



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL ANÁLISIS TÉCNICO DE SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN
ININTERRUMPIDA PARA CENTROS DE CÓMPUTO Y SU IMPACTO EN EL AHORRO
ENERGÉTICO**

Juan Pablo Mazariegos López

Asesorado por el Msc. Ing. Hugo Giovanni Chamo Castellanos

Guatemala, marzo de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL ANÁLISIS TÉCNICO DE SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN
ININTERRUMPIDA PARA CENTROS DE CÓMPUTO Y SU IMPACTO EN EL AHORRO
ENERGÉTICO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JUAN PABLO MAZARIEGOS LÓPEZ

ASESORADO POR EL MSC. ING. HUGO GIOVANNI CHAMO CASTELLANOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

GUATEMALA, MARZO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Ingrid Salomé Rodríguez de Loukota
EXAMINADOR	Ing. José Guillermo Bedoya Barrios
EXAMINADOR	Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL ANÁLISIS TÉCNICO DE SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA PARA CENTROS DE CÓMPUTO Y SU IMPACTO EN EL AHORRO ENERGÉTICO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 20 de noviembre de 2020.

Juan Pablo Mazariegos López

Ref. EEPFI-1528-2020
Guatemala, 20 de noviembre de 2020

Director
Armando Alonso Rivera Carrillo
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Presente.

Estimado Ing. Rivera:

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL ANÁLISIS TÉCNICO DE SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA PARA CENTROS DE CÓMPUTO Y SU IMPACTO EN EL AHORRO ENERGÉTICO**, presentado por el estudiante **Juan Pablo Mazariegos López** carné número **201404327**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Artes en Energía y Ambiente.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

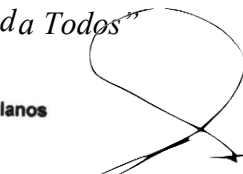
Atentamente,



Mtro. Hugo Giovanni Chamo Castellanos
Asesor

"Id y Enseñada Todos"

Hugo Giovanni Chamo Castellanos
Ingeniero Electricista
Colegiado No. 4297



Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador de Área
Desarrollo Socio-Ambiental y Energético



Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería

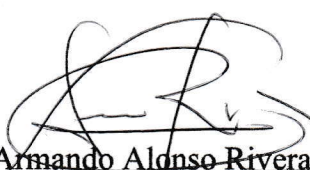




EEP-EIME-018-2020

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL ANÁLISIS TÉCNICO DE SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA PARA CENTROS DE CÓMPUTO Y SU IMPACTO EN EL AHORRO ENERGÉTICO**, presentado por el estudiante universitario Juan Pablo Mazariegos López, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Armando Alonso Rivera Camillo

Director

Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

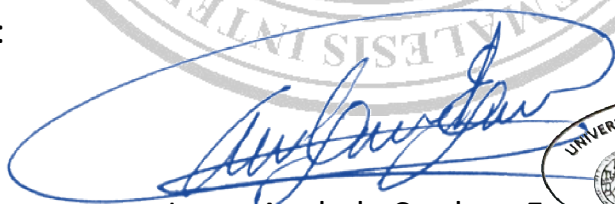


Guatemala, noviembre de 2020

DTG. 117-2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería en Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL ANÁLISIS TÉCNICO DE SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA PARA CENTROS DE CÓMPUTO Y SU IMPACTO EN EL AHORRO ENERGÉTICO**, presentado por el estudiante universitario: **Juan Pablo Mazariegos López**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, marzo de 2021

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por haberme dado la sabiduría y entendimiento para poder culminar mis estudios.
Mis padres	Alex Mazariegos y Catalina López por estar siempre conmigo cuando más lo necesité y haberme guiado en la vida.
Mis hermanos	Vareci y Fabiola Mazariegos López, por su apoyo y compañía durante mi vida.
Familia y amigos	Por apoyarme cuando más los necesité y brindarme su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San Carlos
de Guatemala**

Por ser la *alma mater* que me permitió
nutrirme de conocimientos.

Facultad de Ingeniería

Por proporcionarme los conocimientos
y actitudes, que me han permitido
desarrollarme en el ámbito profesional.

Isertec

Por haberme brindado la información
necesaria, instrumentos de medición y
apoyo para realizar este trabajo.

Mis amigos

Por haberme acompañado y
compartido su conocimiento durante la
carrera.

Mi asesor

Msc. Ing. Hugo Giovanni Chamo
Castellanos, por haberme guiado
durante el trabajo de diseño de
investigación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
4. JUSTIFICACIÓN	9
5. OBJETIVOS.....	11
5.1. General.....	11
5.2. Específicos	11
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	13
7. MARCO TEÓRICO.....	15
7.1. Centros de cómputo	15
7.1.1. Aspectos generales	15
7.1.2. Flexibilidad	16
7.1.3. Tipos de centros de cómputo	16
7.1.4. Centros de cómputo para entidades financieras	17

7.1.5.	Equipos de red en un centro de cómputo	18
7.1.6.	Estándares para centros de cómputo	19
7.2.	Distribución eléctrica en centros de cómputo	20
7.2.1.	Equipos eléctricos en un centro de cómputo .	21
7.2.1.1.	Transformadores	21
7.2.1.2.	Grupos electrógenos	22
7.2.1.3.	Transferencias automáticas.....	24
7.2.1.4.	<i>Switchboards, Switchgear</i> y tableros eléctricos.....	25
7.2.1.5.	Transferencias manuales	27
7.2.1.6.	Aires acondicionados de precisión	27
7.2.1.7.	Unidad de Distribución de Energía (PDU)	28
7.2.1.8.	Unidad de distribución de energía para gabinete	29
7.2.1.9.	Sistema contra incendios.....	30
7.2.1.10.	Control de acceso y cámaras	30
7.2.2.	Canalizaciones.....	31
7.2.2.1.	Bandejas porta cables	31
7.2.2.2.	Canales metálicas	33
7.2.2.3.	Tubería eléctrica.....	33
7.2.3.	Cableado eléctrico	34
7.2.3.1.	Cable monoconductor	34
7.2.3.2.	Cable multiconductor	35
7.2.3.3.	Código Eléctrico Nacional.....	36
7.2.4.	Sistemas de puesta a tierra en centros de cómputo	36
7.3.	Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI)	37

7.3.1.	Topologías y modos de operación	37
7.3.1.1.	Sistema en línea o doble conversión	37
7.3.1.2.	Sistema <i>Off Line o Stand-By</i>	38
7.3.1.3.	Sistema Interactivo	39
7.3.1.4.	Modo de operación <i>ECO-Mode</i>	40
7.3.2.	Tipos de baterías	41
7.3.3.	SAI monofásicos.....	42
7.3.4.	SAI trifásicos.....	42
7.3.4.1.	SAI de capacidad fija	42
7.3.4.2.	SAI de capacidad escalable	42
7.3.4.3.	SAI conectados en paralelo por capacidad	43
7.3.4.4.	SAI conectados en paralelo por redundancia	44
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	45
9.	METODOLOGÍA	49
9.1.	Tipo de estudio	49
9.2.	Definición de variables.....	49
9.3.	Fases del estudio.....	52
9.3.1.	Fase 1: exploración bibliográfica.....	52
9.3.2.	Fase 2: recolección de datos	52
9.3.3.	Fase 3: análisis de calidad de energía	53
9.3.4.	Fase 4: propuesta del nuevo diseño para mejorar la eficiencia energética.....	55
9.3.5.	Fase 5: estimación de ahorro energético	56
9.3.6.	Fase 6: presentación y discusión de resultados	57

10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	59
11.	CRONOGRAMA	61
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	63
13.	REFERENCIAS	65
14.	APÉNDICES	69

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Aspecto constructivo básico de transformadores	22
2.	Componentes básicos de un sistema comercial y/o industrial	26
3.	Climatización con aires acondicionados de precisión en centros de cómputo	28
4.	PDU con transformador de aislamiento y panel de distribución	29
5.	Bandejas porta cables	32
6.	Cable monoconductor	35
7.	Cable multiconductor	35
8.	Diagrama unifilar de un SAI en línea o doble conversión	37
9.	Diagrama unifilar de un sistema Off Line	38
10.	Diagrama unifilar de un sistema interactivo	39
11.	Equipo de calidad de energía	53

TABLAS

I.	Niveles tier	20
II.	Definición de variables	49
III.	Valores de voltaje del SAI	53
IV.	Valores de corriente del SAI	54

V.	Valores de potencia del SAI.....	54
VI.	Valores de Factor de Potencia del SAI.....	54
VII.	Características de SAI.....	55
VIII.	Cuadro comparativo de sistemas de alimentación ininterrumpido.....	56
IX.	Cronograma de actividades.....	61
X.	Recursos para el desarrollo de la investigación	63

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
\$	Dólar estadounidense
°	Grados
°C	Grados Celsius
Hz	Hercio
h	Horas
=	Igual que
KW	Kilovatio
KV	Kilovoltio
>	Mayor que
MW	Mega vatio
MWh	Mega vatio hora
<	Menor que
m	Metro
mm	Milímetro
P	Potencia
“	Pulgadas o segundos
W	Vatio

GLOSARIO

Autonomía	Tiempo de respaldo en el que un sistema de alimentación ininterrumpida puede aportar energía a la carga.
BICSI	Servicio de consultoría de la industria de la construcción.
Corriente	Flujo de electrones que fluye a través de una sección de un material conductor.
Eficiencia	Porcentaje de aprovechamiento de energía del sistema de alimentación ininterrumpida.
Energía	Capacidad que poseen los cuerpos para poder efectuar un trabajo a causa de su constitución.
Factor de potencia	Indicador cualitativo y cuantitativo del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica, es utilizado para describir la cantidad de energía eléctrica que se ha convertido en trabajo.
GPRS	Es el servicio general de paquetes vía radio.
NEC	Código Eléctrico Nacional.

NFPA	Asociación Nacional de Protección contra el Fuego.
Router	Dispositivo que permite interconectar computadoras en una red.
SAI	Sistema de Alimentación Ininterrumpida.
SNMP	Protocolo simple de administración de red.
Switch	Dispositivo de interconexión utilizado para conectar equipos en red formando lo que se conoce como una red de área local.
TIA	Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones.
Uptime Institute	Es una institución de mayor prestigio y reconocimiento a nivel mundial en la creación y administración de los Estándares y Certificaciones Tier para el Diseño de <i>Data Center</i> .
Vatio	Unidad de medida de potencia.
Voltaje	Diferencia de potencial y se define como el trabajo que se realiza (por un agente externo) al mover una unidad de carga positiva de un punto a otro en un campo eléctrico.

Wifi

Mecanismo que permite de forma inalámbrica, el acceso a Internet de distintos dispositivos al conectarse a una red determinada.

RESUMEN

Los Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI), generalmente se utilizan como equipo de respaldo de energía y de protección en los centros de cómputo, debido a los equipos que respalda; generalmente son muy delicados y no toleran interrupciones de energía, los centros de cómputo pueden ser tan pequeños como los de un edificio donde se resguarde información hasta enormes como los centros de cómputo de entidades de telecomunicaciones. Estos sistemas se encuentran operando de forma ininterrumpida, lo que provoca grandes consumos de energía eléctrica si se dimensionan de una capacidad muy grande.

Los Sistemas de Alimentación Ininterrumpida modernos operan a niveles de eficiencia muy altos en comparación a los sistemas más antiguos, razón por la cual es interesante realizar una comparación de inversión para renovar un equipo, teniendo en cuenta el ahorro energético que se pudiera tener.

El presente diseño de investigación busca realizar la estimación de la energía que no se está aprovechando en los sistemas de alimentación ininterrumpida, debido a la poca carga eléctrica que están respaldando, realizando un análisis técnico económico y comparación del actual sistema con uno más reciente de mayor eficiencia, así como los cambios que se necesitaría realizar para ponerlo a operar

1. INTRODUCCIÓN

En la mayoría de los centros de cómputo se encuentran Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI) operando a niveles muy por debajo de su capacidad nominal, lo que provoca que el equipo funcione a eficiencias bajas. Operar a eficiencias bajas causa pérdidas económicas grandes, debido a que el equipo se encuentra en funcionamiento todos los días.

