SAI de doble conversión se usan comúnmente para proteger grandes cantidades de servidores críticos y equipos de red y almacenamiento asociados. Mientras que los tipos de SAI en espera e interactivos en línea tienen dos modos de operación (por ejemplo, modo normal y de batería), los SAI de doble conversión a menudo tienen uno o dos modos normales adicionales; un modo normal de derivación de alta eficiencia

y/o una derivación PFC (factor de potencia corregido) de alta eficiencia. A continuación, se explican los modos de funcionamiento de este SAI.

**Modo normal en línea:** el diagrama de bloques del SAI en línea de doble conversión ilustrado en la Figura A2.3 es similar al de un SAI en espera. La diferencia radica en que la ruta de alimentación a la carga es a través del rectificador PFC 7 y el inversor, en lugar de a través de una transferencia del interruptor alimentado desde la fuente de alimentación de entrada de CA. Cuando falla la energía de entrada, el rectificador se apaga y el inversor extrae energía de la batería para alimentar la carga. Debido a que la ruta de alimentación no cambia, no funcionan los interruptores, lo que da como resultado que no se interrumpa la alimentación a la carga (es decir, 0 ms de tiempo de transferencia).

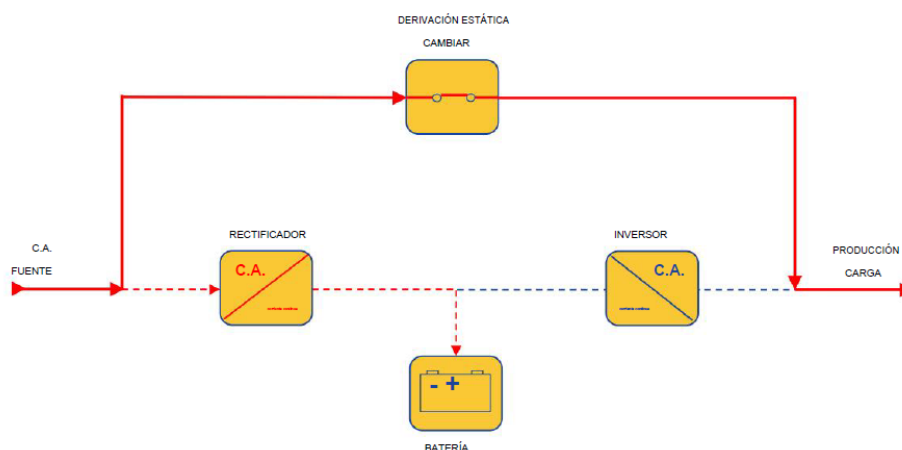


**Figura A2.3: Topología de SAI en línea de doble conversión.**

Referencia; Documento técnico nº 1: Distintos tipos de SAI.

**Modo normal de derivación:** el diagrama de bloques de la Figura A2.4 ilustra que, en el modo de derivación, la ruta de alimentación a la carga es a través del interruptor de derivación estática, el rectificador solo funciona a baja potencia para cargar la batería y el inversor está en modo de espera. Esto mejora la eficiencia del SAI y prolonga su vida útil debido a que reduce el calor y las tensiones de los componentes. Cuando falla la energía el interruptor de derivación estática se abre y el inversor extrae energía de la batería para alimentar la carga.

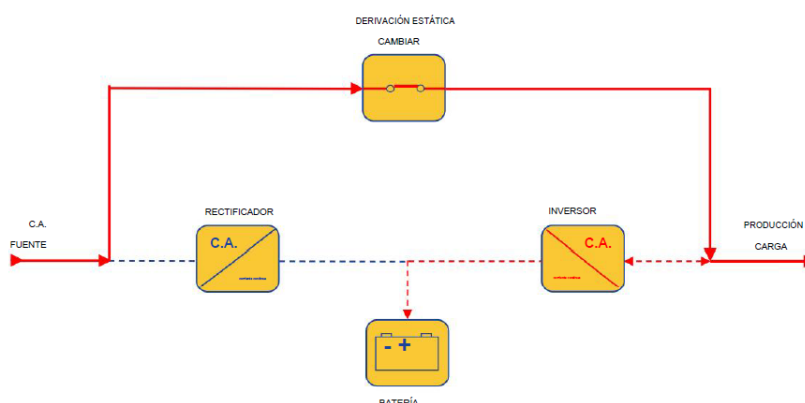
## Apéndice



**Figura A2.4: Topología de SAI en línea de doble conversión en derivación.**

Referencia; Documento técnico nº 1: Distintos tipos de SAI.

**Modo normal de derivación de PFC:** similar al modo normal de derivación estándar, la ruta de alimentación principal en el modo normal de derivación de PFC es a través de la ruta de derivación. Sin embargo, como ilustra el diagrama de bloques de la Figura A2.5, el inversor permanece en línea proporcionando la corriente requerida para garantizar que la fuente de alimentación de entrada de CA vea solo corriente sinusoidal con factor de potencia alto. El modo normal de derivación de PFC elimina los principales inconvenientes del modo normal de derivación estándar al reducir el tiempo de transferencia a 0 ms y proporcionar corriente de entrada de PFC mientras se logra casi la misma eficiencia.



