



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

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE UNIDADES DE POTENCIA INTELIGENTES (iPDUS) Y SENSORES AMBIENTALES EN CENTRO DE DATOS DE SERVICIO DE “COLOCATION” UBICADO EN ZONA 12 PARA LA GESTIÓN Y MEJORA DEL USO EFICAZ DE LA ENERGÍA (PUE)

Bryan Alfredo Antonio Villela Chinchilla

Asesorado por M. Sc. Luis Eduardo Hernández González

Guatemala, marzo de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE UNIDADES DE POTENCIA INTELIGENTES (iPDUS) Y SENSORES AMBIENTALES EN CENTRO DE DATOS DE SERVICIO DE “COLOCATION” UBICADO EN ZONA 12 PARA LA GESTIÓN Y MEJORA DEL USO EFICAZ DE LA ENERGÍA (PUE)

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

BRYAN ALFREDO ANTONIO VILLELA CHINCHILLA
ASESORADO POR M.SC. ING. LUIS EDUARDO HERNÁNDEZ GONZÁLEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, MARZO DE 2023

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. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Marvin Marino Hernández Fernández
EXAMINADOR	Ing. José Gilberto González Padilla
EXAMINADOR	Ing. Luis Manuel Pérez Archila
SECRETARIO	Ing. 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 PARA EL PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE UNIDADES DE POTENCIA INTELIGENTES (iPDUS) Y SENSORES AMBIENTALES EN CENTRO DE DATOS DE SERVICIO DE “COLOCATION” UBICADO EN ZONA 12 PARA LA GESTIÓN Y MEJORA DEL USO EFICAZ DE LA ENERGÍA (PUE)

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 15 de octubre de 2022.



Bryan Alfredo Antonio Villela Chinchilla



ESCUELA DE ESTUDIOS DE _____

_____ FACULTAD DE INGENIERÍA

EEPFI-PP-2130-2022

Guatemala, 17 de noviembre de 2022

Director
Armando Alonso Rivera Carrillo
Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica
Presente.

Estimado Ing. Rivera

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE UNIDADES DE POTENCIA INTELIGENTES (IPDUS) Y SENSORES AMBIENTALES EN CENTRO DE DATOS DE SERVICIO DE COLOCATION UBICADO EN ZONA 12 PARA LA GESTIÓN Y MEJORA DEL USO EFICAZ DE LA ENERGÍA (PUE)**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Energía Aplicada - Uso Eficiente de la Energía - Pérdidas en los sistemas eléctricos**, presentado por el estudiante **Bryan Alfredo Villela Chinchilla** carné número **200517750**, 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,

"Id y Enseñad a Todos"

Luis Eduardo Hernández González
Ingeniero Electricista
Colegiado No. 10397

Mtro. Luis Eduardo Hernández González
Asesor(a)

Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador(a) de Maestría

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





EEP-EIME-1740-2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica de la Facultad de Ingenieria 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 PARA EL PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE UNIDADES DE POTENCIA INTELIGENTES (IPDUS) Y SENSORES AMBIENTALES EN CENTRO DE DATOS DE SERVICIO DE COLOCATION UBICADO EN ZONA 12 PARA LA GESTIÓN Y MEJORA DEL USO EFICAZ DE LA ENERGÍA (PUE)**, presentado por el estudiante universitario **Bryan Alfredo Villela Chinchilla**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingenieria en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
Director
Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica

Guatemala, noviembre de 2022



LNG.DECANATO.OI.294.2023

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 Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE UNIDADES DE POTENCIA INTELIGENTES (IPDUS) Y SENSORES AMBIENTALES EN CENTRO DE DATOS DE SERVICIO DE COLOCACIÓN UBICADO EN ZONA 12 PARA LA GESTIÓN Y MEJORA DEL USO EFICAZ DE LA ENERGÍA (PUE)**, presentado por: **Bryan Alfredo Antonio Villela Chinchilla**, después de haber cumplado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.



IMPRÍMASE:

Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, marzo de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por bendecirme con las oportunidades para lograr mis metas y objetivos.
Mis padres	Helmuth Villela y Silvia Chinchilla por ser mi ejemplo por seguir y darme la oportunidad desarrollarme personal y profesionalmente.
Mis hermanos	Helmuth y Sebastián Villela por darme su apoyo cuando lo necesito
Mi esposa	Perla Alvarado, por lograr desarrollar lo mejor de mí y su amor incondicional
Mis hijos	Gabriel e Izán Villela por darme una razón más para lograr mis objetivos.
Mis amigos	Por su apoyo y consistencia para motivarme

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala

La Universidad de San Carlos de Guatemala, prestigiosa casa de estudios, siempre durante todos estos años.

Amigos

Felipe Castillo, Diego González, Jonathan Chacón y José Antonio Hernández, Silvia Mendizábal y Sergio Cortez por alentarme a concluir con mi carrera profesional

Compañeros

Rudy García, Luis Lepe, Héctor Alvisurez y Daniel Solís por ser los mejores acompañantes y soporte en el tiempo de estudio

Ingeniero

Luis Hernández por su tiempo y empeño para concluir este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
3.1. Descripción del problema	9
3.2. Formulación del problema	10
4. JUSTIFICACIÓN	13
5. OBJETIVOS	15
5.1. General.....	15
5.2. Específicos	15
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	17
7. MARCO TEÓRICO.....	19
7.1. Centro de datos	19
7.2. Componentes de los centros de datos	21
7.3. Conectividad de la red.....	22

7.4.	Servidores	23
7.5.	Energía.....	23
7.6.	Monitoreo	24
7.7.	Efectividad del uso de energía (PUE)	24
7.8.	Unidades de distribución potencia	26
7.9.	Sensores ambientales.....	27
7.10.	Sistema de alimentación ininterrumpida (UPS).....	27
7.11.	Sistemas de enfriamiento o Aires acondicionados.....	28
7.12.	Gabinetes o racks	30
7.13.	Tipos de centros de datos	30
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	33
9.	METODOLOGÍA	35
9.1.	Características del estudio	35
9.2.	Unidades de análisis	36
9.3.	Variables	36
9.3.1.	Eficiencia energética	36
9.3.2.	Potencia instalada	36
9.3.3.	Uso Eficaz de la Energía (PUE)	37
9.3.4.	Eficiencia en los centros de datos (DCIE)	37
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS.....	41
11.	CRONOGRAMA	43
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	45
13.	REFERENCIAS	47

14. APÉNDICE 51

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Árbol del Problema.....	10
2.	Centros de datos confinados por bahías.....	20
3.	Componentes de los Centros de Datos.....	21
4.	Bloques de los centros de datos actuales	22
5.	PUE.....	25
6.	Unidades de distribución de potencia inteligentes.....	26
7.	Estrategias de enfriamiento para Centros de Datos.....	29
8.	Pasillos calientes y fríos	29
9.	Tipos de Centros de datos	31
10.	Mapa de monitoreo y control del centro de datos.....	42
11.	Cronograma	43

TABLAS

I.	Eficiencia según los valores de PUE y DCiE.....	9
II.	Tasa de Disponibilidad	31
III.	Tabla toma de datos por tipo de equipos	41
IV.	Recursos Financieros necesarios para la investigación.....	45

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
TI	Abreviatura Tecnologías de la Información
A	Amperios
DC	Centro de datos
LEED	Certificación de edificaciones verdes
PUE	Efectividad del uso de energía
DCIE	Eficiencia de la infraestructura del centro de datos
DCIM	Gestión de la Infraestructura del Centro de Datos
°C	Grados Celsius
ANSI	Instituto Nacional de Estándares de Estados Unidos
kW	Kilowatts
TIA	La Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones
ASHRAE	La Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado
PDU	Unidades de distribución de potencia
UPS	Sistema de iluminación ininterrumpida
TIC	Tecnologías de la información
TWh	Tera Vatios hora
V	Voltios

GLOSARIO

ANSI	Instituto Nacional de Estándares de Estados Unidos, es una organización sin ánimos de lucro que supervisa el desarrollo de estándares para productos, servicios, procesos y sistemas de los Estados Unidos.
ASHRAE	La Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado es una asociación profesional estadounidense que busca avanzar en el diseño y la construcción de sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado y refrigeración.
Centro de datos	Espacios físicos donde se instalan los equipos activos que almacenan la información de las empresas.
Colocation	Se refiere al termino de reubicar un centro de datos para que sea utilizado por varios usuarios.
Containers	Son secciones protegidas del sistema operacional reservado para aplicaciones específicas.
Consumo energético	El consumo energético es el gasto total de energía para un proceso determinado.