Para evaluar la eficiencia del SAI, es necesario hacer mediciones de la energía que está consumiendo y que está entregando a los equipos en un centro de cómputo para determinar la eficiencia real a la cual opera. Se realizará un análisis técnico de los parámetros del SAI, en base a estas mediciones se realizará un diseño y selección de un SAI a través de un software en donde se tenga una mayor eficiencia, así como confiabilidad de la operación.

Una mejora en la eficiencia del SAI tendrá una disminución considerable en el consumo eléctrico, además de que se garantizará la operación del centro de cómputo y se mejorará las distorsiones armónicas que estos equipos pueden realizar a la red eléctrica.

Se realizarán mediciones de calidad de energía a la entrada del SAI para determinar el consumo eléctrico y también a la salida del SAI para determinar exactamente la carga eléctrica útil, que el equipo está aportando a los equipos del centro de cómputo. Se realizará un análisis de la carga actual y una proyección a futuro para poder diseñar una configuración de un SAI de mayor eficiencia con un software para dicho propósito.

En el capítulo 1, se presentarán los antecedentes más importantes para esta investigación. En el 2, se hará una investigación bibliográfica de los fundamentos teóricos de esta aplicación particular, tales como: sistemas de alimentación ininterrumpida trifásicos y monofásicos, modos de operación, componentes en un centro de cómputo, distribución eléctrica en centros de cómputo y distintos arreglos o configuraciones de los SAI. En el 3, se realizarán y mostrarán las mediciones realizadas con el equipo de calidad de energía Fluke.

En el capítulo 4, se realizarán las tablas y gráficas correspondientes para describir el comportamiento y carga del sistema de alimentación ininterrumpido. En el 5, se realizará la propuesta del nuevo SAI para la instalación que mejorará la eficiencia del centro de cómputo. En el 6, se realizará la estimación de ahorro energético del SAI, presupuesto y viabilidad del reemplazo del equipo.

En el capítulo 7 se presentarán los resultados más significativos de la investigación y la discusión de estos. Finalmente se darán las conclusiones de la investigación y las recomendaciones para la continuidad de esta.

2. ANTECEDENTES

En Guatemala los estudios sobre sistemas de alimentación ininterrumpida son muy escasos, a pesar que estos equipos son utilizados en todos los centros de cómputo, desde los más pequeños hasta los que operan en entidades financieras y servicios de telecomunicaciones, a medida que se desarrollan nuevas tecnologías van saliendo al mercado nuevos equipos que son mucho más eficientes, confiables y flexibles en su modo de operación, algunos de los cuales son tan nuevos que ni se han instalado en la región. Las referencias que se presentan a continuación son de publicaciones extranjeras.

En la publicación Diseños con sistemas de alimentación ininterrumpida, Castella (2017), se mencionan los parámetros más importantes que se deben tomar en cuenta para el diseño y selección del Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI) más adecuado, así como las mejoras en la gestión de la red de distribución eléctrica, este punto es importante para mejorar la eficiencia en la operación del equipo. Se encontró que, al comparar dos sistemas con una carga de 400 kW, si uno opera al 92 % de eficiencia y el otro al 98 %, la unidad de menor eficiencia tendrá pérdidas significativas de aproximadamente 322 MWh/año en comparación con el equipo que tiene una mayor eficiencia. Con un SAI modular de alta potencia en un promedio de vida de 10 años, se pueden ahorrar hasta 3,2 GWh. Suponiendo un precio de \$ 0.10 por kW, esto se traduce en ahorros de \$322,000.

En la publicación *UPS, Gestión, Mantenimiento y ciclo de vida de sistemas de alimentación ininterrumpida monofásicos*, Solis (2019), se menciona los elementos más comunes en que pueden fallar en un SAI, así como los requisitos

mínimos o más básicos en los que puede operar con normalidad sin afectar su operación. Se encontró que un software de gestión avanzado para un SAI debe ofrecer control y configuración, desconexión segura del sistema y capacidad de realizar informes de energía, existen diversos SAI en los que se les puede integrar una tarjeta de monitoreo de la unidad y de la temperatura en donde al sobrepasar algún valor de referencia esta tarjeta enviará una notificación a un correo, además una de las fallas más comunes son las baterías que operan en lugares inadecuados. Se sabe que por cada diez grados (10°C), aproximadamente, arriba de la temperatura ambiente que por lo habitual se considera veinticinco grados (25°C), la vida útil y porcentaje de operación de la batería se verá afectado y reducido un cincuenta por ciento (50 %).

En la publicación *Galaxy VS*, Monier (2020), se menciona un nuevo SAI con muchas características muy importantes y novedosas para su capacidad, con una eficiencia del 95.5 % en modo de operación de doble conversión en línea (online), un 99 % en operación *ECO-mode* y un 99 % en operación *ECONversion-mode*, con estos valores de eficiencia son muy rentables estos equipos, ya que aprovechan al máximo la energía y no la pierden como ocurre en la mayoría de los SAI, según la revista, menciona que en un término de aproximadamente dos años (2) se puede tener un retorno de la inversión realizada en la compra del SAI, este retorno de inversión se debe a la alta eficiencia de los nuevos equipos en donde se busca ahorrar la mayor cantidad de energía que con otro equipo se estaría desaprovechando y convirtiendo en calor.

En la publicación *Costo, velocidad y confiabilidad de compensaciones entre configuraciones N+1 de UPS*, Torell (2017), se analizan las configuraciones de operación de los sistemas de alimentación ininterrumpidas más utilizadas y

que brindan confiabilidad de operación, analizan de una forma muy gráfica e ilustrativa como puede operar un SAI ante alguna falla en su sistema. También se habla sobre los costos que puede llegar a tener estos equipos, esto es un factor importante y en el cual se centra el tema de esta publicación, ya que a medida que se aumenta la confiabilidad del sistema, la inversión inicial aumenta considerablemente, aunque parte de este costo se puede recuperar en el ahorro energético que se tendrá a lo largo de toda la vida útil del SAI.

Se encontró que el costo de la redundancia interna modular es \$ 178 / kW (26.9 %) más baja en costo de capital que la configuración redundante paralela, y el caso base (N) es \$ 29 / kW (6.1 %) más bajo en costo de capital que la redundancia interna modular.

En la publicación Comparación de las configuraciones del diseño del sistema UPS, McCarthy y Avelar (2015), realizan un análisis de las ventajas y las desventajas de los diseños redundantes en sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS por sus siglas en inglés *Uninterrupted Power System*) además explican gráficamente la redundancia de los sistemas que son característicos en los diseños para centros de cómputo confiables, cumpliendo con los estándares del *Uptime Institute*, este es una certificación que los centros de cómputo tratan de cumplir o enfocan los diseños, aunque no se certifique como tal el diseño por la institución mencionada. Se encontró que una de las consideraciones de diseño que deben de tomarse en cuenta es que si la entidad o empresa pierde mucho dinero por un minuto de actividad debe evaluarse correctamente el presupuesto para que el equipo SAI sea capaz de evitar esa falla.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En muchos centros de cómputo es muy común encontrar Sistemas de Alimentación Ininterrumpidas (SAI), que operaran a una carga muy baja, esto hace que su funcionamiento sea ineficiente, debido a que un SAI a medida que opera a una capacidad más cercada a la nominal aumenta su eficiencia energética.

Un SAI sobredimensionado causa un elevado costo de operación que el cliente final debe pagar, estos sistemas operan las 24 horas del día, por lo que se producirán altos consumos de energía durante su operación y una gran contaminación ambiental.

Debido a que los SAI operan de forma ininterrumpida, generan una cantidad de calor que debe ser disipada por otros elementos necesarios para la operación, como los aires acondicionados de precisión, estos sistemas son contaminantes y contribuyen a la huella de carbono.

Comúnmente se sobredimensionan los SAI porque se proyecta un crecimiento en carga eléctrica, algo que en algunos centros de cómputo si ocurre, pero en la mayoría no, se debe tomar en cuenta los requisitos iniciales de un proyecto y diseñar a futuro. Un SAI de una capacidad muy grande puede afectar increíblemente el presupuesto de un proyecto (si es uno nuevo) y necesitar instalaciones eléctricas muy complicadas, lo que genera costos iniciales muy elevados, en un proyecto de un centro de cómputo un SAI es uno de los equipos más costosos dependiendo de su escalabilidad y confiabilidad.

Los centros de cómputo son lugares de misión crítica que no pueden dejar de funcionar por ningún motivo, generalmente se tiene más de un SAI en una instalación como respaldo del primero, si no se cuenta con un buen diseño el centro de cómputo, puede llegar a apagarse y detener todas sus operaciones, esto repercute en pérdidas económicas elevadas para una institución.

Es importante contar siempre con un sistema adicional de respaldo para realizar operaciones de mantenimiento y que no se ponga en peligro la operación de un centro de cómputo. En base a los problemas anteriormente descritos se puede formular la pregunta central ¿Cómo analizar un sistema de alimentación ininterrumpida que sea confiable para un centro de cómputo con un mejor ahorro energético?

La pregunta anterior se puede complementar respondiendo las preguntas auxiliares:

- ¿Cuáles son los parámetros más importantes que se deben tomar en cuenta para el diseño de sistemas de alimentación ininterrumpida en los centros de cómputo?
- ¿Cuánto es el consumo de energía con el que operan los sistemas de alimentación ininterrumpida en los centros de cómputo?
- ¿Cuál será el mejor sistema de alimentación ininterrumpida que garantice la confiabilidad de operación?
- ¿Cuál es el ahorro energético que podría lograr a tener un centro de cómputo si aumenta la eficiencia de los sistemas de alimentación ininterrumpida?

4. JUSTIFICACIÓN

La realización del presente diseño de investigación se justifica en la línea de investigación de gestión y uso eficiente de la energía del área de gestión energética de la Maestría en Energía y Ambiente.

La eficiencia energética es uno de los aspectos más importantes, que se toman en cuenta para los sistemas de alimentación ininterrumpida, pues se asocia a costos y regulaciones ambientales. Seleccionar un correcto sistema de alimentación ininterrumpida para un centro de cómputo con una alta eficiencia permitirá obtener un ahorro energético continuo que será un retorno de inversión para el usuario final a lo largo de la vida útil del equipo.

Este diseño presentará un análisis de las distintas configuraciones de los sistemas de alimentación ininterrumpida para los centros de cómputo, así como las ventajas y desventajas técnicas económicas de cada configuración, se incluirá el consumo energético de la configuración actual y el ahorro con una configuración nueva y más eficiente. El ahorro energético en estos sistemas, debido a la operación continua de estos equipos las 24 horas del día, da especial interés a este tipo de estudio.

Este estudio beneficiará a los servicios de misión crítica, aumentando su eficiencia energética, lo que provocará un ahorro económico en energía eléctrica. También será de utilidad para entender cómo funciona el Sistema de Alimentación Ininterrumpida, sus componentes principales y el nivel de confiabilidad mínimo con el cual deben operar estos sistemas.

La investigación será la base para la selección de un Sistema de Alimentación Ininterrumpida en la industria, cada vez se utilizan más estos sistemas, no solo como respaldo, sino también como protección de un equipo que puede sufrir daños si se interrumpe su funcionamiento de una forma no prevista.

Esta investigación aportará en la rama de la ingeniería eléctrica y al medio ambiente reduciendo la cantidad de energía consumida directamente por el equipo e indirectamente en otros sistemas reduciendo el consumo energético en un centro de cómputo.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Analizar técnicamente un Sistema de Alimentación Ininterrumpida que sea confiable para centros de cómputo con un mejor ahorro energético.