**Figura A2.5: Topología del SAI en línea de doble conversión en modo normal PFC.**

Referencia; Documento técnico nº 1: Distintos tipos de SAI.

**Características:**

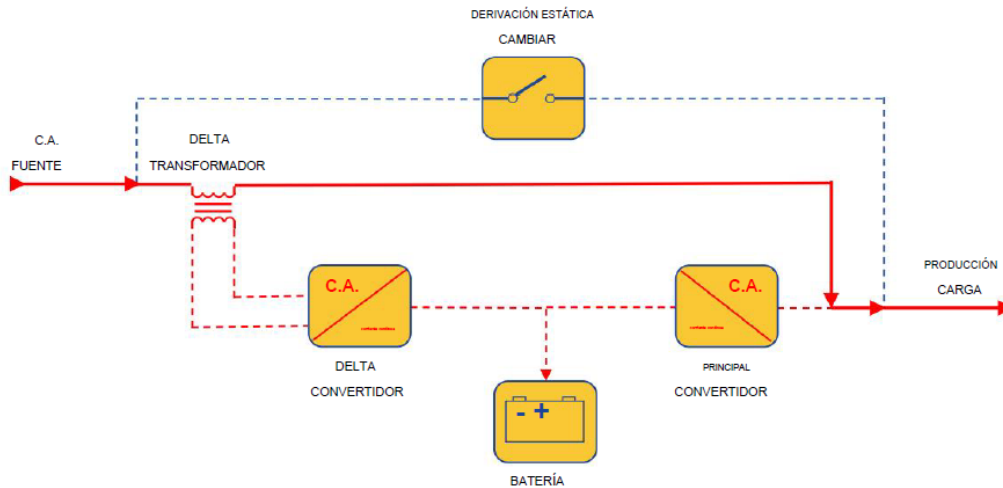
- Tiene tiempo de transferencia de 0 ms.
- Rango de potencias (5 a 5MVA).
- Rendimiento de salida casi perfecto.
- Baja eficiencia por la doble conversión.
- Baja fiabilidad por el desgaste continuo de los componentes eléctricos.
- Elevado costo, etc.

**4. SAI en Línea de Conversión Delta**

La conversión delta es una tecnología madura inventada para proporcionar una mayor eficiencia en línea que la doble conversión. Tiene tres modos de funcionamiento que incluyen el modo normal en línea, el modo normal de derivación y el modo de batería. Similar al diseño on-line de doble conversión, en el sistema de conversión delta el inversor siempre suministra la tensión de la carga. No obstante, el inversor delta adicional también proporciona alimentación a la salida del inversor. En caso de producirse fallos o alteraciones en la CA, este diseño muestra un comportamiento idéntico al sistema de doble conversión. A continuación, vamos a describir cada modo de operación con respecto al flujo de energía.

**Modo normal en línea:** el diagrama de bloques para un SAI en línea de conversión delta en modo normal se ilustra en la figura A2.6, siempre tiene al convertidor principal suministrando tensión a la carga. El convertidor delta adicional también transfiere potencia a la carga. En condiciones de falla o perturbaciones de tensión, este diseño exhibe un comportamiento idéntico a un SAI en línea de doble conversión.

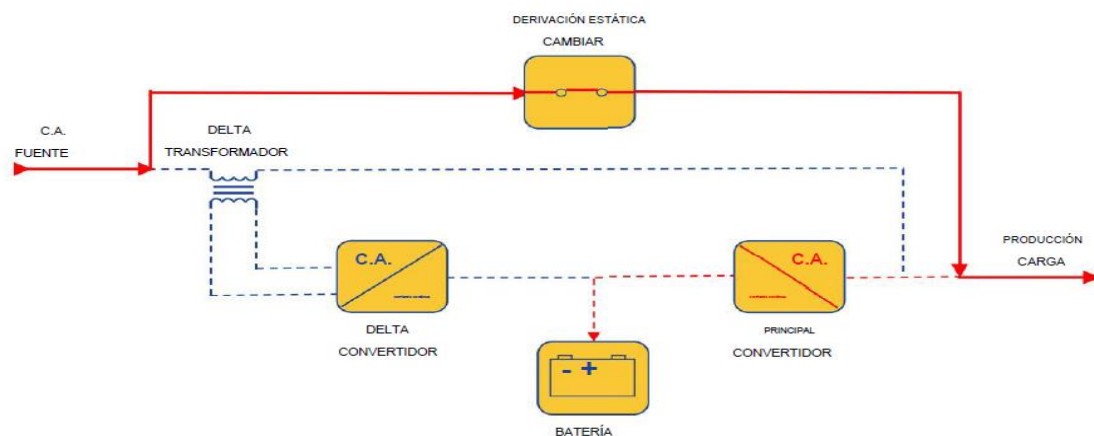
## Apéndice



**Figura A2.6: Topología de SAI de conversión delta en modo normal de funcionamiento.**

Referencia: Documento técnico nº 1: Distintos tipos de SAI.