<i>Edge Computing</i>	Es una forma de fusionar la distribución geográfica y su interacción con la tecnología en la nube.
Eficiencia Energética	La eficiencia energética es la obtención de los mismos bienes y servicios energéticos, pero con mucha menos energía, con la misma o mayor calidad de vida, con menos contaminación, a un precio inferior al actual, alargando la vida de los recursos y con menos conflicto.
Energía Eléctrica	Es una forma de energía que se deriva de la existencia en la materia de cargas eléctricas positivas y negativas que se neutralizan.
<i>Free-cooling</i>	Se trata de una tecnología para reducir los costos por enfriamiento en un centro de datos. Consiste en aprovechar el uso de temperatura ambiente y/o aire fresco de forma natural o agua en lugar de la refrigeración mecánica.
Huella de Carbono	Es un indicador ambiental que pretende reflejar «la totalidad de gases de efecto invernadero emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto».
PUE	La efectividad del uso de la energía o PUE es una métrica para medir la eficiencia y determinar el consumo energético en los centros de datos. Una

definición simple de la PUE es la relación entre la energía total de la instalación y la energía del equipo de TI utilizada en un centro de datos.

Sensores ambientales Los sensores ambientales son dispositivos de control que aumentan la protección, y a su vez disminuyen riesgos y costos.

Servidores Es un sistema que proporciona recursos, datos, servicios o programas a otros ordenadores, conocidos como clientes, a través de una red.

TIA Es la principal asociación comercial que representa al mundo de la información y la comunicación (TIC) a través de la elaboración de normas, los asuntos de gobierno, oportunidades de negocios, inteligencia de mercado, la certificación y en todo el mundo el cumplimiento de la normativa ambiental.

Unidad de Potencia Equipos eléctricos para conexión de varios equipos de TI al mismo tiempo en los gabinetes.

RESUMEN

En este trabajo se busca determinar el punto crítico de consumo energético, dentro de un Centro de Datos de Colocation ubicado en zona 12, por medio de la referencia de eficiencia internacional denominada PUE; esto con la intención de determinar los equipo de TI que se encuentran fuera del promedio de consumo y deben ser monitoreados en tiempo real, por lo que se propone conectarlos a Unidades de Distribución de Potencia Inteligentes, que brinden alertas, estadísticas en tiempo real y mapeo de las causas del excedente de consumo energético que tienen actualmente.

La métrica de eficacia del uso de energía (PUE), se ha convertido en el estándar de facto para medición de la eficiencia energética del DC. PUE compara la potencia total que entra en un DC, con la cantidad de energía utilizada para alimentar los equipos de TI (servidores, almacenamiento y red). Cada vez se ejerce más presión sobre los administradores de los centros de datos, para tomar medidas para reducir el PUE. Desafortunadamente, el uso adecuado de PUE a menudo es mal entendido y, al centrarse únicamente en esta única métrica, puede significar que los administradores de los centros de datos están perdiendo otras oportunidades para lograr reducciones importantes en el consumo energético.

Por lo que se instalarán analizadores de consumo energético, por gabinete y conectados a cada uno de los servidores instalados, se tomarán datos cada 15 minutos en un lapso de 3 meses; con lo que se realizarán comparativos y estadística descriptiva que detalle los valores que están fuera

del rango de operación y de consumo energético estándar, que deben tener los equipos.

Al contar con esta información, se determinará que equipos se deben llevar a mantenimiento y que equipos se deben cambiar, esto dará inicio al plan de implementación de Unidades de Distribución de Potencia Inteligentes, que darán un detalle en tiempo real del consumo de los equipos de TI y darán detalles de consumo adicionales como parámetros de corriente, voltaje, factor de potencia y horarios de uso, con la opción a adicionar sensores ambientales, que brindarán parámetros de flujo de aire, goteo, condensación y demás factores alternos que puedan afectar la correcta operación del Centro de Datos.

Cumpliendo con un plan de implementación de dos Unidades de Distribución de Potencia Inteligentes, por cada gabinete, ya que el Centro de Datos cuenta con alimentación redundante, esto quedará registrado en el sistema DCIM y en las hojas de operación, a la que tanto administradores como técnicos tendrán acceso para conocer la configuración del sistema al final de la implementación.

1. INTRODUCCIÓN

Los centros de datos son instalaciones físicas que concentran los recursos de equipos activos para el manejo de la información; tales como, ordenadores, redes, almacenamiento y otros equipos de TI que permiten la correcta operación de una empresa. Cada uno de los elementos contenidos en el centro de datos tienen una función esencial para que las empresas puedan contener su información de forma segura e inmediata.

Al ser una edificación con tanta cantidad de equipos activos es común que su consumo de energía se convierta en un punto álgido de su diseño y operación, por lo que si no se toman en cuenta ciertos factores que indica el estándar TIA-942, que proporciona una serie de recomendaciones y directrices para la instalación de las infraestructuras de los centros de datos.

Un centro de datos se puede diseñar conforme al estándar y se pueden obtener ventajas fundamentales, como lo pueden ser, una nomenclatura estándar, funcionamiento a prueba de fallos, fiabilidad a largo plazo, mayores capacidades de expansión y planificación, y escalabilidad. El gran consumo energético de estas edificaciones y el crecimiento esperado en los próximos años requiere un esfuerzo por lograr una alta eficiencia energética. El PUE es la principal métrica aceptada de forma generalizada por la industria, y proporciona al operador del Centro de Datos una estimación rápida de su eficiencia, comparando los resultados contra mediciones en otros proyectos similares.

El *Power Usage Effectiveness*, o PUE es una métrica definida por *The Green Grid* para medir la eficiencia energética de los centros de datos, con cual se compara el total de energía consumida por un centro de datos, con la cantidad de energía que consumen los equipos de TI, lo que permite conocer la cantidad de pérdida energética en otros equipos, como los sistemas de iluminación y refrigeración

En este trabajo, se planteará la planificación correcta que se debe de tener en un centro de datos para controlar uno de los factores de consumo más grande, como los son los equipos activos instalados en los gabinetes, a través de unidades de distribución de potencia inteligentes (iPDUs), para que gestionen y administren el consumo de dichos equipos, que son el corazón del centro de datos.

2. ANTECEDENTES

Los Centros de Datos iniciaron su historia con una gran cantidad de computadoras en línea, iniciando la era digital. Los primeros sistemas informáticos eran difíciles de administrar y mantener, porque las especificaciones de los sistemas, que se requerían para operar eran muy robustas. Se requerían muchos cableados para mantener todos los sistemas conectados y se empezaron a implementar métodos para organizarlos, como el uso de racks y gabinetes para instalar equipos y paneles de parcheo para organización de cables de red.