5.2. Específicos

- Identificar los parámetros más importantes que se deben tomar en cuenta para el diseño de Sistemas de Alimentación Ininterrumpida para centros de cómputo.
- Determinar el consumo de energía con el que operan los Sistemas de Alimentación Ininterrumpida en los centros de cómputo.
- Definir el mejor Sistema de Alimentación Ininterrumpida que garantice la confiabilidad de operación.
- Cuantificar el ahorro energético que podría tener un centro de cómputo si aumenta la eficiencia de los Sistemas de Alimentación Ininterrumpida.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Se presenta un alto consumo de los Sistemas de Alimentación Ininterrumpidos (SAI) en los centros de cómputo, los cuales operan de forma continua y en muchos casos su operación no es confiable, con la investigación se obtendrá los ahorros energéticos que se pueden llegar a obtener si se emplean equipos más eficientes o que trabajen en un modo de operación distinto al que están operando actualmente.

En muchos casos no se toman en cuenta los parámetros más importantes para el diseño de un SAI, que operará en un centro de cómputo, lo que provocará riesgo en la operación del centro de cómputo y a su vez pérdidas económicas importantes para la institución. Esta investigación proporcionará las directrices para el correcto diseño de un Sistema de Alimentación Ininterrumpido y la eficiencia con la que pueden operar estos sistemas.

La investigación se realizará en un centro de cómputo, se recopilará información de los consumos eléctricos de dos formas; a través de la pantalla que posee el SAI y a través de un equipo de calidad de energía Fluke 434, el cuál mostrará la información técnica a analizar sobre el consumo eléctrico, forma de onda, frecuencia, distorsión armónica y otros parámetros necesarios para el análisis tanto a la entrada del equipo como a la salida del SAI.

Para el diseño del SAI se utilizará un software propio de un fabricante, por lo cual únicamente para este estudio se analizará una marca reconocida a nivel mundial y líder en la distribución de estos equipos para centros de cómputo. Se

realizará un presupuesto del costo del equipo, así como el retorno de la inversión que se pueda lograr a tener con base en el ahorro energético que el equipo ofrece.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Centros de cómputo

Es un lugar físico donde se tienen los recursos indispensables de computación de una organización o proveedor de servicios. También suele llamarse: centro de procesamiento de datos en Latinoamérica o centro de datos en España (*Data Center*). El término centro de datos o *Data Center* es la forma más usual con que se conocen estos lugares hoy en día.

7.1.1. Aspectos generales

Existen diversos conceptos que pueden definir a un centro de cómputo eficiente, como la efectividad del uso de la energía *Power Usage Effectiveness* (PUE). Este es un valor que se puede calcular e incluso medir, dividiendo la potencia suministrada al centro de cómputo; entre la potencia que consume el equipamiento del centro de datos (IT), “la máxima eficiencia es 1” (Networld, 2018, p.18).

La robustez es una característica crítica para que el centro de cómputo sea fiable. Independientemente de las condiciones climáticas o desastres que pudieran ocurrir, por lo que no deberán parar bajo ninguna premisa su operación. Generalmente se cuenta con un diseño e infraestructura redundante en la cual los sistemas electromecánicos son redundantes (Networld, 2018).

7.1.2. Flexibilidad

En la actualidad existen distintos tamaños de centros de cómputo, que inicialmente operan a bajas capacidades, pero el sistema es flexible para poder realizar cambios o incrementos de capacidad, “esto se hace cuando el diseño inicial es pequeño y se tiene planes de expansión a futuro” (Networld, 2018, -p. 26).

El centro de cómputo se puede diseñar modular y así mantener una infraestructura simple que a medida que aumente su carga IT pueda ir aumentando su capacidad tanto eléctrica como de enfriamiento albergando más servidores para su operación.

7.1.3. Tipos de centros de cómputo

Existen dos grupos de centros de cómputos que se pueden mencionar, esta división se debe al modo de operación en el que se enfocan sus servicios y la calidad. Las empresas e industrias pueden optar por tener cualquiera de los dos tipos de centros de cómputo en los que se pueden mencionar:

- Centro de cómputo empresarial: este centro de cómputo es propio de una organización que lo utiliza solo para sus propios servicios. Los centros de cómputo empresariales suelen ser generalmente la opción inicial, que optan las empresas debido a sus estándares y operaciones que los obligan a tener un alto nivel de seguridad, en la mayoría de los casos se encuentran en los lugares de operación de la principal sede y que generalmente no es la actividad principal de la organización.

- Centro de cómputo de *colocation*: los centros de cómputo de *colocation*, son aquellos en los que diversos clientes o empresas pueden albergar sus equipos de IT dentro de un centro de cómputo propiedad de una entidad que se dedica a estos servicios, (rentan un espacio físico), el cual brinda toda la condición para la operación de sus equipos de IT, como la alimentación eléctrica, el sistema de enfriamiento y la conectividad de red. El uso de un centro de cómputo compartido puede generar ahorros al usuario final, al mismo tiempo a los clientes les permite tener un elevado nivel de control sobre sus equipos. Los centros de cómputo de *colocation* tienen altos niveles de seguridad física. El requerimiento de los clientes de acceder físicamente solo a sus propios servidores o equipos de IT, hace que el espacio en planta se presente generalmente con una menor huella.

7.1.4. Centros de cómputo para entidades financieras

Un centro de cómputo para una entidad financiera básicamente debe ser igual a un centro de datos, pero con niveles de seguridad más estrictos, la confiabilidad es uno de los aspectos más críticos debido a que los sistemas deben brindar información correcta para ser utilizada en la operación de la entidad, como en la presentación de informes financieros a los usuarios internos y demás organismos reguladores. Todos estos aspectos se aplican a cada uno de los recursos que intervienen en el proceso de tecnología informática, tales como: datos de red, sistemas de aplicación, tecnología, instalaciones y personas.

Es indispensable tener un gran alto tiempo de operación en emergencia en estos centros de cómputo, ya que la pérdida de información o apagado de equipos por un minuto puede llevar a tener grandes pérdidas financieras a la entidad bancaria (BCRA, 2007).

7.1.5. Equipos de red en un centro de cómputo

Se pueden mencionar que son los servidores debido a que son los equipos que procesan la información. Estos equipos además de procesar la información la albergan en su sistema, incluso existen sistemas con cintas magnéticas que resguardan toda la información. Todos estos equipos se colocan en gabinetes o bastidores abiertos que aprovechan al máximo el uso del espacio en la instalación. Los bastidores abiertos o gabinetes, generalmente se instalan de forma vertical en el suelo de la instalación, aunque existen gabinetes aéreos en donde se instalan en una pared, estos cuentan con aberturas o puertas con malla que ayuda a la refrigeración y flujo de aire. “Normalmente están montados en piso falso o plafones, que crean un volumen entre el piso terminado y el piso falso en donde se pueden instalar tuberías y cableado” (KIO , 2019, p. 8).

El diseño de toda la red y los servicios de Internet son críticos para un centro de cómputo. Existen miles de metros de cableado estructurado de diversas categorías y puntos de comunicación, así como enlaces que operan en capa 2 o capa 3, y los enrutadores que forman la base de la red para la comunicación dentro del centro de cómputo, para administrar o gestionar a los proveedores de servicios de Internet, generalmente denominados “ISP” por sus siglas en inglés *Internet Service Provider* (KIO , 2019).

La seguridad de la red son todos los sistemas de seguridad, sistemas de detección de intrusos que analizan y controlan el tráfico de la red en busca de ataques o amenazas. Otros equipos que están vinculadas a la seguridad de la red son los sistemas de prevención de intrusos, estos rechazan de forma proactiva el tráfico de red si los paquetes tienen una amenaza de seguridad registrada, basado en un perfil configurado de seguridad.

Para la seguridad física (restricción de personal ajeno a la instalación) existen controles de acceso como los biométricos por reconocimiento de huellas y el reconocimiento facial. Existen elementos para la propagación de incendios que es uno de los aspectos importantes en un centro de cómputo.

7.1.6. Estándares para centros de cómputo

Existen distintas clasificaciones que definen el nivel de un centro de cómputo (aunque hoy en día todos se basan en los niveles Tier), son una clasificación del diseño de los centros de cómputo que indican un cierto nivel de disponibilidad en función de la criticidad y capacidad del centro de cómputo (Networld, 2018).

Las clasificaciones de los distintos niveles de los centros de cómputo más importantes son:

- Syska Hennessy
Clasificación de 1 a 10.
- TIA 942
Tier 1 a Tier 4.
- BICSI 002
Clase F0 a Clase F4.
- Uptime Institute
Tier I a Tier IV.

Todas las clasificaciones mencionan cuatro categorías o clases principales de diseño, que brindan un cierto nivel de confianza y disponibilidad:

- Rutas únicas sin redundancia = N.
- Rutas únicas con algunos componentes de redundancia = N+1.
- Mantenibilidad al mismo tiempo = 2N.
- Capacidad de mantenimiento al mismo tiempo con plena tolerancia a los fallos = 2 (N+1).

El nivel de fiabilidad de un centro de cómputo se clasifica por uno de los cuatro niveles llamados TIER, en función de su redundancia. “A mayor número de TIER, se cuenta con una mayor disponibilidad y, por tanto, mayores costos e inversión inicial en la adquisición de equipo y mantenimiento” (Networld, 2018, p. 40).

Tabla I. **Niveles tier**

TIER	% Disponibilidad	% Parada	Tiempo anual de parada
TIER I	99,671%	0,33%	28,82 horas
TIER II	99,741%	0,25%	22,68 horas
TIER III	99,982 %	0,02%	1,57 horas
TIER IV	99,995%	0,01%	52,56 minutos

Fuente: Networld Consulting. (2018), *Niveles de disponibilidad Tier para Centros de Cómputo*.

7.2. Distribución eléctrica en centros de cómputo

La distribución eléctrica es muy importante dentro de los centros de cómputo debido a la redundancia de la infraestructura eléctrica disponible y el tipo de Sistema de Alimentación Ininterrumpida que se implementará.

7.2.1. Equipos eléctricos en un centro de cómputo

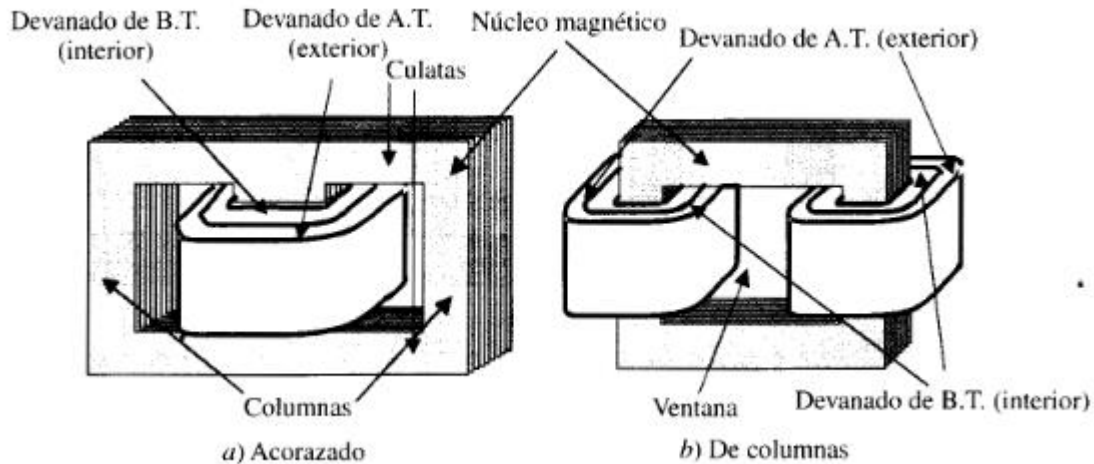
Se componen desde los transformadores elevadores o reductores de media tensión en la mayoría de los centros de cómputo de mayor densidad de carga, hasta las unidades de distribución de energía en los gabinetes.