**Modo normal de derivación:** el diagrama de bloques de la figura A2.7 ilustra que, en el modo normal de derivación, la ruta de energía a la carga es a través del interruptor de derivación estática, el convertidor principal sólo funciona a baja potencia para cargar la batería y el convertidor delta sirve de apoyo. Esto mejora la eficiencia del SAI y prolonga su vida útil debido a la reducción del calor y la fatiga de los componentes. Cuando falla la energía el interruptor de derivación estática se abre y el convertidor principal extrae energía de la batería para alimentar la carga.



**Figura A2.7: Topología del SAI de conversión delta en modo normal de derivación.**

Referencia; Documento técnico nº 1: Distintos tipos de SAI.



**Características:**

- Regular la tensión de entrada.
- Mayor rango de eficiencia a plena carga.
- Rendimiento muy bueno.
- Corrigen el factor de potencia.
- Alta disponibilidad.
- Tiempo de transferencia 0ms.
- Elimina los armónicos.
- Elevado ciclo de vida.
- No corrige la frecuencia de la red.
- Su elevado costo.
- Rango de potencia (5 a 5000 KVA).
- Costes de mantenimientos altos, etc.

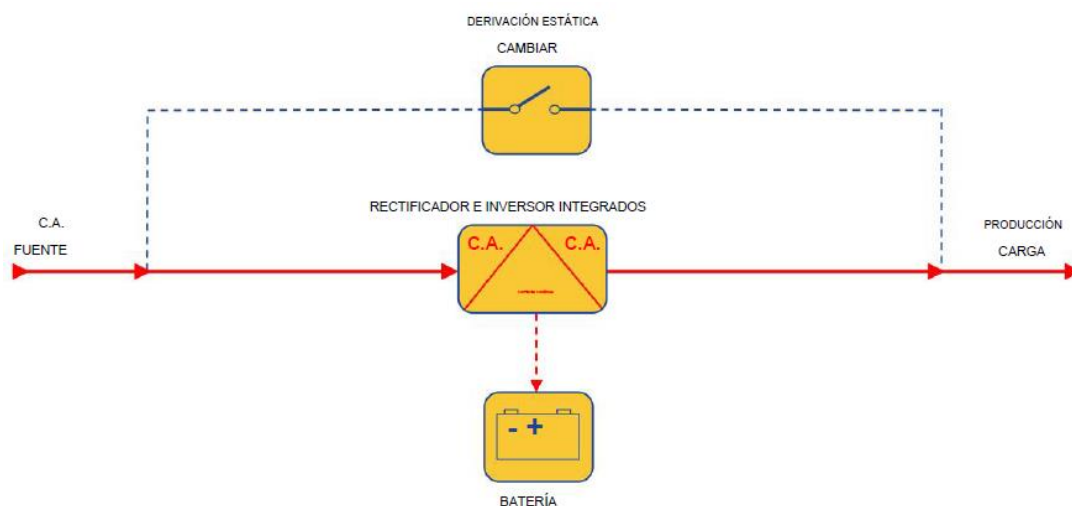
**5. SAI en Línea de Conversión Híbrida**

La conversión híbrida es una tecnología relativamente nueva destinada a proporcionar una mayor densidad que la doble conversión al mismo tiempo que proporciona un rendimiento eléctrico similar. Es ideal para proteger pequeñas cantidades de servidores confidenciales y equipos de red asociados en entornos perimetrales densos. Tiene tres modos de funcionamiento que incluyen el modo normal en línea, el modo normal de derivación y el modo de batería. A continuación, vamos a describir sus modos de funcionamientos con respecto al flujo de energía.

**Modo normal en línea:** el diagrama de bloques de conversión híbrido ilustrado en la Figura A2.8 es similar a un SAI en línea de doble conversión, con la salvedad de que la ruta de energía a la carga fluye a través de un convertidor híbrido (es decir, inversor y rectificador, integrados) en lugar de un rectificador e inversor separados. Este diseño integrado proporciona regulación de tensión y compensa la capacidad de regulación de frecuencia gracias a la cantidad reducida de componentes.

Cuando falla la energía de entrada la parte del rectificador del convertidor híbrido se apaga y el inversor extrae energía de la batería para alimentar la carga. Debido a que la ruta de alimentación no cambia no funcionan los interruptores, lo que da como resultado que no se interrumpa la alimentación a la carga (es decir, 0 ms de tiempo de transferencia).

Excepto por la falta de regulación de frecuencia, un SAI de conversión híbrido que funcione en el modo normal en línea proporciona un rendimiento de salida eléctrica casi ideal. Extrae corriente sinusoidal de la fuente de alimentación de entrada de CA y proporciona baja distorsión, amplitud nominal y tensión sinusoidal a la carga.