Asimismo, un único servidor central consumía mucha electricidad, por lo que necesitaba refrigeración adicional para evitar el sobrecalentamiento. La protección de la infraestructura física era muy importante y las Tecnologías de la Información resultaban muy costosas, por lo que solo se utilizaban con fines militares. La primera medida de seguridad se basaba en monitorear el acceso a la sala de computadoras, para que los equipos no fueran vulnerados o manipulados por alguien no autorizado.

Se puede definir que, “un Centro de Datos es un punto neurálgico para el negocio de muchas empresas, tanto las que prestan sus servicios a través de Internet como las que confían en la nube para sustentar sus aplicaciones corporativas” (Velasco, 2013, p. 1), esto es el punto álgido del negocio de la tecnología actualmente, porque la evolución de la era digital tiene como objetivo principal modernizar los Centros de Datos y encaminar las tecnologías a la modernización de las empresas, hacía el almacenamiento seguro de su información, optimización de sus procesos, tanto internos como externos y

simplificar sus aplicaciones de manera confiada y segura, han hecho que los Centros de Datos tengan distintos usos y especificaciones para mantener la información al alcance de las organizaciones en tiempo real.

Los centros de datos consumen cerca de 200 Tera vatios hora (TWh) de energía por año, y es probable que su uso aumente cerca de quince veces más para 2030 hasta llegar al 8 % de la demanda total de electricidad proyectada. Una cantidad que supera el consumo nacional de energía de algunos países y el 1% de la demanda global de electricidad. La industria de los centros de datos es la responsable de cerca de 0,3% de las emisiones totales de carbono, y el ecosistema de la tecnología de la información y las comunicaciones (TIC) que dependen de ellos, incluidos los dispositivos personales, las redes de telefonía móvil y los televisores, representa más del 2% de las emisiones globales. La huella de carbono de los centros de datos es, por tanto, un foco de preocupación, dado que el creciente sector de las TIC depende de ellos para poder existir. (Jones, 2018, p. 2).

Como lo indica Yanan Liu en su artículo, *Predicción de consumo de energía y mitigación de emisiones basada en el tráfico del centro de datos y PUE para centros de datos globales* se puede utilizar.

La identificación de elementos que perturban el funcionamiento adecuado o pongan en riesgo la productividad del centro de datos, ayudará a generar un cronograma de mejoras detalladas y servirá de parámetro para la implementación de unidades de distribución de potencias inteligentes para mejorar la gestión en los demás centros de datos de Colocation del país y de la región. Para identificar los factores de mejora de gestión y uso eficiente de la energía en el Centro de Datos de

Colocation es necesario realizar un levantamiento de los equipos instalados actuales, tanto como patrones de consumo y especificaciones técnicas que pueden ser de factor crítico, la implementación de las unidades de distribución de potencia brindará un informe detallado y remoto de los factores críticos y desperdicios energéticos actuales. (Liu, 2020, p. 2)

El estudio anterior será la principal base de este trabajo, ya que el levantamiento que se realizará será con su metodología y verificando patrones de consumo, prácticamente se conocerá la taxonomía del Centro de Datos y con base a la toma de métricas, se podrán sacar conclusiones y tomar decisiones, tanto correctivas como predictivas, para mejorar la eficiencia energética dentro del Centro de Datos de Colocation.

El valor del PUE o (Power Usage Effectiveness), ha sido determinada por “The Green Grid” como la métrica para medir la eficiencia energética de los centros de datos. El aumento en el consumo energético de estas construcciones y el crecimiento desmesurado de las TIC, para los próximos años requerirá de un mayor esfuerzo para lograr una alta efectividad en el aprovechamiento de la energía. El PUE ha sido como la métrica principal por la industria, y proporciona al administrador del Centro de Datos, un dato estimado de su eficiencia energética, porque ya existen patrones o similitudes en la industria que pueden servir para comparar dicho funcionamiento.

La métrica de eficiencia del uso de energía (PUE) se ha convertido en un estándar de la industria para informar el rendimiento energético de los centros de datos. Sin embargo, es una métrica incompleta que no aborda la eficiencia del hardware, la productividad energética y el desempeño ambiental. La industria debe enfocarse en adoptar e informar

sistemáticamente métricas más completas, lo que permitiría una mayor comprensión del rendimiento energético del centro de datos. (Horner, 2016, p. 1).

En su trabajo de graduación Carlos Bautista menciona muy bien lo que representa la toma de *Decisiones Gerenciales para la Optimización Energética de un Data Center y porque es por importante*.

La evolución en los centros de datos ha ido a la par de tal manera que se han generado normativas para aprovechar todo el recurso energético necesario para equipar una sala de cómputo que sea tan eficiente como para mantener el servicio a los clientes con una disponibilidad de hasta 99,996%, las normativas incluyen procesos que desde los años 80 llevan a equilibrar los valores del servicio Tecnologías de la Información con la infraestructura que se requiere para operar, ambos conceptos tienen en el diseño gran importancia y para las empresas es necesario entender que el valor real de su negocio puede expandirse a largo plazo si los tiene en su haber. (Bautista, 2017, p. 6).

Actualmente, en centros de datos, muchas organizaciones internacionales se preocupan por desarrollar normas y estándares que ayuden a garantizar y mejorar la disponibilidad y disponibilidad de los servicios que ofrecen estos espacios, para así mejorar las prácticas de diseño e implementación de soluciones y estandarización. de productos.

La actividad computacional de los data centers se ha quintuplicado entre 2010 y 2018. Sin embargo, la cantidad de energía consumida en ellos a nivel mundial ha crecido sólo un 6 % durante el mismo período, gracias a mejoras en eficiencia energética. Una de las causas es que los antiguos

centros de datos que eran operados por compañías tradicionales, como bancos o aseguradoras, se están trasladando a nuevas infraestructuras construidas por proveedores de servicios en la nube, como Amazon Web Services, Microsoft Azure o Google Cloud. La clave aquí es la eficiencia energética que se consigue gracias a desarrollos de software. (Gonzalo, 2020, p. 1).

Adicional, a los softwares de control también existen equipos como las unidades de distribución de potencia inteligentes, que son capaces de monitorear por receptáculo el consumo de cada servidor, administrar su entrada y salida al sistema y sobre todo monitorear su aporte al consumo energético al centro de datos, que ayudará a la toma de decisiones para mejorar la eficiencia energética en estas edificaciones.

Por todo lo anterior, en los centros de datos actuales se ha crecido de manera muy desordenada por lo rápido que ha ido el desarrollo del negocio, por lo que es importante buscar métricas como el PUE o la eficiencia energética general que brinden parámetros para tomas de decisiones y mejoras a implementar en el Centro de Datos de Colocation ubicado en la zona 12, esto con la finalidad de mejorar el desempeño general de los equipos y la satisfacción del administrador, clientes y operadores.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Descripción del problema

Todo este equipo e infraestructura requiere energía, que sumada al consumo directo de los sistemas conforman la factura eléctrica de un centro de datos. El PUE y el DCI indican qué parte de la factura eléctrica es debido a los sistemas de TI directamente y cual al resto de la infraestructura de soporte del centro de datos.