7.2.1.1. Transformadores

Un transformador funciona convirtiendo distintos niveles de voltajes (tensiones) a otros más elevados o reducidos, sus arrollamientos llamados devanados se construyen de cobre o aluminio y se diferencia en que uno es el devanado primario y otro el secundario.

Los transformadores son máquinas eléctricas importantes para la realización de actividades cotidianas, se utilizan desde los transformadores instalados en los postes, hasta los teléfonos móviles, haciendo posible la realización práctica y económica de la energía en el sistema de distribución eléctrico. El arrollamiento de un voltaje mayor recibe el nombre de devanado de Alta Tensión (A.T.) y el de menor voltaje se denomina devanado de Baja Tensión (B.T.). “Debido a que la máquina no posee dispositivos móviles en su interior su conversión de energía es bastante eficiente, pudiéndose llegar en los grandes transformadores a valores de eficiencia del 99,7 por 100” (Mora, 2003, p. 161).

Figura 1. **Aspecto constructivo básico de transformadores**



Fuente: Fraile. (2003). *Máquinas Eléctricas*.

7.2.1.2. Grupos electrógenos

Se refiere a un equipo conformado por un motor de combustión interna y un alternador, tiene como función convertir la llamada capacidad calorífica en energía mecánica (movimiento del motor) y luego en energía eléctrica (movimiento del alternador). En términos de utilización, los grupos electrógenos pueden ser utilizados como fuente de alimentación principal o como fuente de alimentación de emergencia o auxiliar, esto para poder suplir las demandas de energía de una forma eficiente para distintas aplicaciones desde una casa hasta centros de misión crítica.

En cuanto a su modo de operación, los grupos electrógenos están contruidos por un generador, que entra en acción por un eje conectado al motor de combustión interna. Puede haber distintos tipos de combustible para este tipo de equipo como por ejemplo el gasóleo o diésel, gas natural, biogás, entre otros.

El grupo electrógeno está compuesto de diversos componentes entre los cuales se puede mencionar:

- Alternador: es el componente eléctrico que genera energía eléctrica por medio de campos magnéticos giratorios a través del movimiento que realiza el motor de combustión interna, generalmente se construyen de varios polos, dependiendo del fabricante y en él se puede hacer conexiones de distintos voltajes de operación.
- Motor: es uno de los componentes principales de los grupos electrógenos y está diseñado con el fin de realizar el movimiento que genera las explosiones controladas dentro del motor. Los motores de la marca Perkins son de los más reconocidos por su antigüedad y operación, preparados para responder a los requisitos y normas más estrictas para operación, así como a los climas adversos
- Cabina: se trata de una carcasa de metal que puede ser de acero, en acero inoxidable o en aluminio, generalmente se les hace un tratamiento anticorrosión que asegura la eficiencia de la entrada del flujo de aire que refrigerará el motor y de la salida del aire caliente.
- Transferencia automática: es el equipo que se encarga de la alternancia entre la fuente principal y la auxiliar cuando una de estas fuentes falla, asegurando así el suministro casi continuo de energía eléctrica.
- Panel de control: es un panel montado en el grupo electrógeno el cerebro que tiene como función monitorear su estado como alarmas, fallas o códigos de error y así proteger al grupo electrógeno.

- Bancada: es un cuadro de acero (chasis) con sistema antivibración que tiene un depósito para almacenar el combustible (tanque sub-base), y puede servir o no para disponer del grupo electrógeno a una altura determinada (Everywhere, 2019).

7.2.1.3. Transferencias automáticas

Una transferencia automática o ATS por sus siglas en inglés (*Automatic Transfer Switch*) hace la función de conmutar la energía primaria (de la red) y la energía de emergencia cuando necesita ser cambiada por la falta de energía de la red debido a cualquier evento que provoque el corte de energía. Esta se puede instalar cerca del grupo electrógeno y es lo que generalmente se hace para evitar cualquier gasto adicional como temas de instalación.

Las ATS se encargan de monitorear y medir el voltaje de la red comercial que llega al usuario final. El proceso que utiliza la transferencia automática para su operación es: primero se programa el controlador con los valores de fábrica o que el cliente indique para su operación, la finalidad es configurar la ATS para que reconozca cuando existe una falla de la red comercial. Cuando la ATS ha reconocido la falla se procede al encendido del grupo electrógeno.

Cuando el grupo electrógeno está listo para tomar la carga eléctrica, el ATS realiza el cambio entre la red de energía eléctrica y la red de emergencia, este proceso se realiza desconectando por medio de interruptores o cuchillas la alimentación de la red comercial y conectando la fuente de emergencia. Mientras la red comercial está caída la transferencia automática monitorea la ausencia del voltaje que tiene el cableado de potencia. En el instante que la ATS detecta que la energía de la red comercial es estable, se realiza un segundo apagado para realizar la reconexión y el apagado del grupo electrógeno.

Las ATS antiguas generalmente eran manuales, hoy en día las transferencias son automáticas. En el primer escenario; tenía que haber una persona que se acercara al equipo y realizara manualmente el cambio entre la red comercial y el grupo electrógeno. “Las ATS que son manuales y automáticos, se pueden configurar de tal manera que, si el sistema programado fallase, el usuario puede realizar manualmente el cambio entre la energía comercial y de emergencia” (INPE, 2018, p. 20).

7.2.1.4. Switchboards, Switchgear y tableros eléctricos

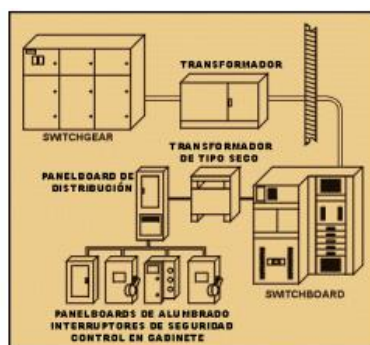
Tanto los *panelboards* (Tableros Eléctricos) como los *switchboards* alojan los cables de alimentación de circuitos y dispositivos de protección requeridos para la alimentación de cargas. Sin embargo, desempeñan funciones ligeramente diferentes. Un tablero de distribución ofrece control de circuito y protección para alumbrado y fuerza normal, así como otras eléctricas. Se emplea en instalaciones comerciales e industriales (EATON, 2009).

El NEC (Código Eléctrico Nacional) básicamente indica que un *panelboard* es un tablero eléctrico diseñado para ser montado en forma de un solo panel; incluye buses de cobre o aluminio, dispositivos de protección para circuitos eléctricos; están diseñados para su montaje en un gabinete o en una caja contra una pared y accesible únicamente desde la parte frontal.

Un *switchboard* sirve como un tablero eléctrico de distribución hacia sub-tableros como los *panelboards* debido a que manejan cantidades de potencia mayores. Las aplicaciones en las que se utilizan son diversas desde un edificio de oficinas hasta una importante instalación eléctrica industrial.

El NEC define el *switchboard* como: Un panel de distribución de gran tamaño, marco o conjunto de paneles que se pueden montar uno al lado del otro, con acceso en la parte frontal o posterior, interruptores de protección contra sobrecorriente y otros dispositivos de protección como supresores de transientes, buses y habitualmente instrumentos. Estos equipos se utilizan como tableros principales de distribución a la salida de los transformadores (EATON, 2009).

Figura 2. **Componentes básicos de un sistema comercial y/o industrial**



Fuente: Eaton. (2009). *Módulo de Aprendizaje*.

Un *switchgear* se emplea en forma generalizada para referirse a un equipo eléctrico de gran robustez, en el cual se realizan maniobras (acciones que se pueden realizar automática o manualmente para energizar des-energizar un circuito o red eléctrica). Este equipo puede estar constituido por elementos tales como: interruptores, supresores, seccionadores, fusibles, relevadores y otros, que permiten operar y realizar las maniobras de la manera más segura y confiable. Estos equipos son diseñados para instalaciones industriales y mineras que requieren gran robustez. Los *switchgear* proporcionan el control centralizado y protección de equipos, generalmente en media tensión en instalaciones industriales, comerciales y de servicios en donde operan, motores, líneas de transmisión y distribución (Alvarez, 2017).

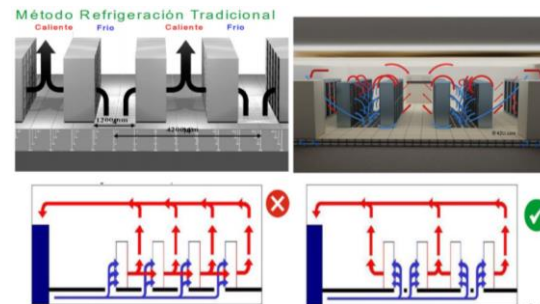
7.2.1.5. Transferencias manuales

Una transferencia manual o tablero de transferencia (TTM) se utiliza para realizar un *by-pass* entre la fuente de alimentación principal y una que está en espera de una forma manual y que solo se realizará en casos de emergencia. Se usan cuando se necesita sacar de operación un equipo por algún mantenimiento o por algún problema, estos suelen montarse en gabinetes y se accionan por una palanca en donde se realiza el cambio entre fuentes de alimentación (Baper, 2020).

7.2.1.6. Aires acondicionados de precisión

El aire acondicionado de precisión es un sistema diseñado para operar las 24 horas del día y no las comúnmente 8 que trabajan los aires acondicionados de confort, estos se instalan en áreas específicas como centros de cómputo, centrales telefónicas, entre otro. Los sistemas de aire acondicionado de precisión crean un ambiente donde la temperatura está controlada, la humedad y limpieza del aire de una forma continua. Estos equipos existen de diversas tecnologías, las cuales se adaptan de distintas formas a determinados ambientes y espacios. Para determinar que aire acondicionado de precisión es el más adecuado, es necesario contar con un diseño en el cual se involucren todas las condiciones de operación, carga térmica, altitud y redundancia. “El tiempo de vida útil de los sistemas de precisión es de 15 a 20 años, siempre y cuando estos estén sometidos a mantenimientos constantes y con stock de repuestos ante cualquier falla” (TECSSAC, 2018, p. 5).

Figura 3. **Climatización con aires acondicionados de precisión en centros de cómputo**



Fuente: Tecssac. (2018). *Clima Control*.

7.2.1.7. Unidad de distribución de energía (PDU)

Una unidad de distribución de energía (PDU) se utiliza para distribuir energía estabilizada en un centro de cómputo proveniente de un Sistema de Alimentación Ininterrumpido, generalmente se encuentran en las instalaciones dos o más para realizar una redundancia en alimentación de unidades de energía para gabinete (rPDU). Dependiendo del voltaje este puede operar con transformadores reductores de aislamiento, la distribución se realiza a través de paneles eléctricos montados en el mismo gabinete, los cuales dependiendo de la configuración acepta fuentes de alimentación de otro equipo, estos se dimensionan a la capacidad eléctrica requerida por gabinete. Los PDU's de fila cuentan con tarjetas de monitoreo, que permite al usuario determinar la cantidad de energía que está consumiendo cada rPDU montado en el gabinete por medio de transformadores de corriente y de potencial montados en los paneles de distribución, la información es procesada y se envía mediante distintos protocolos de comunicación hacia un servidor central dentro del mismo centro de cómputo o hacia un sistema de gestión (GTI, 2017).

Figura 4. **PDU con transformador de aislamiento y panel de distribución**



Fuente: Schneider Electric. (2010), *PDU APC 150kVA con Transformador*.

7.2.1.8. Unidad de distribución de energía para gabinete

Una unidad de distribución de energía para gabinete (rPDU) es una versión de mayor potencia de una regleta de corriente alterna que se tiene en casa. Es un dispositivo que permite alimentar uno o más equipos a la corriente eléctrica que están instalados en los gabinetes, estos se pueden instalar verticalmente en los gabinetes o de forma horizontal en las unidades de gabinete disponibles, aunque esto tiene un problema, ya que ocupa espacio en el gabinete que se pudiera utilizar para otros dispositivos.