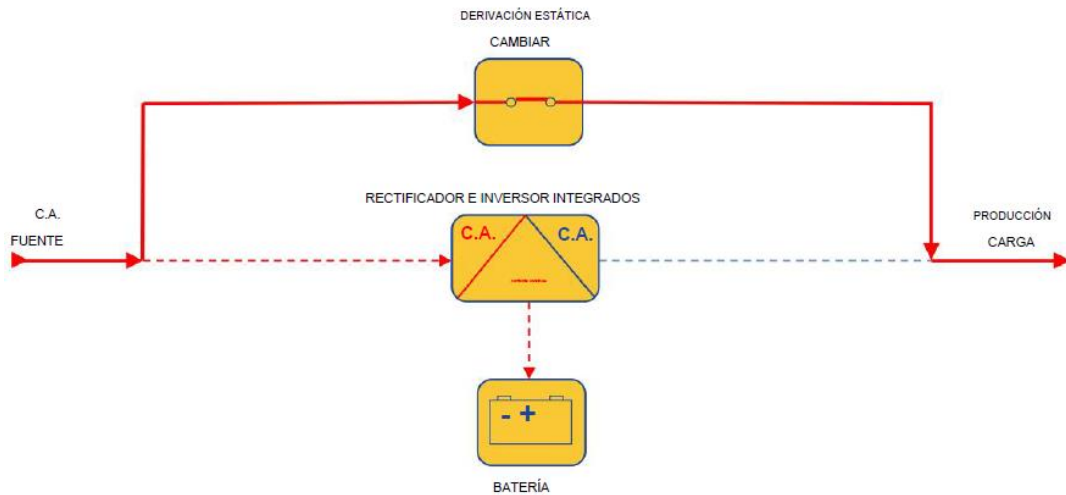


**Figura A2.8: Topología del SAI de conversión Híbrida en modo normal de funcionamiento.**

Referencia; Documento técnico nº 1: Distintos tipos de SAI.

**Modo normal de derivación:** el diagrama de bloques en la Figura A2.9 ilustra que, en el modo normal de derivación, la ruta de alimentación a la carga es a través del interruptor de derivación estática, la parte del rectificador del convertidor híbrido solo funciona a baja potencia para cargar la batería y mantener el inversor listo para alimentar la carga. Esto mejora la eficiencia del SAI y prolonga su vida útil debido a la reducción del calor y la fatiga de los componentes.

Cuando falla la energía el interruptor de derivación estática se abre y el inversor extrae energía de la batería para alimentar la carga.



**Figura A2.9: Topología del SAI de conversión híbrida en modo normal de derivación.**

Referencia; Documento técnico nº 1: Distintos tipos de SAI.

**Características:**

- Regulación del voltaje.
- Elevada eficiencia.
- Alto rendimiento.
- Rango de potencia (1 a 3kVA).
- Elevado Coste.
- No regula la frecuencia.
- Tiempo de transferencia <10 ms.
- No corrige el factor de potencia (PF), etc.

Cada tipo de SAI tiene sus ventajas y beneficios, en la siguiente tabla se ilustra una comparativa de los SAI. [52], [49], [50]

## Apéndice

Tipo de SAI	Comercialmente disponible productos	Beneficios	Limitaciones	hallazgos de APC
Apoyar	APC Back-UPS	Bajo costo, muy alta eficiencia, tamaño compacto	Funciona con batería durante caídas de tensión, poco práctico por encima de 2 kVA	El mejor valor para computadoras personales
Línea interactiva	APC Back-UPS Pro, SAI inteligente de APC	Alta confiabilidad, muy alta eficiencia, AVR permite el funcionamiento en modo normal en un amplio voltaje de entrada rango	Poco práctico sobre 5kVA	El tipo de UPS más popular que existe debido a alta confiabilidad, ideal para rack o distribuido servidores
Doble conversión en línea	APC Smart-UPS en línea, Galaxia, Easy UPS trifásico, Gutor PXC, PXP, PXW	Excelente acondicionamiento de voltaje, facilidad de conexión en paralelo, modos de alta eficiencia disponibles	Caro por debajo de 5kVA	Estándar de la industria para aplicaciones de misión crítica, muy adecuado para diseños redundantes
Conversión delta en línea	Symetra MW	Excelente acondicionamiento de voltaje, alta eficiencia	Poco práctico por debajo de 5kVA	La alta eficiencia reduce el costo de por vida de energía en grandes instalaciones
Conversión híbrida en línea	Unidad Smart-UPS Ultra de APC	Excelente acondicionamiento de voltaje, alta densidad de potencia, tiempo de transferencia de 0 ms, PFC, modo de alta eficiencia disponible	Poco práctico sobre 5kVA	Alta densidad de potencia reduce el espacio del estante requisito, excelente compatibilidad de carga y protección

**Tabla A2.1: Comparativa de las SAI.**

Referencia; Documento técnico n° 1: Distintos tipos de SAI.