Tabla I. **Eficiencia según los valores de PUE y DCiE**

PUE	NIVEL DE EFICIENCIA	DCiE
3.0	Muy Ineficiente	33%
2.5	Ineficiente	40%
2.0	Promedio	50%
1.5	Eficiente	67%
1.2	Muy Eficiente	83%
1.0	Óptimo	100%

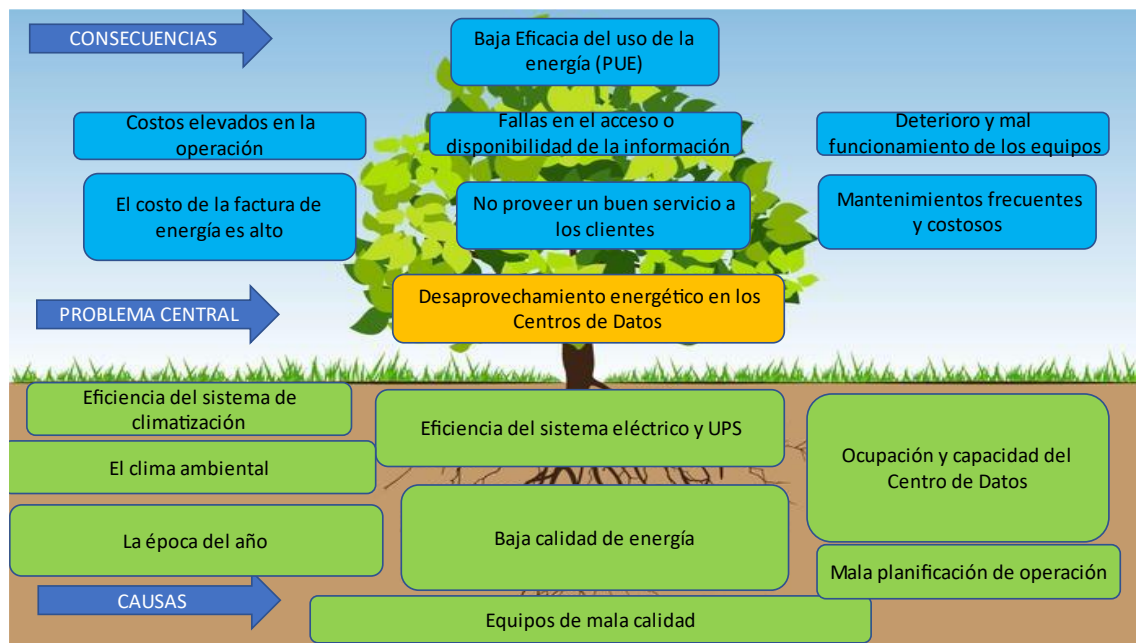
Fuente: elaboración propia (2022)

La importancia que tiene el centro de datos en las organizaciones, lo colocan en una posición que influye en las decisiones administrativas y de proyección de las empresas. El Diseño constituye un 24,3 % de las fallas por las que sufren caídas los centros de datos, esto se debe en gran medida a que las cosas no se diseñan de forma especializada.

Finalmente, los aspectos relacionados a un mal funcionamiento de los productos constituyen un 17 %. La interrupción o caída de servicios y operación

de procesos puede tener como consecuencia costos elevados, teniendo en cuenta que el tiempo promedio que un centro de datos permanece caído es de 90 minutos, la cantidad se eleva hasta miles de dólares, para el caso de empresas de telecomunicaciones o compañías de comercio electrónico donde su modelo de negocio se basa en los servicios que proporcionan a los clientes desde los centros de datos, estas caídas pueden suponerles hasta 11,000 dólares en pérdidas por cada minuto.

Figura 1. **Árbol del Problema**



Fuente: elaboración propia, realizado con PowerPoint (2022).

3.2. **Formulación del problema**

El desaprovechamiento de la energía en los centros de datos se ha vuelto un problema para los operadores y administradores de dichos centros, porque

las medidas de mitigación se han vuelto muy costosas por lo que una perfecta planeación inicial o la implementación de equipos que brinden una ruta adecuada para mejorar el rendimiento energético o PUE en los centros de datos.

Pregunta central

¿Como se reflejan la Ineficiencia energética en los centros de datos que se refleja en alto costo de operación?

Preguntas auxiliares

¿Qué tipo de equipos se deben instalar?

¿Por qué se tiene baja calidad de energía en la ubicación del centro de datos?

¿El diseño y la planificación del centro de datos es el mejor para la topología y ubicación?

4. JUSTIFICACIÓN

La línea de investigación a seguir para diseñar el plan de implementación de unidades de distribución de potencia inteligentes en un centro de datos de Colocation, es para determinar el uso eficiente de la energía en el sector industrial y comercial. Aportaría la identificación de puntos críticos de gasto energético de los equipos activos instalados dentro de los gabinetes, para esto se deben evaluar las especificaciones técnicas de cada equipo y que la compatibilidad de las unidades de distribución de potencia sean las adecuadas para cada espacio físico.

La implementación de equipos de monitoreo energético y ambientales en un espacio de sala blanca donde el consumo de energía y factores externos pueden afectar la productividad y la eficiencia, que se ofrece como parte de valor agregado del producto, ayudará a reaccionar a tiempo y tomar mantenimientos preventivos con un objetivo específico, también beneficiará a no tener cortes imprevistos ya que la disponibilidad anual del centro de datos por contrato debe ser de 99 %.

Es pertinente ya que mejorará el servicio que se brinda a clientes y se disminuirán las fallas, de clientes críticos de servicios públicos que tienen sus equipos esenciales en el centro de datos. La maestría al encontrarse entre en el marco de energía y ambiente, involucra todo análisis profesional dentro del buen funcionamiento del equipo, en donde habrá un beneficio económico derivado de identificar los factores que afectan la eficiencia energética en el lugar.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Plantear procedimiento de mejora para implementar equipos de administración y monitoreo de equipos activos (PDUs Inteligentes) en centro de datos de servicio de *Colocation* en zona 12 de Guatemala para mejorar el factor de eficiencia energética (PUE).

5.2. Específicos

1. Evaluar las condiciones actuales de la red eléctrica de distribución y su comportamiento a la demanda actual, y creciente en el centro de datos de la zona 12 de la Ciudad de Guatemala.
2. Comparar las especificaciones técnicas de los equipos de administración y monitoreo ubicados en el centro de datos de la zona 12 de la Ciudad de Guatemala.
3. Identificar estrategias aplicables para reducir costos de energía eléctrica, en las infraestructuras de TI en el centro de datos de la zona 12 de la Ciudad de Guatemala.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

En este trabajo se pretende identificar, si los equipos activos instalados en el centro de datos de servicio *Colocation*, cumplen con las especificaciones mínimas de calidad y eficiencia energética; que no afecten la operación y continuidad del servicio. La identificación de factores que, afecten el adecuado funcionamiento o pongan en riesgo la productividad del centro de datos, ayudará a generar un cronograma de mejoras detalladas y servirá de parámetro para la implementación de unidades de distribución de potencia inteligentes, para mejorar la gestión en los demás centros de datos de *Colocation* del país y de la región.

Para identificar los factores de mejora de gestión y uso eficiente de la energía en el centro de datos de *Colocation*, es necesario realizar un levantamiento de los equipos instalados actuales, tanto como patrones de consumo y especificaciones técnicas que puedan ser de factor crítico, la implementación de las unidades de distribución de potencia brindará un reporte detallado y remoto de los factores críticos, y desperdicios energéticos actuales.

El *Power Usage Effectiveness*, o PUE es una métrica definida por The Green Grid para medir la eficiencia energética de los centros de datos. El gran consumo energético de estas edificaciones y el crecimiento esperado en los próximos años requiere un esfuerzo por lograr una alta eficiencia energética. El PUE es la principal métrica aceptada de forma generalizada por la industria, y proporciona al operador del Centro de Datos, una estimación rápida de su eficiencia, comparando los resultados contra mediciones en otros proyectos similares.