Estos equipos pueden ser básicos, los cuales únicamente cuentan con salidas sin monitoreo, monitoreables los cuales ofrecen al usuario un control de energía principal del rPDU y avanzados, los cuales pueden ser tan capaces de monitorear energía por cada receptáculo de salida de este, incluso pueden apagarse remotamente por la instrucción del cliente final, esto es muy conveniente en centros de datos tipo *colocation* porque pueden monitorear el consumo de energía de cada usuario.

7.2.1.9. Sistema contra incendios

Un sistema contra incendios en un centro de cómputo se refiere a poder detectar de una manera temprana un incendio mediante humo o un incremento drástico de calor. Este sistema generalmente contiene todos los volúmenes de espacios vacíos, por lo que en cada volumen necesitará un detector. Existe otra parte importante que es la supresión de incendios, aunque no todos lo tienen, consiste en poder apagar el incendio mediante rociadores o gas inerte de forma automática, también se pueden encontrar de accionamiento manual mediante extinguidores colocados en posiciones estratégicas (Hidromec, 2018).

Los extintores existen en diversos tamaños y tipos dependiendo del volumen que se necesita disipar y como fue diseñado. Para las salas de centros de cómputo es muy común utilizar el Novec, es un líquido el cual al entrar al contacto con el fuego lo apaga y no daña al ambiente, lo peculiar de este líquido es que no daña los equipos electrónicos, por lo que se puede sumergir completamente un equipo electrónico en este líquido y este seguirá operando de una forma normal sin afectar su funcionamiento, esta es una de las principales razones que este tipo de fluido se utiliza en las salas de centros de cómputo.

7.2.1.10. Control de acceso y cámaras

Un sistema de control de acceso permite a una institución tener la confianza de controlar ciertas áreas y que ingrese personal autorizado de la empresa a esos sitios. El control de acceso también sirve para llevar el registro de las personas que circulan por ciertas áreas. Existen diversas formas para clasificar los controles de acceso: ya sea por la información que recopila la lectora a la hora de accionarla o por el tipo de control que utiliza para reconocer a la persona que está queriendo acceder.

Las cámaras IP se utilizan para enviar videos en tiempo real a un centro de almacenamiento donde se graba con exactitud lo que está sucediendo, estas cámaras envían la información por internet por lo que para su funcionamiento únicamente necesitan un punto para conexión a Internet y no necesitan alimentación eléctrica para operar (Nivian, 2018).

Las cámaras IP integran altos estándares en sistemas de seguridad, con lo que se puede obtener las grabaciones de lo sucedido en una determinada fecha, siempre y cuando esté enfocado en el rango de visión de la cámara. El resguardo de las imágenes y videos se realiza generalmente mediante una computadora conectada a la red al igual que la cámara, una tarjeta SD alojada en la cámara o un NVR compatible. “Existen diversos tipos de cámaras que se ajustan a las necesidades de cada institución, de hecho, existen cámaras tan sofisticadas que son capaces de detectar rostros y temperatura corporal de una persona” (Nivian, 2018, p. 10).

7.2.2. Canalizaciones

Las canalizaciones eléctricas son todos los materiales que se utilizan como protección de los conductores eléctricos, en donde estos se alojan y se aíslan físicamente de otros tipos de conductores o tuberías.

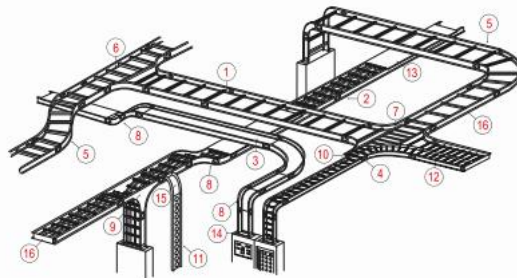
7.2.2.1. Bandejas porta cables

Un sistema de bandejas porta cables sirven como resguardo de los conductores eléctricos aislandolos de otros conductores o de posibles daños si se alojaran en el suelo, generalmente se utilizan de forma aérea y cada grupo de cables se coloca de una manera ordenada dentro de la bandeja, se enlista las ventajas de utilizar las bandejas en conductores eléctricos.

- Apoyo para todos los conductores alojados en la misma, así como una adecuada ventilación ante cualquier calentamiento.
- Facilidad para realizar el cambio de cables o instalar nuevos cables en el mismo tramo de bandeja.
- Organización de todos los conductores, ya que se pueden identificar correctamente y con esto tener un orden, algo que no sucede en canalizaciones cerradas o trincheras.

Las bandejas portacables se fabrican de distintos materiales y medidas, en determinadas ocasiones se realizan bandejas de medidas no estandarizadas y son hechas a la medida, por lo que no cumplen con normas o estándares, generalmente estas se fabrican localmente con alguna persona especializada en este tema, las bandejas certificadas están normadas y sus medidas no se pueden cambiar. Estas canalizaciones se utilizan muy frecuentemente para el transporte de cableado de red (puntos de acceso a internet) por la facilidad de instalación, expansión de más puntos y por la vista, ya que no intervienen en la infraestructura de la institución (SEDEMI, 2018).

Figura 5. **Bandejas portacables**



Fuente: SEDEMI. (2018), *Bandejas portacables*.

7.2.2.2. Canales metálicas

Un canal cerrado o ducto metálico se instala generalmente para alojar los circuitos de distribución hacia cargas finales de baja potencia en edificios o incluso en instalaciones domiciliarias se utiliza como canalización principal y luego se hacen derivaciones hacia los extremos para llegar a las cargas finales, antiguamente se utilizaba para alojar acometidas, aunque esta práctica se ha ido cambiando, ya que ahora utilizan tubo eléctrico para esta función. Las características de las canales metálicas cerradas pueden variar, pero en general cumplen con:

- Se fabrican de acero de una lámina que puede variar su calibre (grosor).
- El acabado de la pintura es electroestático.
- Se pueden fabricar con divisiones internas para realizar separaciones eléctricas.
- Su instalación es relativamente fácil.

7.2.2.3. Tubería eléctrica

Un tubo eléctrico se utiliza como medio de protección para los cables eléctricos, debido a que posee una dureza ante cualquier impacto mecánico. Existen diversos tipos de tubos eléctricos y de diferentes materiales, los más comunes son los de metal y de PVC. También existen ductos flexibles para intemperie y para uso interior. La selección correcta del tubo eléctrico al igual que su instalación dependerá del ambiente en el cual se utilizará, como norma general se utilizan los tubos de PVC cuando van empotrados en la pared o cuando se entierran en el suelo, para las instalaciones vistas se utiliza el tubo metálico, aunque se puede instalar PVC, pero no es tan resistente ante cualquier impacto (Tecnología, 2010).

7.2.3. Cableado eléctrico

Es el medio que se utiliza para la conducción de corriente eléctrica desde un dispositivo de protección hacia otro o hacia un tablero de distribución, generalmente se utilizan de cobre, debido a su alta conductividad y menor resistencia al paso de corriente, aunque también existen cables de aluminio, que tiene una mayor resistencia a la corriente, pero su costo es menor en comparación con el cobre.

7.2.3.1. Cable monoconductor

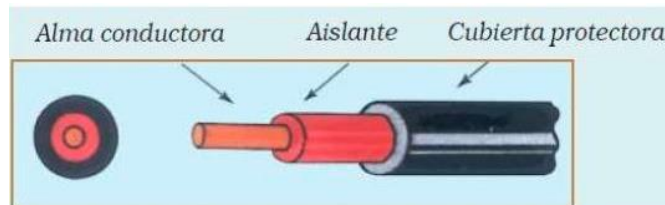
El cobre es el material más utilizado para la fabricación de conductores eléctricos por su conductividad eléctrica, los conductores se utilizan para transportar de corriente eléctrica de un punto a otro, este se puede hacer en grandes potencias y diferentes niveles de voltaje. El material más conductivo que se conoce hasta el momento es el oro y la plata, debido a que puede transportar electricidad de una manera que se disminuyen las pérdidas, lamentablemente por su escases y diversas aplicaciones se prefiere utilizar el cobre que es un buen conductor eléctrico, en ciertas ocasiones se utiliza también el aluminio, debido a su bajo costo en comparación al cobre, el aluminio tiene una alta resistencia por lo que en tramos largos de longitud tiene problemas con caídas de voltaje, se deben hacer los cálculos adecuados para evitar una caída de voltaje excesiva (Tecnología, 2010).

Los conductores eléctricos en baja tensión se componen de:

- Alma conductora: es el material conductor.
- Aislante o aislamiento: es el envoltente del alma conductora, su función es separar o aislar la parte viva que conduce electricidad con el exterior. Los más usados son el policloruro de Vinilo (PVC) y el Polietileno Reticulado.

- Cubierta protectora: sirve para proteger al aislante y el alma conductora de cualquier daño como un raspón o de algún líquido como el agua (en pequeñas cantidades). Cuando se habla de un cable monoconductor se quiere dar a entender a un tramo de cobre compuesto por varios hilos (la cantidad depende del fabricante) encerrados en un aislante el cual a su vez está rodeado de una cubierta protectora.

Figura 6. **Cable monoconductor**



Fuente: Tecnología. (2010). *Cables eléctricos y tipos*.

7.2.3.2. **Cable multiconductor**

El cable multiconductor posee las mismas características con la diferencia que dentro de su aislante posee varios cables, los cuales pueden ser de un diverso número de hilos (Tecnología, 2010).

Figura 7. **Cable multiconductor**



Fuente: Tecnología. (2010). *Cables eléctricos y tipos*.

7.2.3.3. Código Eléctrico Nacional

El Código Eléctrico Nacional de la *National Fire Protection Association* (NFPA) establece los estándares y normativas que se deben aplicar para todo tipo de instalaciones eléctricas, cada tres años se actualiza esta normativa, busca siempre resguardar la vida de las personas, por lo que en ella se puede encontrar distancias de operación recomendadas.

El NFPA 70 es un código que ha sido reconocido a nivel mundial y se implementa en la mayoría de los países debido a sus altos estándares de seguridad, para todas las instalaciones eléctricas se usa de referencia este código debido a que cumple con casi todos los estándares requeridos en distintos países. El NEC tiene como objetivo primordial salvaguardar la vida de las personas. Todos los trabajos de electricidad son realizados con extrema precaución cuando se realizan en caliente, ya que puede provocar la pérdida de una vida, razón por la cual los estándares mostrados en este código se respetan a cabalidad y muchas empresas lo adoptan por la seguridad de sus empleados (CESE, 2018).

7.2.4. Sistemas de puesta a tierra en centros de cómputo

El objetivo principal de un buen sistema de tierra es poder drenar fácilmente cualquier corriente debida a una perturbación eléctrica a tierra y con esto evitar cualquier daño a los equipos electrónicos. Estas perturbaciones se deben a sobretensiones de voltaje, corrientes transitorias e incluso rayos que caen cerca de una zona con equipos muy sensibles. Los equipos metálicos al conectarse a tierra ofrecen un camino de baja resistencia y por ende la corriente de falla circulará por ese camino evitando cualquier daño a los equipos (Serrano, 2008).

7.3. Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI)

Los SAI son equipos electrónicos capaces de almacenar energía eléctrica por medio de baterías y que es utilizada cuando existe un corte de energía, su función principal es la de protección hacia equipos de misión crítica, debido a que contiene filtros y protectores de voltaje.

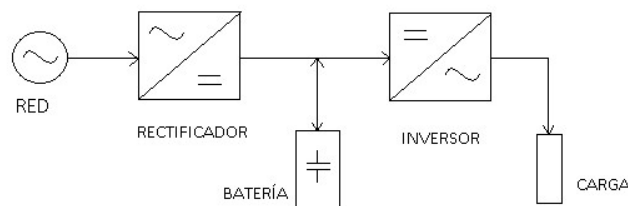
7.3.1. Topologías y modos de operación

En la actualidad existen distintas topologías en el modo de operación de los sistemas de alimentación ininterrumpida, las cuales varían generalmente de acuerdo a su capacidad de carga eléctrica.