### A3. FUENTES DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

En este apartado vamos a intentar simplificar el análisis de las alternativas de almacenamiento de energía proporcionando una comparación relativa de las tecnologías de almacenamiento de energía convencionales y emergentes.

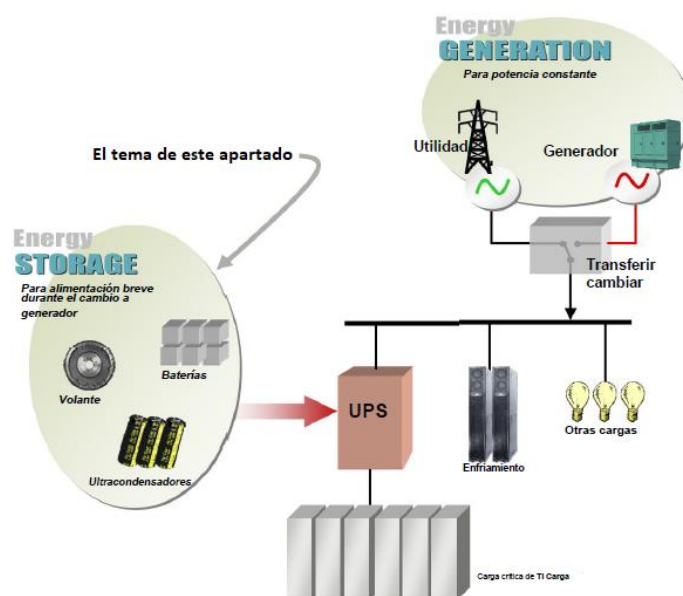
El almacenamiento de energía complementa la disponibilidad general del CPD al proporcionar una fuente de energía potencial almacenada en caso de interrupción del flujo eléctrico convencional. El almacenamiento de energía aborda los desafíos de un cambio rápido a una fuente de energía alternativa cuando ocurre una perturbación de energía y la entrega estable de energía a la carga hasta que se resuelva la perturbación.

El sistema de energía almacenada de un CPD debe demostrar las siguientes características:

- Disponibilidad instantánea del suministro de energía para la carga crítica a través del SAI en caso de variaciones en la tensión, fallas completas de los servicios públicos o cualquier otra perturbación

de energía que requiera un cambio a una fuente de energía de respaldo.

- Dimensionamiento adecuado para suministrar la carga crítica que normalmente es compatible con la empresa de servicios públicos a través de la SAI.
- Tiempo de operación suficiente para que la energía de respaldo entre en línea (típicamente el tiempo requerido para que un generador se ponga en marcha).



**Figura A3.1: Almacenamiento de energía en la ruta de alimentación.**

Referencia: Libro blanco 65. Comparación de baterías de centros de datos, Volantes y ultracondensadores.

Las principales fuentes de almacenamiento empleadas por los SAI son:

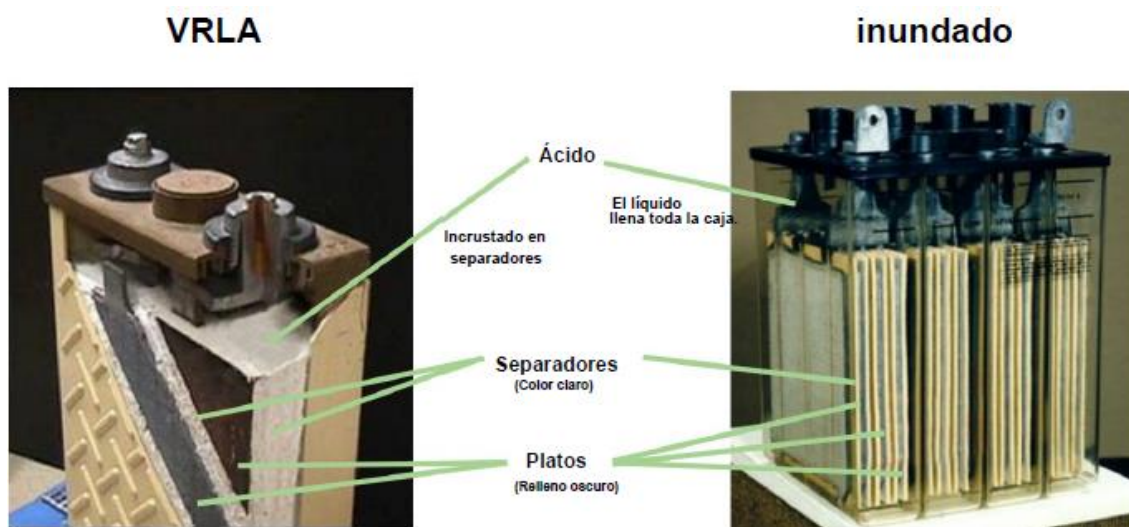
### 1. BATERÍAS

Una batería es un dispositivo electroquímico que almacena energía y luego la suministra como electricidad a un circuito de carga. Las baterías normalmente se organizan en cadenas y se pueden conectar en serie, en paralelo o en una combinación de ambas para proporcionar la tensión y la corriente de funcionamiento requeridas.