Se calcula de la siguiente forma: $PUE = \text{Potencia eléctrica total del centro} / \text{Potencia eléctrica total consumida por los sistemas}$. El valor del PUE puede estar en un rango que va desde 1.0 hasta infinito. Un 1.0 de valor indicaría una eficiencia del 100 %. Estudios demuestran que la mayoría de los centros de datos tienen valores de PUE cercanos a 3.0. Con la implementación de buenas prácticas y la optimización de la infraestructura, puede ser factible alcanzar valores de hasta 1.16, como el caso de empresas que enfatizan en la alta eficiencia energética.

Derivado que la Maestría de Energía y Ambiente, existe el uso eficiente de la energía en instalaciones industriales o comerciales, contribuye a ser un buen parámetro para mejorar los más de 20 centros de datos de gran magnitud, que se encuentran instalados actualmente en Guatemala. Al ser un profesional con conocimientos en la ingeniería eléctrica y también en el área ambiental, este proyecto complementa la identificación de los patrones de consumo energético, en el centro de datos y la importancia de cumplir con los parámetros establecidos por *Green Grid*, para la eficiencia energética y cumplimiento de contratos de disponibilidad dentro del centro de datos privado.

7. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se especificó la fundamentación teórica de los diferentes elementos que conforman el proyecto, se formuló la hipótesis y sus variables independiente y dependiente.

7.1. Centro de datos

Son instalaciones o edificaciones construidas específicamente para almacenar infraestructura física que mantendrá a flote los servidores de información.

En la tesis de grado de Jocelyne Nogueira llamada *Procedimientos para auditoría física y medio ambiental de un Data Center basado en la clasificación y estándar internacional TIER*, define muy lo que es un Centro de Datos.

Durante los últimos 40 años, los Data Centers se han ido convirtiendo en la columna vertebral de las organizaciones, pues el funcionamiento del 90 % de ellas depende de él. El significado de Data Center, al ser traducido del inglés, es centro de datos o centro de procesamiento de datos. Es una instalación empleada para albergar los sistemas de información y los componentes asociados a ellos como son los datos. Debido a la importancia que tienen estos datos, así como los SI, para las organizaciones, los Data Center deben ser extremadamente confiables, seguros y capaces de adaptarse al crecimiento y la reconfiguración. (Nogueira, 2013, p. 34).

Los centros de datos son los lugares donde los datos del mundo se procesan, organizan y almacenan. Muchos centros de datos están ubicados en edificios parecidos a los almacenes. Son infraestructuras funcionales que apenas requieren acceso físico, aunque algunos son más estéticos que otros. Suelen ser bastante grandes y por ello se suelen construir en espacios abiertos enormes donde el terreno es barato, como en el estado de Nevada, en EE. UU. Pero, como analizaremos más adelante y en otros artículos, algunos factores que pueden influir son la proximidad a otros operadores y proveedores de energía, el acceso al bajo coste energético y las ayudas por parte del Estado. (Dawn, 2022, p. 1).

Figura 2. **Centros de datos confinados por bahías**



Fuente: Legrand Perú, (2020), *Centro de datos Confinado*.

Los centros de datos a nivel mundial son el corazón de las grandes corporaciones como Amazon, Apple, Microsoft, etc. Por eso mismo, es importante tomar en cuenta el crecimiento en el consumo energético, ya que a

futuro será un factor importante para tomar en cuenta a la hora de hablar de huella de carbono y energías limpias.

7.2. Componentes de los centros de datos

Los componentes del centro de datos incluyen equipos de red de hardware como enrutadores, seguridad, almacenamiento, sistemas de administración como software y aplicaciones, y equipos de administración de energía, incluida la fuente de alimentación ininterrumpida. El diseño del centro de datos debe ser adecuado para la selección de los componentes que darán la mejor operación y funcionalidad, porque estos permitirán identificar elementos críticos que puedan poner en riesgo la continuidad, aún más importante los componentes aseguran una alta eficiencia en el PUE al ser correctamente seleccionados.

Figura 3. Componentes de los Centros de Datos



Fuente: Avance Digital, (2018), *Componentes de los centros de datos*

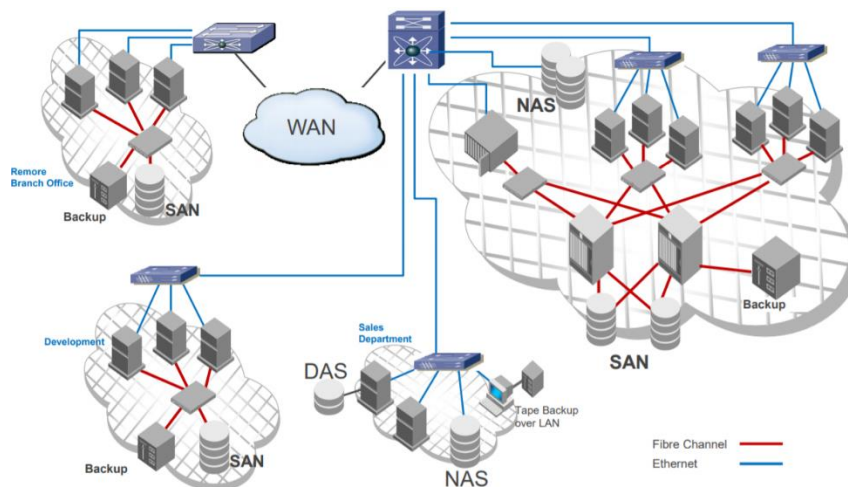
7.3. Conectividad de la red

El principal elemento de la conectividad son los switch o conmutadores, que son dispositivos que reciben y emiten información de una red a otra, por lo que debe contar con una fuente y un destino, para cerrar el ciclo. Los centros de datos de datos tienen un sistema tradicional de funcionar, pero actualmente se está apostando también por una virtualización y el *Clouding* con la intención de no depender de un solo tipo de acceso al sistema por cualquier eventualidad.

Según Marc Salinero (2019)

para afrontar todos los retos y problemas que tienen los *Data Centers* actuales, se plantea una nueva infraestructura dentro de los mismos. Separar todos los dispositivos en cuatro grandes bloques, el bloque de los servidores, el del almacenamiento, el de red y el de los servicios de aplicaciones. Donde el bloque de los servidores y el del almacenamiento, cada vez está más unido. (p. 1).

Figura 4. Bloques de los centros de datos actuales



Fuente: LaSalle Blog (2019), *Bloque de centro de datos actuales*

7.4. Servidores

Los servidores son los equipos físicos o virtuales que hacen funcionar un Centro de Datos, antes eran computadoras que albergaban información importante y su acceso era muy restringido, pero ahora se tienen diferentes capacidades y tecnologías, que se adecuan a cada necesidad, en un centro de datos de *Colocation* los servidores los coloca el cliente final con las características y especificaciones que requiere, pero el mantenimiento es a cargo del proveedor encargado de la infraestructura.

Los primeros servidores eran mainframes o microcomputadoras, que se denominan así por ser mucho más pequeñas que los equipos de mainframe. Sin embargo, conforme progresaba la tecnología, terminaron superando en tamaño a los ordenadores de sobremesa, por lo que el término microcomputadora resultaba un tanto inapropiado. (Ingalls, 2021, p. 1).