7.3.1.1. Sistema en línea o doble conversión

Es el tipo de topología más utilizado en los centros de cómputo y el recomendado debido al tipo de cargas eléctricas que respaldan. Este SAI consiste en cuatro elementos principalmente, como se muestra a continuación:

Figura 8. Diagrama unifilar de un SAI en línea o doble conversión



Fuente: Nuñez. (2016). *Diseño de un Sistema de Alimentación Ininterrumpida de un Centro de Procesamiento de Datos (CPD)*.

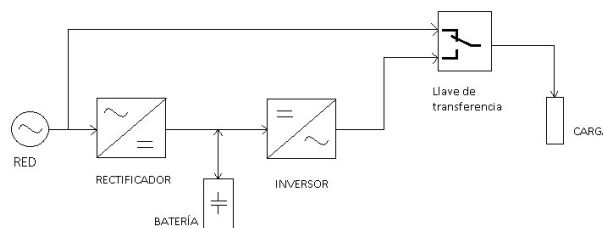
Un sistema de rectificación que puede ser a base de transistores, encargado de realización la conversión de corriente alterna a corriente directa, una batería y un inversor que es el encargado de convertir de corriente directa a corriente alterna.

El inversor se encuentra funcionando todo el tiempo. De ahí el nombre de la topología en línea, constantemente está realizando un proceso de rectificación de AC a DC y de convertir de DC a AC, esto genera muchos beneficios, evita que cualquier perturbación de la red exterior salga hacia la carga critica que está protegiendo, si por algún motivo el SAI detecta un fallo en la entrada del equipo, este automáticamente pasa a By-Pass estático, el cual su función primordial es “la de proteger al inversor de cualquier daño” (Nuñez, 2016, p. 6).

7.3.1.2. Sistema *Off Line* o *Stand-By*

Un SAI de este tipo está formado principalmente por los elementos mostrados en la figura 9; al igual que en el sistema en línea este se compone de una batería, un rectificador y un inversor, la diferencia con otros sistemas es que la energía de la red comercial está siendo suministrada de forma directa hacia la carga, lo que puede ocasionar serios daños si la energía de la red comercial trae perturbaciones o sobre voltajes.

Figura 9. Diagrama unifilar de un sistema *Off Line*



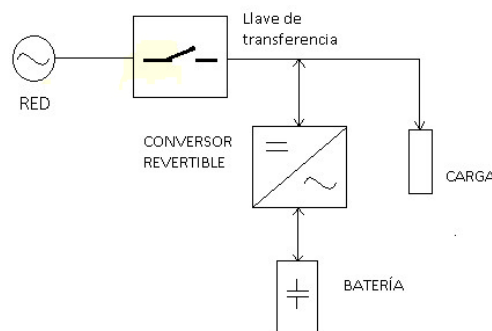
Fuente: Nuñez. (2016). *Diseño de un Sistema de Alimentación Ininterrumpida de un Centro de Procesamiento de Datos (CPD)*.

En un SAI *Off-Line* la corriente eléctrica está circulando directamente hacia la carga, ya que este dispositivo no cuenta con un AVR integrado. El SAI funcionará únicamente cuando exista un corte de energía, el tiempo de transferencia suele ser un poco grande debido a que se necesita hacer la transferencia a operación en baterías (algo que no sucede en los sistemas en línea). Estos SAI generalmente se utilizan para protección de equipos pequeños como computadoras, videojuegos o cualquier otro aparato que no es de misión crítica, suelen usarse donde la red eléctrica es muy estable y no necesite un sistema de filtrado (Nuñez, 2016).

7.3.1.3. Sistema Interactivo

Un SAI interactivo tiene las mismas características que un sistema *Stand-By* con la diferencia que este si tiene un proceso de filtrado y protección hacia la carga, el tiempo de transferencia de operación normal a baterías es menor que un *Stand-By*, por lo que equipos sensibles como los que se encuentran en los centros de cómputo no detectan el corte de energía algo que si puede ocurrir en una topología *Stand-By* (Nuñez, 2016).

Figura 10. Diagrama unifilar de un sistema interactivo



Fuente: SAI Off-Line, (Nuñez, 2016), *Diseño de un Sistema de Alimentación Ininterrumpida de un Centro de Procesamiento de Datos (CPD)*.

Un SAI interactivo internamente contiene un microprocesador que tiene bajo control cualquier fluctuación de la red en $\pm 15\%$, esto dependerá mucho de cada fabricante, regula el voltaje de salida, por lo que no existirán picos de voltaje ante cualquier perturbación eléctrica, se puede programar un umbral de voltaje para que este entre en operación, dependiendo de la variación de voltaje programada, la protección con un SAI interactivo es mayor aún sin sufrir algún corte de energía. La función de los SAI no es solo dar alimentación eléctrica a los equipos durante un corte de energía, si no también se utilizan como protección contra una perturbación que puede quemar los equipos.

Estos sistemas se utilizan muy comúnmente en centros de cableado de IT que soportan un *Switch* de gama media-baja, otro factor que hace muy utilizados estos equipos es su bajo costo en comparación con un SAI en línea el cual puede llegar a valer el doble de lo que cuesta uno de la topología interactiva (Nuñez, 2016).

7.3.1.4. Modo de operación *ECO-Mode*

Este modo de operación está disponible en los SAI de gran capacidad trifásicos, los cuales pueden operar en este modo cuando analizan la red eléctrica y consideran que la red no contiene ninguna perturbación y es segura para el equipo de los centros de cómputo, tan pronto como ocurre una falla o una distorsión de voltaje el equipo se acciona pasando al modo de doble conversión en línea, la ventaja del *ECO-Mode* es que al pasar la carga a *By-Pass* no se producen pérdidas tanto en el rectificador, baterías e inversor. Existen diversos nombres de los modos de operación dependiendo de los fabricantes, pero en esencia este es el concepto básico para los modos de operación (Nuñez, 2016).

7.3.2. Tipos de baterías

En la actualidad existen muy diversos tipos de baterías y generalmente el nombre va asociado al tipo del material que se utiliza para su construcción, los equipos más recientes ofrecen sistemas de monitoreo remoto para evaluar el estado de las baterías. “Las siguientes baterías son las más utilizadas y conocidas: Zinc, Carbón, Alcalinas, Litio, entre otras” (Unicorn, 2017, p. 4).

Las baterías entran en operación cuando ocurre un corte de energía y se van descargando poco a poco hasta que la energía regrese, estas se recargan a un determinado voltaje, a este voltaje suele llamarse voltaje de flotación, que es el voltaje de recarga de las baterías. La construcción física de las baterías dependerá de la tecnología que se esté utilizando, consta de dos placas metálicas que están separadas una de la otra y están sumergidas en electrolito, la cual genera una diferencia de potencial entre las dos placas. Existen distintos valores de voltajes de operación para las baterías, para las baterías que generan una capacidad muy grande de corriente se suelen hacer arreglos, para lograr un determinado valor de voltaje se colocan en serie una detrás de otra y así obtener el voltaje de operación deseado. Los voltajes de las baterías generalmente son:

- Zinc-Carbón: 1.50 voltios
- Alcalina: 1.50 voltios
- Plomo-acido: 2.0 voltios
- Litio: 3.0 voltios
- Nickel-Cadmio: 1.2 voltios

Cada batería tiene una característica en particular que la hace única y para ambientes distintos de operación (Unicorn, 2017).

7.3.3. SAI monofásicos

Los sistemas de alimentación ininterrumpida monofásicos son ups generalmente de gama pequeña, que van desde los valores desde 1KVA hasta 20KVA, estos pueden ser de distintas configuraciones, así como escalables, todo dependerá de la marca y calidad del equipo (Nuñez, 2016).

7.3.4. SAI trifásicos

Los sistemas de alimentación ininterrumpida trifásicos son los equipos de mayor capacidad y robustez debido a sus capacidades, generalmente estos equipos están disponibles en potencias desde 10KVA hasta potencias de 1MVA, estos equipos brindan la capacidad de conexión en paralelo para aumentar capacidad o como redundancia.

7.3.4.1. SAI de capacidad fija

Están compuestos por un módulo de potencia del tamaño de la capacidad del SAI en placa, generalmente son más económicos, debido a que está conformado de un único módulo de potencia y si este logra fallar la operación del mismo, se detiene y es necesario pasar a *by-pass* estático. Estos tienen un amplio rango de operación desde los 10KVA hasta los 100KVA, con un solo módulo de potencia (Nuñez, 2016).

7.3.4.2. SAI de capacidad escalable

Proveen al sistema energía libre de los principales problemas de la red eléctrica común, tales como: cambios bruscos de voltaje y frecuencia, apagones,

sobretensiones, caídas de tensión, distorsiones armónicas, entre otros. Los sistemas escalables tienen la ventaja de poder aumentar su potencia eléctrica a medida que se requiera y no invertir inicialmente un SAI demasiado grande.

Las características principales de los sistemas de alimentación ininterrumpida del tipo escalable son:

- Redundancia
- Autodiagnóstico inteligente
- Cero tiempos de transferencia

Los sistemas escalables pueden tener eficiencias de hasta un 99 % en modo *ECO* y hasta 95 % en modo de doble conversión en línea. Además, su espacio físico para la correcta operación es reducido en comparación con otros SAI. El aumento de potencia se realiza mediante la colocación de módulos de potencia. Estos sistemas ofrecen monitoreo inalámbrico vía GPRS, Wi-Fi, SNMP, Bluetooth. Los equipos escalables generalmente vienen con el *Hot Swap*, esta función permite poder retirar un módulo de potencia que esté operando sin afectar el funcionamiento del SAI.

7.3.4.3. SAI conectados en paralelo por capacidad

Se pueden formar distintos arreglos para la conexión de los SAI, pero fundamentalmente se reconocen dos la configuración por capacidad y por redundancia, la configuración por capacidad se utiliza en los casos cuando la capacidad de un SAI no es suficiente para soportar toda la carga eléctrica demandada en un centro de cómputo o en una instalación que necesita energía de respaldo.

Esta configuración resulta útil cuando no se cuenta con un presupuesto económico inicial, ya que generalmente esta configuración resulta más económica en lugar de comprar uno de una gran capacidad. En muchas ocasiones se necesita un módulo adicional de conmutación en paralelo en donde los SAI se conectan para poder obtener una única salida hacia la carga, este inevitablemente se vuelve un punto de falla en dónde; si el módulo de conmutación en paralelo no funciona o llegará a fallar sin importar el estado de los SAI se interrumpirá el suministro de energía hacia la carga.

7.3.4.4. SAI conectados en paralelo por redundancia

Existe otra configuración básica, la cual es cuando los sistemas de alimentación ininterrumpido se conectan por redundancia esto indiscutiblemente es mucho más confiable porque con un solo SAI se puede cubrir toda la capacidad eléctrica, cuando se conecta dos o más SAI estos funcionarán repartiendo la carga eléctrica, dependiendo de la configuración, funcionará de dos formas, ya que se pueden repartir la carga entre ellos o puede que solo un SAI tome la carga y los otros están en *Stand-By* (configuración poco usada), una de las desventajas es que se tiene una alta inversión inicial en el proyecto (Nuñez, 2016).