La mayoría de las SAI disponibles en la actualidad están configurados con una arquitectura de cadena de baterías en paralelo. De tal forma que, si

un cable falla el otro continuaría soportando la carga.

Los sistemas de baterías son fuentes de energía almacenada capaces de soportar una carga crítica durante minutos u horas (figura A3.2). El tiempo de ejecución (la potencia transferida) se puede aumentar agregando más cadenas de baterías. Los sistemas de baterías pueden ser la fuente principal de energía de respaldo, pero generalmente soportan la carga hasta que haya disponible una fuente de energía alternativa (como un generador de respaldo).



**Figura A3.2: Baterías típicas de plomo-ácido.**

Referencia: Libro blanco 65. Comparación de baterías de centros de datos, Volantes y ultracondensadores.

Las baterías a menudo se instalan en gabinetes junto a un SAI, pero también se pueden configurar en bastidores o estantes en salas de baterías dedicadas. Las baterías más comúnmente asociadas con las SAI son baterías selladas de plomo-ácido reguladas por válvula (VRLA) montadas en el SAI o en uno o más gabinetes adjuntos. De las baterías descritas en la Tabla A3.1, algunas tienen numerosas subcategorías de tipos de baterías. Las baterías de litio, por ejemplo, están disponibles en variedades, como iones de litio y polímeros de litio.

## Apéndice

	Ácido de plomo inundado / ventilado	Plomo-ácido regulado por válvula	Níquel Cadmio	iones de litio	Ni-MH
Impacto medioambiental	El plomo y el ácido deben eliminarse de forma segura El electrolito debe estar contenido	Mosto de plomo y ácido desecharse de forma segura Resistente a derrames	Considerado incluso más tóxico que el plomo ácido. Se requiere una eliminación altamente controlada.	Considerado menos tóxico que el plomo/ácido o el níquel cadmio	no tóxico
Costo actual (en relación con otras baterías)	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Moderado
Tendencia de costos	Al alza (precios de plomo)	Al alza (precios de plomo)	A la baja (proyectado un 50% más bajo para 2010)	Hacia abajo (proyectado 40% más bajo para 2010)	Hacia abajo
Descarga / Recarga Características	Descarga rápida / recarga más lenta	Descarga rápida / recarga más lenta	Descarga rápida / recarga rápida	Descarga rápida / recarga rápida	Descarga rápida / recarga rápida
Energía gravimétrica Densidad * (Wh/kg)	30-40	15 - 40	35 - 55	90 - 200	43 - 70
Energía volumétrica Densidad** (Wh/L)	60-80	55-80	30 - 150	230 - 500	83 - 170
Potencia gravimétrica Densidad*** (W/kg)	180 - 200	75 - 415	50 - 150	750 - 1260	250 - 1100
Rendimiento de campo amplio Historia	Más de 100 años	20 años	15 - 20 años	Menos de 5 años	Menos de 5 años
Rango de esperanza de vida	15 - 20 años	3 - 10 años	10 años	6-20 años	5 a 15 años
Temperatura de funcionamiento Distancia	60°F a 77°F (15°C a 25°C)	60°F a 77°F (15°C a 25°C)	-4°F a 140°F (-20°C a 60°C)	-40 °F a 140 °F (-40°C a 60°C)	-4°F a 140°F (-20°C a 60°C)

**Tabla A3.1: Comparativa de tipos de baterías.**

Referencia: Libro blanco 65. Comparación de baterías de centros de datos, Volantes y ultracondensadores.

En los CPD las baterías VRLA son el tipo más común de batería de plomo-ácido. Las baterías de plomo-ácido inundadas casi siempre se ubican en salas de baterías separadas, aisladas de las cargas que soportan y, a menudo, se usan en aplicaciones de SAI por encima de 500 kW. Debido a que el electrolito dentro de las baterías inundadas está abierto al aire. Las baterías de plomo-ácido inundadas están sujetas a regulaciones ambientales más estrictas.

## 2. VOLANTES DE INERCIA

Los volantes de inercias son equipos mecánicos giratorios reversibles que convierten la energía eléctrica en cinética y viceversa, la almacenan y, posteriormente, la devuelven a la red como energía eléctrica. Su función principal es la de proporcionar un aporte extra de energía al sistema en las situaciones de desequilibrio del mismo.