El servidor ha evolucionado tanto como definición como producto físico con el desarrollo de la tecnología. Actualmente, un servidor puede virtualizarse por medio de software que se ejecuta de forma remota en uno o más dispositivos informáticos físicos.

7.5. Energía

El concepto de energía en un centro de datos es el eje principal de este tipo de sistemas, ya que, sin esta, no podría funcionar, pero como lo indica la cita anterior, año con año va aumentando este consumo y no se toman medidas adecuadas para mitigar los consumos críticos, o las salidas de operación derivados de la baja eficiencia energética, o una mala planificación de los

mantenimientos a los equipos de TI. La disponibilidad que debe tener un centro de datos de alta eficiencia debe ser arriba del 99 % en todo el año.

La cantidad de energía que consumen los servidores de datos se ha estimado en 205 Tera vatios por hora de electricidad (TWh), o el equivalente al 1% de la que consume el mundo en un año. Otros estudios dicen que este número tira por lo bajo y que sólo la UE consume la mitad de eso en 2020. (Gonzalo, 2020, p. 1).

7.6. Monitoreo

Un Centro de Datos como se ha visto con anterioridad, hospeda procesos organizaciones e información importante que se consideran críticos para las empresas, esto hace que muchos inviertan en equipos que prometan monitoreo en tiempo real para no dejar expuesta o fuera de funcionamiento el acceso a la información en tiempo real que se requiere para operar correctamente.

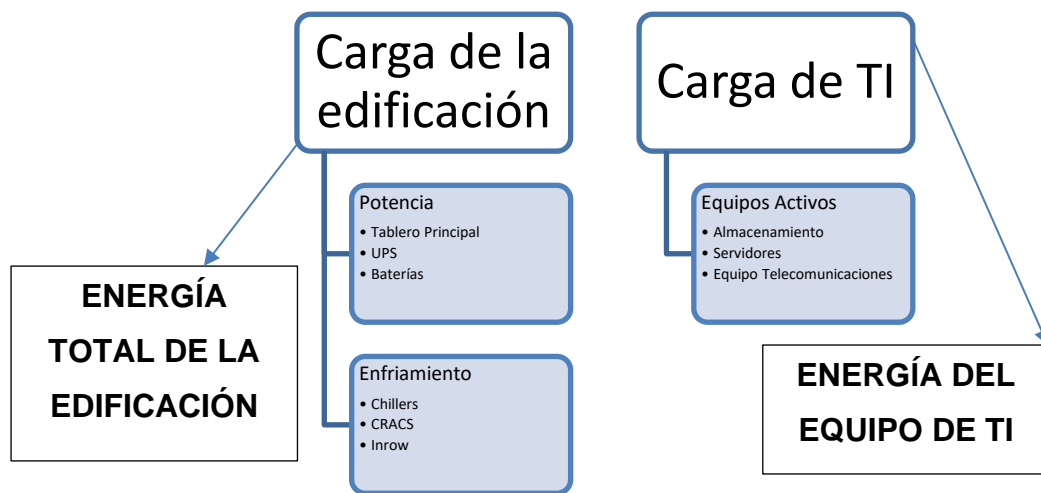
Existen beneficios muy importantes al contar con un sistema de monitoreo para el centro de datos, por ejemplo, mejorar el tiempo de actividad al tener en tiempo real las alertas por cualquier eventualidad, optimización de la capacidad de los equipos instalados, ya que se puede conocer con exactitud el aprovechamiento real, de cada equipo instalado en el centro de datos y la reducción del riesgo a quedar expuesto por una falla o eventualidad no prevista.

7.7. Efectividad del uso de energía (PUE)

La eficiencia del uso de la energía o (PUE, por sus siglas en inglés), es la medida utilizada para determinar la eficiencia energética de un Centro de Datos. Es de gran valor emplear esta métrica para los DC de *Colocation*, ya que tanto

los administradores como los operadores y clientes, podrán tener una visión rápida del consumo energético en el DC, con esto no se desviarán a otros factores que quitan tiempo, sino tomarán decisiones basados en los equipos de TI, que estén dando problemas al hacer un levantamiento correcto.

Figura 5. PUE



$$PUE = \frac{\text{Energía total de la edificación}}{\text{Energía del equipo de TI}}$$

Fuente: elaboración propia, realizado con PowerPoint (2022).

Como se ve en la formula anterior el PUE se comprueba al dividir la cantidad de energía que consume un Centro de Datos, entre la potencia instalada requerida para operar a los equipos de TI, que conforman este DC. Entonces, el PUE se expresa como una división entre las unidades de potencia y enfriamiento, contra los equipos activos de TI que albergan los servidores.

7.8. Unidades de distribución potencia

Las unidades de distribución de energía para racks (PDU para racks), son el último eslabón de la cadena energética y garantizan la entrega de energía esencial para las cargas de TI. Los PDU para racks, están diseñados para distribuir energía a todos los tipos de equipos de TI, dentro del centro de datos. Aunque muchas veces los administradores y diseñadores de los centros de datos, no les dan la importancia como sistemas de monitoreo sino como sistemas de alimentación.

Las unidades de distribución de potencia inteligentes, además de distribuir la potencia en los gabinetes a los equipos de TI, son capaces de monitorear, administrar y controlar el consumo energético en tiempo real, y una característica principal, es el acceso remoto; lo que hace posible la toma de decisiones y mantenimientos más eficientes, ya que se minimiza el tiempo de inactividad de algún equipo o el fallo humano, al momento de realizar intervenciones físicas en el centro de datos.

Figura 6. **Unidades de distribución de potencia inteligentes**



Fuente: Legrand USA, (2016), *Unidades de distribución de potencia inteligentes*.

7.9. Sensores ambientales

Brindan alertas en tiempo real cuando existe alguna posible eventualidad o falla en el DC, estas consiguen aumentar el tiempo de respuesta para atender cualquier riesgo crítico. Puede identificar con facilidad los puntos calientes, enfriar el equipo de manera óptima y evitar sobre costos o incumplimiento de contratos por tiempo fuera de disponibilidad.

Los sensores ambientales, son cada vez más utilizados en los centros de datos, porque proporcionan datos precisos con información sobre el entorno de su centro de datos. Su conjunto de características avanzadas permite una fácil implantación, una clara identificación de los puntos calientes y una mejor gestión del flujo de aire. Los modelos están disponibles para controlar la temperatura, la humedad, el flujo de aire, la presión del aire, el agua/fugas, los cierres de contacto, la detección de proximidad, las vibraciones, etc.

7.10. Sistema de alimentación ininterrumpida (UPS)

Los Sistemas de Alimentación ininterrumpida o (UPS por sus siglas en inglés), son equipos que permiten mantener el flujo de energía eléctrica por medio de baterías, cuando el suministro eléctrico falla o se realiza algún mantenimiento, esto se define como una instalación con alimentación eléctrica redundante y son equipos costosos. Su instalación se considera rentable y necesaria cuando los costos por falta de disponibilidad del DC son mayores que los costos de operación. Sus principales áreas de aplicación son: sistemas de producción y distribución de energía eléctrica, industria química, sistemas de monitoreo masivo, hospitales y principalmente los centros de datos.