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Centros de cómputo

1.1.1. Definiciones generales

1.1.2. Flexibilidad

1.1.3. Tipos de centros de cómputo

1.1.4. Centros de cómputo para entidades financieras

1.1.5. Equipos de red en un centro de cómputo

1.1.6. Estándares para centros de cómputo

1.2. Distribución eléctrica en centros de cómputo

1.2.1. Equipos eléctricos en un centro de cómputo

1.2.1.1. Transformadores

1.2.1.2. Grupos electrógenos

1.2.1.3. Transferencias automáticas

1.2.1.4. *Switchboards, Switchgears* y

- tableros eléctricos.
 - 1.2.1.5. Transferencias manuales
 - 1.2.1.6. Aires acondicionados de precisión
 - 1.2.1.7. Unidad de distribución de energía (PDU)
 - 1.2.1.8. Unidad de distribución de energía para gabinete
 - 1.2.1.9. Sistema contra incendios
 - 1.2.1.10. Control de acceso y cámaras
 - 1.2.2. Canalizaciones
 - 1.2.2.1. Bandejas porta cables
 - 1.2.2.2. Canales metálicas
 - 1.2.2.3. Tubería eléctrica
 - 1.2.3. Cableado el eléctrico
 - 1.2.3.1. Cable mono-conductor
 - 1.2.3.2. Cable multi-conductor
 - 1.2.3.3. Código Eléctrico Nacional
 - 1.2.4. Sistemas de puesta a tierra en centros de cómputo
- 1.3. Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI)
 - 1.3.1. Topologías y modos de operación
 - 1.3.1.1. Sistema en línea o doble conversión
 - 1.3.1.2. Sistema off-Line o Stand-By
 - 1.3.1.3. Sistema Interactivo
 - 1.3.1.4. Modo de operación ECO-Mode
 - 1.3.2. Tipos de baterías
 - 1.3.3. SAI monofásicos
 - 1.3.4. SAI trifásicos

- 1.3.4.1. SAI de capacidad fija
- 1.3.4.2. SAI de capacidad escalable
- 1.3.4.3. SAI conectados en paralelo
- 1.3.4.4. SAI conectados en paralelo por redundancia

- 2. RECOLECCIÓN DE DATOS
- 3. ELABORACIÓN DE TABLAS Y GRÁFICAS DEL SAI ANALIZADO
- 4. PROPUESTA DE NUEVO DISEÑO DE UN SAI
- 5. ESTIMACIÓN DE AHORRO ENERGÉTICO
- 6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

9.1. Tipo de estudio

Esta es una investigación cuantitativa descriptiva, se realizarán mediciones de los parámetros eléctricos a los sistemas de alimentación ininterrumpida tanto a la entrada como a la salida del equipo, se anotará el porcentaje de pérdidas, así como la eficiencia del equipo a través de las mediciones realizadas. Estos datos serán necesarios para determinar el consumo en energía del equipo y la viabilidad de reemplazarlo por un equipo de mejores características y eficiencia. Se propondrá una nueva solución con el fin de aumentar la eficiencia de operación.

9.2. Definición de variables

En la siguiente tabla se definen las variables más importantes a utilizar en las mediciones a realizar en los Sistemas de Alimentación Ininterrumpida, así como la forma en que se realizará la medición:

Tabla II. Definición de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional
Corriente	Es un flujo de electrones que fluye a través de una sección de un material conductor (Hayt & Buck, 2006).	Se realizará la medición con el equipo analizador de energía Fluke 434 a través de los CT's de gancho. Su unidad de medida son los Amperes (A).

Continuación tabla II.

Eficiencia	Es el porcentaje de aprovechamiento de energía del SAI, con este valor se pueden calcular las perdidas (Boylestad, 2004).	Este parámetro se medirá comparando la potencia de entrada del equipo con la potencia de salida hacia la carga crítica.
Energía	La energía es la capacidad que poseen los cuerpos para poder efectuar un trabajo a causa de su constitución (energía interna) o de su posición (energía potencial) (Ecured, s.f.).	El equipo de calidad de energía Fluke 434 registrará este dato siempre y cuando los PT's y CT's estén conectados correctamente, su unidad de medida es de kWH
Factor de potencia	Es un indicador cuantitativo del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica, indica la cantidad de energía que se ha convertido en trabajo (Hayt & Buck, 2006).	El equipo de calidad de energía Fluke 434 registrará este dato siempre y cuando los PT's y CT's estén conectados correctamente.
Potencia	La potencia eléctrica es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo, es decir, la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un tiempo determinado. (Ecured, s.f.).	El equipo de calidad de energía Fluke 434 registrará este dato siempre y cuando los PT's y CT's estén conectados correctamente, estos valores varían conforme pasa el tiempo por lo que se analizará el valor máximo que se encuentre en el período analizado, la unidad de medida es kW.

Continuación tabla II.

Tiempo de Respaldo del SAI	Es el tiempo en el cual el SAI suministrará energía a la carga crítica ante un corte de energía, generalmente para los centros de cómputo este tiempo es variable desde 5 minutos hasta 30 minutos dependiendo del requerimiento de diseño.	Este parámetro se consultará directamente de la pantalla del SAI, es la única forma de validar de forma segura, la otra forma sería descargar el equipo, pero es una forma insegura que pone en peligro la operación.
Voltaje	El voltaje es una diferencia de potencial y se define como el trabajo que se realiza (por un agente externo) al mover una unidad de carga positiva de un punto a otro en un campo eléctrico (Hayt & Buck, 2006).	Se medirá el voltaje entre las fases con el equipo analizador de energía Fluke 434 colocando los PT's en las barras eléctricas del equipo, la unidad de medida son los Volts (V).
Voltaje de línea a neutro	El voltaje es una diferencia de potencial y se define como el trabajo que se realiza (por un agente externo) esta medición se hace de una fase al neutro del sistema. En Guatemala el voltaje 120/208V utiliza neutro y un voltaje 480V raramente lo utiliza (Hayt & Buck, 2006).	Se medirá el voltaje entre la fase y el neutro con el equipo analizador de energía Fluke 434 colocando los PT's en la barra del neutro y una fase, esto dependerá de la configuración del SAI, la unidad de medida son los Volts (V).

Fuente: elaboración propia.

9.3. Fases del estudio

A continuación, se definirán las fases de estudio que se estarán aplicando en el presente diseño de investigación para la obtención de datos, así como todas las mediciones necesarias a los Sistemas de Alimentación Ininterrumpida.

9.3.1. Fase 1: exploración bibliográfica

Se describen los conceptos más importantes relacionados a los centros de cómputo, así como los componentes necesarios para la operación desde la entrada principal de alimentación eléctrica hasta el distribuidor de energía a la entrada de los equipos de los centros de cómputo. También se describirán todas las topologías y modos de operación de los sistemas de alimentación ininterrumpida.

9.3.2. Fase 2: recolección de datos

Se realizará una visita al lugar donde está instalado el Sistema de Alimentación Ininterrumpido (SAI) el día que se le realiza el mantenimiento preventivo, estos se realizan por lo regular en horarios inhábiles sin afectar la operación del equipo. Seguido de esto se conectará el equipo de calidad de energía Fluke 434 a la entrada del SAI durante un tiempo de 1 día, después se conectará a la salida del SAI durante un tiempo de 1 día, con esto se tiene los datos de consumo de energía, potencia y en general de los parámetros eléctricos de operación. Se tomarán dimensiones físicas de los equipos, así como distancias de los tableros de distribución normal y regulada. Estos datos se graban en la memoria del analizador de energía Fluke 434.

Figura 11. **Equipo de calidad de energía**



Fuente: Fluke. (s.f.). *Analizador de calidad de energía Fluke 434 Serie II.*

9.3.3. Fase 3: análisis de calidad de energía

El equipo analizador de red grabará los parámetros importantes para esta investigación que servirán para realizar el análisis de los Sistemas de Alimentación Ininterrumpida, se realizarán en las siguientes tablas:

Tabla III. **Valores de voltaje del SAI**

Descripción	Voltaje de Entrada (V)	Voltaje de Salida (V)
V_{L1-L2}		
V_{L2-L3}		
V_{L3-L1}		
V_{L1-N}		
V_{L2-N}		
V_{L3-N}		

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Valores de corriente del SAI**

Descripción	Corriente de Entrada (A)	Corriente de Salida (A)
I_1		
I_2		
I_3		

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Valores de potencia del SAI**

Descripción	Potencia de Entrada (kW)	Potencia de Salida (kW)
P_1		
P_2		
P_3		

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Valores de Factor de Potencia del SAI**

Descripción	Factor de Potencia de Entrada	Factor de Potencia de Salida
FP_1		
FP_2		
FP_3		

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Características de SAI**

Descripción	Valor
Marca	
Modelo	
Capacidad	
Carga actual	
Tiempo de autonomía	
Tipo de conexión	
Escalable	
Eficiencia según placa	
Eficiencia medida con equipo analizador	

Fuente: elaboración propia.

Además de las tablas se adjuntarán las gráficas correspondientes a cada medición realizada en el tiempo estimado para cada valor a una escala adecuada, para su correcta interpretación.

9.3.4. Fase 4: propuesta del nuevo diseño para mejorar la eficiencia energética

Se evaluará una posible mejora como el reemplazo por un equipo más eficiente y los factores de instalación que se deberían considerar para realizar este cambio, en este punto se utilizarán el software para evaluar una nueva configuración y determinar el consumo de energía de este nuevo sistema. Se presentará una propuesta con un modelo de equipo sugerido, así como una cotización presupuestal para evaluar la viabilidad del proyecto y poder hacer una

comparación entre los beneficios y desventajas de realizar el cambio a un nuevo SAI. Además de realizar todas las consideraciones que se deben de tomar en cuenta al realizar este cambio y las consecuencias que esto puede representar, esto puede ser un factor determinante para evaluar la viabilidad del proyecto. El nuevo sistema de alimentación ininterrumpido se comparará con el que tenga la institución operando para poder visualizar de una manera rápida las ventajas de cada sistema, estas características se mostrarán en la siguiente tabla:

Tabla VIII. **Cuadro comparativo de sistemas de alimentación ininterrumpido**

Descripción	SAI Actual	SAI Propuesto
Capacidad máxima		
Voltaje de operación		
Corriente máxima de entrada		
Eficiencia		
Tiempo de respaldo		
Escalable		
Dimensiones físicas		

Fuente: elaboración propia.

9.3.5. Fase 5: estimación de ahorro energético

Con el diseño del nuevo SAI propuesto se realizará un análisis financiero básico para estimar el costo de operación que tendría el SAI propuesto más el costo de la adquisición, instalación y puesta en marcha contra el costo de

operación que tiene el SAI instalado, este análisis brindará una conclusión objetiva sobre la viabilidad de realizar el cambio. Los datos que se tomarán en cuenta para realizar este análisis son los siguientes:

- Costo de adquisición de equipo
- Costo de instalaciones eléctricas
- Costo de mantenimiento rutinario trimestral

Estos datos se sumarán debido a que este será el costo de la inversión inicial que el cliente debe realizar. Cada costo se desglosará en cuadros con precios en quetzales y también se tendrá una memoria de cálculo para las instalaciones eléctricas, así como la rutina de mantenimientos para el SAI propuesto.

Se estimará el costo actual de operación del SAI instalado y en este punto se procederá a realizar el análisis financiero entre la inversión inicial y el costo de operación del equipo por un periodo de 10 años, este periodo es el tiempo de vida útil que ofrecen la mayoría de los equipos actuales en el mercado.

9.3.6. Fase 6: presentación y discusión de resultados

En esta fase se presentará los resultados de una forma resumida y se podrá realizar una conclusión sobre el sistema de alimentación ininterrumpido con el que cuenta la instalación y el tiempo que tomará retornar la inversión, el proyecto en base a los cálculos puede ser viable o no, incluso se puede tener un ahorro energético pero la entidad puede ver muchas operaciones que afectarán la operación del centro de cómputo y rechazar el cambio.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La recolección de información se realizará directamente del analizador de calidad de energía Fluke 434 Serie II, el cual medirá de forma continua durante un día los cables de potencia a la entrada y a la salida del sistema de alimentación ininterrumpida (SAI), para esto se conectarán los transformadores de corriente y de potencial del equipo Fluke 434 Serie II a los cables de potencia y se grabarán los datos.