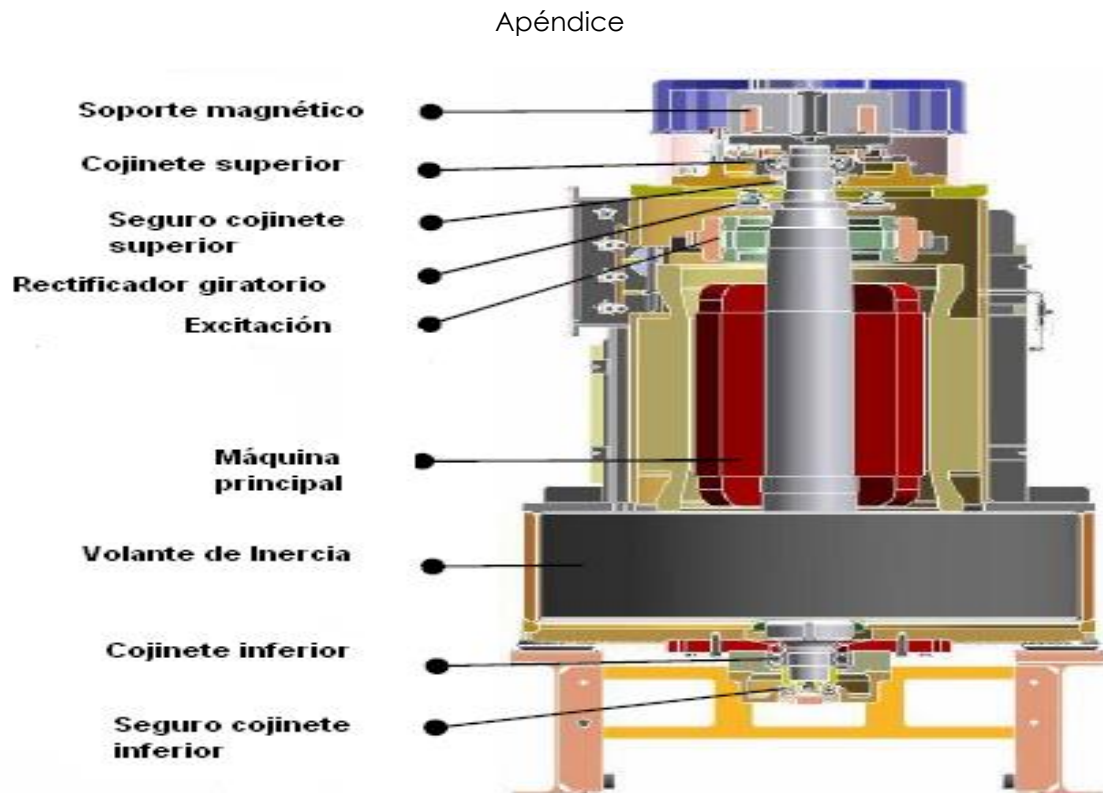
Durante el funcionamiento normal, la energía eléctrica a través de un motor hace girar el disco rápidamente. Cuando ocurre un corte de energía el disco continúa girando por sí solo generando energía de CC que un SAI puede usar como fuente de energía de emergencia. A medida que la SAI consume esa energía el disco pierde impulso gradualmente produciendo cada vez menos energía hasta que finalmente deja de moverse por completo. Debido al costo y al requisito de poner en paralelo múltiples volantes para tiempos de ejecución más prolongados, la mayoría se implementa con un tiempo de respaldo de 8 a 15 segundos a plena carga a aproximadamente un minuto como máximo, siendo el tiempo medio de 30 segundos.

Se componen de un eje central que mueve un rotor y un volante de inercia. Almacenan la energía de CC de forma cinética mediante la aceleración del rotor y del volante a una velocidad muy alta y la liberan al invertir el proceso de carga, empleando el motor como generador.

Los sistemas modernos de volantes están compuestos por un cilindro de gran rotación con cojinetes de levitación magnética que eliminan el desgaste y prolongan la vida útil del sistema.

La figura A3.3 ilustra las partes de un volante de inercia.





**Figura A3.3: Partes de un volante de inercia.**

Referencia: Estabilizador de frecuencia y tensión basado en el volante de inercia. Proyecto de I+D+i (REE).

**Ventajas de un volante de inercia:**

- ✓ Larga vida útil (millones de ciclos de carga y descarga).
- ✓ Corto tiempo de respuesta (ms).
- ✓ Elevadas rampas de potencia.
- ✓ Alta eficiencia energética.
- ✓ Tienen una ventaja de densidad de energía sobre las baterías cuando el tiempo de ejecución es inferior a un minuto.
- ✓ Recarga rápida tras uso.
- ✓ Idóneo para aplicaciones con una potencia superior a 50kW.

**Desventajas:**

- Capacidad de almacenamiento reducida.
- Ratio de autodescarga considerable (se puede descargar en un día si no se compensan las ineficacias del sistema).
- Alto Costo de mantenimiento.

- Tiempo de funcionamiento corto que se traduce en tiempos de funcionamiento del generador más prolongados.
- Los volantes funcionan con la ayuda de un conjunto complejo de controles múltiples que representan posibles puntos únicos de fallo.
- Complejidad de la instalación.
- Pérdidas de eficiencia para mantener la rotación del volante (durante el funcionamiento normal).