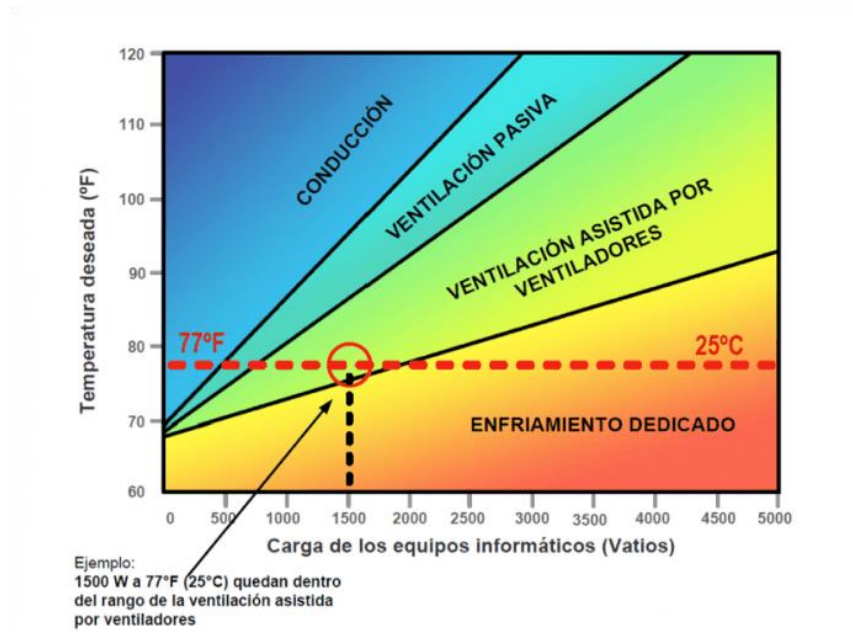
Un UPS es un elemento de trascendental importancia en la continuidad del negocio, más aún si este equipo está ligado a una infraestructura de misión crítica, donde la permanente disponibilidad lo es todo, en consecuencia, los criterios esenciales para elegir un buen UPS no solo recaen en que posea una avanzada tecnología, configuraciones redundantes o arquitecturas descentralizadas, sino en el respaldo de una marca que garantice una constante evolución y adaptación al cambio. (Dueñas, 2021, p. 1).

Los UPS juegan un papel fundamental en el ámbito de la eficiencia energética, por eso es que se debe seleccionar adecuadamente desde la concepción del “Centro de Datos”, es por eso que los fabricantes desarrollan mejores tecnologías para que sean más eficientes, con mayor rendimiento, mejor disipación de calor, y bajas emisiones de CO₂, todo esto con la intención de reducir la huella de carbono de los “Centros de Datos”, incrementando su durabilidad, reutilización de sus ciclos de vida y reciclaje al final de su vida útil.

7.11. Sistemas de enfriamiento o Aires acondicionados

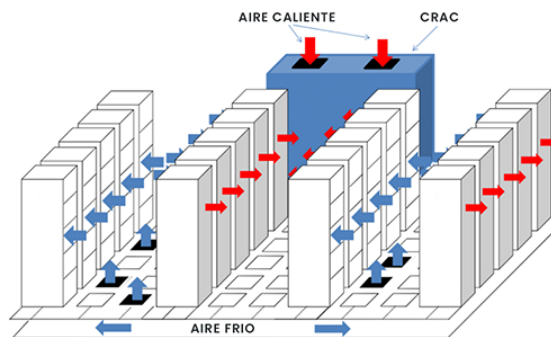
El sistema de refrigeración absorbe el aire caliente de la estancia, y lo convierte en aire fresco devolviéndolo, apoyado por un ventilador súper silencioso. En estos equipos, el frío y el calor llegan por medio de agua caliente o fría. Según estadísticas por la revista Mundo HVAC “90% de la energía generada por los equipos que operan en el Centro de Datos se transforma en calor” (Lozano, 2015, p. 1).

Figura 7. Estrategias de enfriamiento para Centros de Datos



Fuente: IP21 Ingeniería (2017), *Estrategias de enfriamiento para centro de datos*.

Figura 8. Pasillos calientes y fríos



Fuente: Primelines HVAC (2020), *Flujo de aire en el centro de datos*.

7.12. Gabinetes o racks

Los racks o gabinetes comunicaciones son equipos físicos fabricados para almacenamiento de los servidores, tienen forma de armario donde se colocan los equipos activos por Unidades de Rack, para un “Centro de Datos” el tamaño mínimo debe ser de 42 Unidades de Rack, podría decirse que estos equipos son el cuerpo del DC, porque sin ellos no se tendría una armazón donde instalar los equipos activos para su correcta ventilación y operación.

La ubicación de los servidores de la empresa en un Centro de Datos externo es lo que comúnmente llamamos *Colocation*. Una palabra tecnológica que pretende transmitir el concepto de depositar toda la infraestructura de telecomunicaciones en un proveedor externo. Algo que ahorra recursos y tiempo a la empresa pero que al mismo tiempo puede desembocar en problemas si alguno de los elementos físicos elegidos no es el correcto. El alojamiento de racks es uno de ellos. (ASPA, 2022, p. 1).

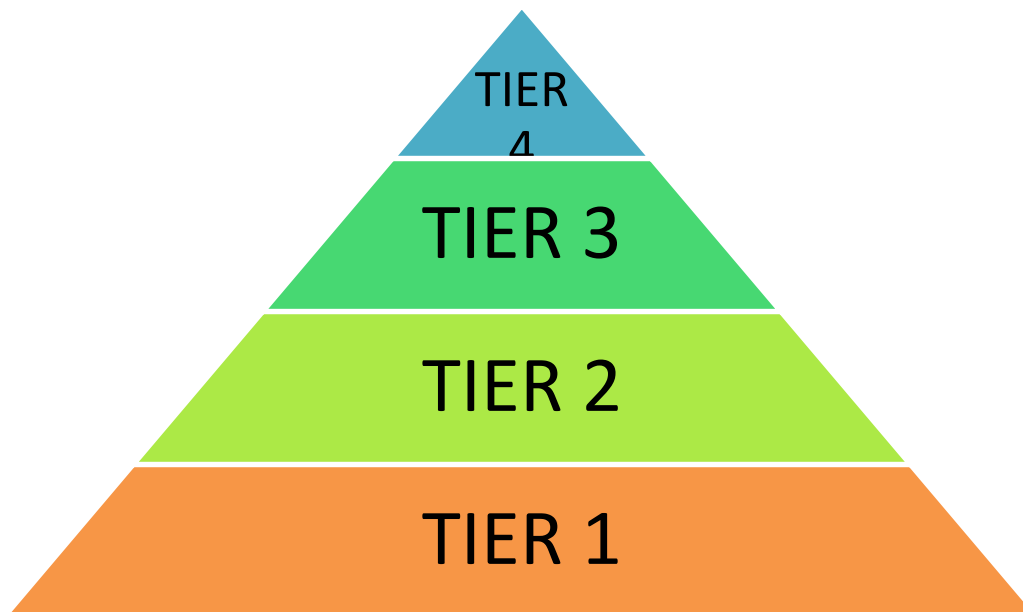
7.13. Tipos de centros de datos

Los centros de datos son la instalación física que las empresas u organizaciones usan para almacenar aplicaciones y datos, se pueden clasificar según su infraestructura, cantidad de componentes, alimentación de energía redundante o no redundante, equipos de emergencia, monitoreo, rutas de cableado y arquitectura de construcción.

A dichos niveles o tipos se les denomina TIER, o niveles por su nombre en inglés, y son la forma de describir la disponibilidad, confiabilidad y forma de determinar los costos estimados de construcción y mantenimiento de un Centro de Datos, entre más grande sea el número más confiable debe ser. Actualmente,

se manejan 4 niveles, donde Tier 4 representa el nivel más alto y confiable, y Tier 1 el nivel más bajo y con menor disponibilidad y confiabilidad.