La memoria grabará toda la información en donde se obtendrá la medición de energía durante el período analizado, corriente, voltaje, distorsión armónica, fluctuaciones y cualquier fenómeno eléctrico que ocurra en ese momento. El medidor de calidad de energía cuenta con un programa para computadora llamado “*Fluke View*” en donde se trasladará la información para su análisis, en el software se extraerán las gráficas y datos necesarios para el análisis técnico.

Para realizar el análisis se presentarán las siguientes tablas en función de los datos que serán obtenidos del medidor de energía:

- Tabla comparativa de valores de potencia y energía de entrada y salida
- Tabla comparativa de valores de voltaje de entrada y salida
- Tabla comparativa de valores de corriente de entrada y salida
- Tabla comparativa de valores de factor de potencia de entrada y salida
- Tabla comparativa de valores de distorsión armónica
- Cuadro de eficiencia en base a los datos analizados

El equipo de calidad de energía cuenta con la característica de realizar gráficos estadísticos en base a los registros que almacene en su memoria, por lo que se presentarán los siguientes datos estadísticos:

- Gráfica de potencia y energía de entrada y salida, máximos y mínimos.
- Gráfica de valores de voltaje por fase para la entrada y salida, máximos y mínimos.
- Gráfica de valores de corriente por fase para la entrada y salida, máximos y mínimos.
- Gráfica de valores de distorsión armónica máxima.
- Análisis estadístico del costo del consumo de energía proyectado a 10 años, este análisis será realizado en base al costo del kWh que le cobre a la institución la distribuidora de energía, para lo cual se realizará un gráfico.
- Análisis financiero sobre el costo de inversión inicial por la instalación de un SAI de una eficiencia superior y el ahorro energético que se puede tener.
- Gráfico comparativo del ahorro de energía entre el SAI actual y el propuesto.

11. CRONOGRAMA

Para darle un seguimiento a la realización de la investigación según lo planteado en las fases de estudio se establecieron los tiempos necesarios para el cumplimiento de cada una de las fases.

Tabla IX. **Cronograma de actividades**

	2021												
Actividad	Enero			Febrero			Marzo		Abril		Mayo		Junio
Fase 1: Exploración bibliográfica													
Fase 2: Recolección de datos													
Fase 3: Análisis de calidad de energía													
Fase 4: Propuesta del nuevo diseño para mejorar la eficiencia energética													
Fase 5: Estimación de ahorro energético													
Fase 6: Presentación y discusión de resultados													

Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

La investigación se realizará en una entidad donde se cuenta con un Sistema de Alimentación Ininterrumpida instalado y operando todo el día, se solicitarán los permisos necesarios para realizar las mediciones, se tiene planeado hacerlas en los servicios de mantenimientos que se realizan al equipo de forma trimestral y que se encuentran en contrato de servicio.

Tabla X. **Recursos para el desarrollo de la investigación**

Recurso	Costo
Equipo de medición Fluke 434 Serie II	Q 0.00
Multímetro digital	Q 0.00
Transporte	Q 400.00
Consumibles, laptop, hojas	Q 400.00
Asesor	Q2,500.00
Total	Q 3,300.00

Fuente: elaboración propia.

El sitio en donde se realizarán las mediciones, el equipo de calidad de energía Fluke 434 Serie II y el multímetro digital serán proporcionados por una empresa que cuenta con los equipos, el Sistema de Alimentación ininterrumpido está actualmente instalado y se encuentra bajo un contrato de mantenimiento, por lo que es factible realizar el trabajo de investigación. Para el equipo de calidad de energía se cuenta con la alternativa de poder rentarlo por el tiempo en el que se realizarán las mediciones.

13. REFERENCIAS

1. Alvarez, J. (6 de julio de 2016). *Gas insulated switchgear - Medium voltage*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://new.ab-b.com/medium-voltage/switchgear/gas-insulated-switchgear>.
2. BCRA, L. (2007). *Requisitos mínimos de gestión, implementación, y control de los riesgos relacionados con tecnología informática, sistemas de información y recursos asociados para las entidades financieras*. Buenos Aires, Argentina: Claridad.
3. Baper. (20 de noviembre de 2014). *Tablero de Transferencia Manual*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://baper.net/producto/tablero-de-transferencia-manual-ttm/>.
4. Castella, A. (2017). *Diseño con sistemas de alimentación ininterrumpida*. México, México: Ingeniería Hoy.
5. CESE. (5 de octubre de 2018). *Código Eléctrico Nacional Fire Protection*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://ceseconsultores.com/codigo-electrico-nacional/>
6. EATON. (2 de marzo de 2010). *Panelboards y Switchboards*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.eaton.com/us/en-us/products/low-voltage-power-distribution-control-systems/-switchboards.html>

7. Electronica, U. (31 de octubre de 2015). *Tipos de Batería en UPS, No Break, SFI, SAI*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://unicrom.com/tipos-de-bateria-en-ups-no-break-sfi-sai/>
8. Everywhere, E. (26 de junio de 2020). *Grupel*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://grupel.eu/es/grupel-es/grupo-electrogeno/>
9. Fluke. (s.f.). *Analizadores de calidad eléctrica y energía 434-II y 435-II de Fluke*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.fluke.com/es-gt/producto/comprobacion-electrica/calidad-electrica/434-435>.
10. GTI. (23 de enero de 2017). *Software and Networking*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <http://noticias.gti.es/fabricantes/que-es-una-pdu-y-para-que-sirve/>
11. Hidromec. (9 de noviembre de 2018). *Que es un sistema contra incendios*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://hidromecingenieros.com/que-es-un-sistema-contra-incendios/>
12. IBM. (marzo de 2012). Las mejores prácticas de eficiencia operativa en el data Center. *IBM Global Technology Services, vol 1*, pp. 1-20.
13. INPE. (22 de noviembre de 2018). *Cómo funciona una transferencia automática*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.inp-esv.com/productos/como-funciona-una-transferencia-automatica/>

14. KIO . (15 de diciembre de 2015). *La Gestión correcta de un Data Center Networks*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.kionetworks.com/hubfs/Campa%C3%B1a%20Inbound%20Data%20center/AW/Entregable%20Awareness.pdf>.
15. McCarthy, K., y Avelar, V. (2015). *Comparación de las configuraciones del diseño del sistema UPS*. México, México: Schneider Electric.
16. Monier, J. (junio de 2020). *Galaxy VS. Schneider Electric, vol 1*, pp. 1-12.
17. Mora, J. (2003). *Máquinas Eléctricas*. Madrid, España: McGraw-Hil.
18. Networld Consulting. (2018). *Data Center: estudio y diseño*. Paraguay, Paraguay: ICT.
19. Nivian. (18 de abril de 2017). *Cámara IP*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.nivianhome.com/es/que-es-una-camara-ip/>
20. Nuñez, S. (2016). *Diseño de un Sistema de alimentación ininterrumpida de un Centro de Procesamiento de Datos*. Madrid, España: Universidad Carlos III.
21. Ryctel. (31 de marzo de 2017). *Canaletas Metálicas*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <http://ryctel.com/productos/lineatelecomunicaciones/productos-canalizacion/canaletas-metalicas/>

22. Schneider Electric. (25 de mayo de 2010). *InfraStruxure PDU, 150kVA, 416A, 480V:208V Isolation Transformer, 84 Poles, 1 Subfeed*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.se.com/ww/en/product/PDPB150G6F/infrastruxure-pdu%2C-150kva%2C-416a%2C-480v%3A208v-isolation>
23. SEDEMI. (7 de agosto de 2015). *Bandejas Portacables*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <http://www.sedemi.com/index.php/soluciones/division-portacables>
24. Serrano, M. (2008). *Sistema de puesta a tierra y protección para telecomunicaciones*. Guatemala, Guatemala: (Tesis Ingeniería).
25. Solis, J. (2019). *UPS, Gestión, mantenimiento y ciclo de vida de sistemas de alimentación ininterrumpida monofásicos*. Ingeniería Eléctrica, vol 1, pp. 1-7.
26. Tecnología. (8 de octubre de 2015). *Cables eléctricos y tipos*. [Mensaje de blog]. Recuperado de: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/cables-conductores.html>
27. TECSSAC. (14 de julio de 2018). *Sistema de Aire Acondicionado de Precisión*. [Mensaje de blog]. Recuperado de: <https://www.tecssac.com/sistema-de-aire-acondicionado-de-precision/>
28. Torell, W. (2017). *Costo y confiabilidad de compensaciones entre configuraciones N+1 de UPS*. México, México: Schneider Electric.

14. APÉNDICES

Apéndice 1. Árbol de problemas



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Matriz de coherencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGIA	PLAN DE ACCION
<i>Pregunta principal:</i> ¿Cómo analizar un sistema de alimentación ininterrumpida que sea confiable para centros de cómputo con un mejor ahorro energético?	<i>Objetivo general:</i> Analizar técnicamente un sistema de alimentación ininterrumpida que sea confiable para centros de cómputo con un mejor ahorro energético.	Nivel de redundancia del sistema de alimentación ininterrumpido.	Exploración Bibliográfica sobre modelo de equipo analizado y visita en sitio para inspección visual del equipo.	Se realizará una visita al lugar donde está instalado el sistema de alimentación ininterrumpido el día que se le realiza el mantenimiento, posiblemente en horario inhábil (1) Día.
<i>Preguntas auxiliares:</i> 1. ¿Cuáles son los parámetros más importantes que se deben tomar en cuenta para el diseño de sistemas de alimentación ininterrumpida para los centros de cómputo?	<i>Objetivos específicos:</i> 1. Identificar los parámetros más importantes que se deben tomar en cuenta para el diseño de sistemas de alimentación ininterrumpida para los centros de cómputo.	Voltaje de operación Distancias mínimas de instalación. Disipación térmica. Mantenimiento de equipo. Modularidad Escalabilidad	Exploración bibliográfica. Diseño de equipos mediante software. Medición de distancias recomendadas en los espacios actuales.	Se realizará una exploración bibliográfica en donde se pueda determinar los parámetros más importantes y el uso de un software, el cual solicita los parámetros más importantes. (10) días.
2. ¿Cuánto es el consumo de energía con el que operan los sistemas de alimentación ininterrumpida en los centros de cómputo?	2. Determinar el consumo de energía con el que operan los sistemas de alimentación ininterrumpida en los centros de cómputo.	Energía Eléctrica. Tiempo de operación.	Medición de energía eléctrica a través del analizador de energía Fluke 434	Se realizará una medición con el equipo de calidad de energía Fluke 434 a la entrada y salida del sistema de alimentación ininterrumpida (1) Día.
3. ¿Cuál será el mejor sistema de alimentación ininterrumpida que garantice la confiabilidad de operación?	3. Definir el mejor sistema de alimentación ininterrumpida que garantice la confiabilidad de operación.	Lista de características principales del sistema de alimentación ininterrumpido.	Comparación con otros sistemas de alimentación ininterrumpida de distinta marca. Analizar pros y contras de la solución propuesta.	Se realizará una investigación de los sistemas de alimentación ininterrumpida más vendidos y un cuadro comparativo para evaluar los pros y contras. (10) días.
4. ¿Cuál es el ahorro energético que podría lograr a tener un centro de cómputo si aumenta la eficiencia de los sistemas de alimentación ininterrumpida?	4. Estimar el ahorro energético que podría tener un centro de cómputo si aumenta la eficiencia de los sistemas de alimentación ininterrumpida.	Costo Inicial Costo de Operación de Mantenimiento. Costo de Infraestructura. Ahorro energético.	Diseño a través de software. Cotización de equipos mediante software. Cotización de mantenimiento trimestral de equipo. Verificación de la tasa por <u>kwh</u> que paga la entidad.	Se realizará un diseño mediante software propio de la marca el cual arrojará un informe de los equipos sugeridos y cotización de los mismos. Se aplicará ingeniería para realizar la infraestructura eléctrica necesaria para la instalación. (10) días.

Fuente: elaboración propia.