Un volante de inercia puede aportar a un sistema eléctrico los siguientes beneficios:

- ✓ Mejorar la estabilidad de la frecuencia del sistema y, eventualmente, el control de la tensión. En el caso de que la producción de energía y la demanda no coincidiesen y se generase un desequilibrio en la frecuencia, el volante podría dar el aporte necesario para equilibrar la frecuencia y que no afectase a la calidad del suministro.
- ✓ Minimizar el impacto de la falta de inercia en los sistemas eléctricos pequeños y aislados mediante una solución de estabilización a posibles desequilibrios de frecuencia y tensión.
- ✓ Ayudar a la integración de las energías renovables en los sistemas de potencia mejorando su estabilidad y favoreciendo su eficiencia. Las características de respuesta rápida de los volantes de inercia, los hacen adecuados en aplicaciones que incluyen a las energías renovables para estabilizar la frecuencia de la red eléctrica (regulación). Las oscilaciones de energía debidas a las fuentes solares y eólicas, se compensan almacenando la energía durante los períodos de alta productividad y ésta es devuelta a la red eléctrica cuando es solicitada. Los volantes de inercia pueden ser utilizados para rectificar las oscilaciones del viento y para mejorar la frecuencia de la red eléctrica; mientras que, en sistemas

solares pueden ser integrados con las baterías para mejorar la salida de energía del sistema y alargar la vida útil de las baterías.

El almacenamiento de energía cinética en sistemas mecánicos giratorios tales como volantes, es atractivo donde la absorción y liberación muy rápida de la energía almacenada es crítica. Sin embargo, la recarga rápida puede requerir alta potencia para alimentar tanto al SAI como al volante simultáneamente. Existen pocas aplicaciones donde la consideración principal es la capacidad de alta potencia y los ciclos de carga cortos. Cuando no se requiere una recarga rápida, los volantes normalmente se cargan al 10% de la potencia nominal de salida, que es comparable a los sistemas SAI respaldados por batería.

### **3. SUPERCONDENSADORES**

Un condensador es un elemento de un circuito eléctrico que se utiliza para almacenar una carga eléctrica temporalmente. En general, consta de dos placas metálicas separadas y aisladas entre sí por un material no conductor como el vidrio o la porcelana.

Un Supercondensador (también conocido como Ultracondensador) es un condensador electroquímico de doble capa que puede almacenar miles de veces más energía que un condensador común. Comparte características con las baterías y con los capacitores convencionales y, tiene una densidad de energía (la relación entre la producción de energía y su peso) que se acerca al 20% de una batería. En otras palabras, una batería tendría que ser un 80% más pesada que el Supercondensador para producir la salida de energía equivalente. Esto significa que un Supercondensador podría ser un reemplazo de batería adecuado en situaciones en las que no se requiere un tiempo de funcionamiento prolongado. Por ejemplo, considere una aplicación en un entorno donde las interrupciones frecuentes duran menos de dos minutos.

En tal entorno, el deterioro de la batería es excesivo debido a la alta frecuencia de las interrupciones. En este caso, un SAI con 40 minutos de

tiempo de funcionamiento de la batería podría reemplazarse con un SAI de un Supercondensador que proporcione aproximadamente dos minutos de tiempo de funcionamiento. Esto daría como resultado un sistema de almacenamiento de energía altamente confiable que requeriría poco o ningún mantenimiento.

El Supercondensador también sería una solución donde las temperaturas ambientales dificultan mantener las baterías dentro del rango operativo recomendado sin comprometer la capacidad y la vida útil de la misma. Los Supercondensadores son más seguros para el medio ambiente ya que contienen menos materiales peligrosos. Sin embargo, si se quema un Supercondensador se liberarían a la atmósfera gases tóxicos y corrosivos del interior del electrolito.

**Ventajas de los Supercondensadores:**

- ✓ Puede procesar una gran cantidad de ciclos de carga y descarga sin sufrir desgaste.
- ✓ Pueden operar de manera satisfactoria en una amplia gama de temperaturas.
- ✓ Relativamente pequeño en tamaño y peso para tiempos de descarga cortos (segundos).

**Desventajas:**

- Alto costo para tiempos de ejecución más largos (minutos a horas).
- Solo puede almacenar pequeñas cantidades de energía (tiempos de ejecución cortos).
- Historial muy corto en entornos de centros de datos (menos de 10 años): sin datos de rendimiento extendidos.

La selección de un sistema de almacenamiento adecuado requiere del conocimiento de los requisitos de la instalación que queremos alimentar (es decir, la capacidad del sistema de almacenamiento, la tecnología, la rapidez de carga y descarga del sistema, la disponibilidad, la eficiencia, la calidad del suministro, etc.). [\[73\]](#), [\[48\]](#), [\[74\]](#), [\[75\]](#)

Conocer las características de la fuente de almacenamiento es requisito fundamental para escoger la que mejor se adapte a nuestro sistema. El tipo o tecnología, según sea su naturaleza interna.

**La fiabilidad de un SAI dependerá básicamente de su configuración interna (Topología), de la vida útil de su sistema de almacenamiento, de la alta calidad de sus componentes y de un ambiente óptimo.**