Figura 9. **Tipos de Centros de datos**



Fuente: elaboración Propia en PowerPoint (2022)

Tabla II. **Tasa de Disponibilidad**

Tier	% Disponibilidad	% Parada	Tiempo de parada al año
Tier I	99.671	0.329	28.82 horas
Tier II	99.741	0.251	22.68 horas
Tier III	99.982	0.018	1.57 horas
Tier IV	99.995	0.005	52.56 minutos

Fuente: elaboración Propia en PowerPoint (2022).

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

- 1.1 Centros de datos
- 1.2 Componentes de los Centros de datos
- 1.3 Conectividad a la red
- 1.4 Servidores
- 1.5 Energía
- 1.6 Monitoreo
- 1.7 Efectividad del Uso de Energía (PUE)
- 1.8 Unidades de Distribución de Potencia Inteligentes
- 1.9 Sensores ambientales
- 1.10 Sistema de alimentación ininterrumpida
- 1.11 Sistemas de enfriamiento
- 1.12 Gabinetes y racks

- 1.13 Tipos de Centros de Datos
- 1.14 Toma de datos de analizador
- 1.15 Implementación unidad de potencia de prueba
- 1.16 Tabulación de métricas

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICE

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

9.1. Características del estudio

Tomando en consideración que con el presente estudio se contribuye con el desarrollo de un plan para la implementación de equipos para mejorar la eficacia del uso energético en un centro de datos, el método que se utilizará para la recolección de información será el de medición ya que permite la construcción y desarrollo de un tablero de consumo energético actual, permitiendo profundizar el conocimiento de las regularidades y cualidades esenciales del uso eficaz de la energía.

El proyecto se realiza para establecer si los parámetros de consumo energético dentro del centro de datos de zona 12 para el servicio de *Colocation* se encuentran dentro de lo propuesto por *Green Grid* y *Uptime Institute* como eficiencia energética. Debido a que el 55 % del consumo energético en los centros de datos no se verifica y muestra falta de un plan para mejoras dentro del centro de datos.

Se realizará por medio de la verificación de consumos y levantamiento de campo para cálculo de consumo energético de los equipos instalados actualmente, verificando el mejor equipo a instalar para control.

El proyecto por trabajar es la evaluación de las características del consumo energético en el centro de datos de zona 12 para servicio de *Colocation* para la implementación de equipos de control de consumo energético como Unidades de distribución de potencia y sensores ambientales.

9.2. Unidades de análisis

Serán los servidores y la cantidad de energía que estos consumen, basado en el estudio del PUE de la edificación, conociendo estos factores tendremos unas métricas que nos darán un primer vistazo pero que también debemos combinar con otros parámetros que nos darán las herramientas para la toma de decisiones en cuanto a los equipos que se deben instalar y sus especificaciones.

9.3. Variables

Las variables por considerar son importantes para definir si el estudio será efectuado de manera correcta, ya que al definir las se debe determinar los mejores factores y herramientas para analizar la situación actual del sistema.

9.3.1. Eficiencia energética

Para poder medir y conocer la eficiencia energética de los centros de datos se utiliza el Índice de Efectividad del Uso de la Energía (PUE por sus siglas en inglés). Esta métrica relaciona directamente el consumo total de energía del centro de datos con el consumo de energía de la infraestructura IT.

9.3.2. Potencia instalada

La potencia eléctrica es un parámetro que indica la cantidad de energía eléctrica transferida de una fuente generadora a un elemento consumidor por unidad de tiempo. En nuestro hogar determina la cantidad de aparatos eléctricos que podemos conectar a la red de manera simultánea. Calcular la potencia eléctrica que se necesita para un hogar o una empresa permitirá saber qué

cantidad de energía es necesario contratar, lo que contribuirá a reducir la factura de la luz, o cuántos dispositivos pueden estar conectados a la vez.

9.3.3. Uso Eficaz de la Energía (PUE)

Se calcula de la siguiente forma: $PUE = \text{Potencia eléctrica total del centro} / \text{Potencia eléctrica total consumida por los sistemas}$. El valor del PUE puede estar en un rango que va desde 1.0 hasta infinito. Un 1.0 de valor indicaría una eficiencia del 100 %.

9.3.4. Eficiencia en los centros de datos (DCIE)

Es una métrica utilizada para evaluar la potencia o la eficiencia energética de un centro de datos. Implica la evaluación y el cálculo del consumo total de energía de un centro de datos, específicamente cómo se relaciona con el uso de energía de los dispositivos y equipos de TI.

Fases de estudio.

Durante el desarrollo de la investigación se ha determinado el proceso en el cual se obtendrán los resultados y la toma de muestras, por lo que se hará en 4 fases de estudio, esto se realizará por medio de la captación de datos científicos, teniendo en cuenta ciertos criterios base para la búsqueda como, centros de datos, métricas eléctricas, datos locales e internacionales, facturación promedio, consumo energético, equipos instalados, capacidad total de la edificación.

Fase 1: Exploración bibliográfica

En esta fase se tiene como objetivo indagar, corroborar, conceptualizar, reunir todas las fuentes bibliográficas relacionadas con nuestras variables y con los estudios que estén adecuados al enfoque de la evaluación de impacto ambiental y económico de los centros de datos de *Colocation* sin un plan de eficiencia energética implementado.

Fase 2: Muestreo

En la segunda fase, tomando en cuenta la edificación que será el punto central de la edificación se instalarán equipos de monitoreo de energía y analizadores para obtener datos que nos den la situación actual, comparando también con la facturación mensual y pérdidas económicas que se están teniendo actualmente.

Fase 3: Análisis de la información

La recopilación de información y datos se analizó adecuadamente, siguiendo 4 variables principalmente:

Variable 1: Eficiencia energética

Variable 2: Potencia instalada en el centro de datos.

Variable 3: Uso eficaz de la energía

Variable 4: Eficiencia en los centros de datos.

Resultados esperados

De acuerdo con la investigación descriptiva y las variables utilizadas para analizar la información (artículos de investigación), se proporcionan los resultados de la investigación; que son la base para obtener las conclusiones. Los resultados obtenidos en la investigación y desarrollo deben brindar la información suficiente para crear un plan de implementación de equipos de monitoreo inteligentes acordes a lo que se requiera en el centro de datos de Colocation de zona 12.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS

La obtención de los datos se realizará por medio de análisis de datos históricos y medición de tres meses con analizador de red del consumo para cada uno de los sistemas instalados. Con la información detallada y recabada del centro de datos se podrá realizar un análisis estadístico de la mejor técnica de ahorro a implementar y los equipos que ayudarán a lograr el objetivo.

Se realizará un análisis con base a estadística descriptiva para determinar los equipos críticos que se deben cambiar o instalar directamente a la Unidad de Distribución de Potencia Inteligentes, ya que al tener estos datos se podrá conocer cuáles están fuera del consumo promedio o del consumo típico que se debería de tener, es decir, cuáles son los equipos que más aportan al consumo energético del centro de datos.

Adicional se emplearán formulas eléctricas y la fórmula de PUE y DCIE que ayudarán a determinar el consumo energético total contra el consumo energético de cada tipo de carga instalada en el centro de datos, ya que estos datos brindarán un panorama detallado de los puntos críticos a considerar y el plan de implementación.

Tabla III. **Tabla toma de datos por tipo de equipos**

Equipo	Ubicación	Consumo Nominal	Consumo Calculado	Cliente	Marca
Server 1	Rack 2	4.5kW	4.2kW	Confidencial	Dell

Fuente: elaboración propia con Excel (2022).

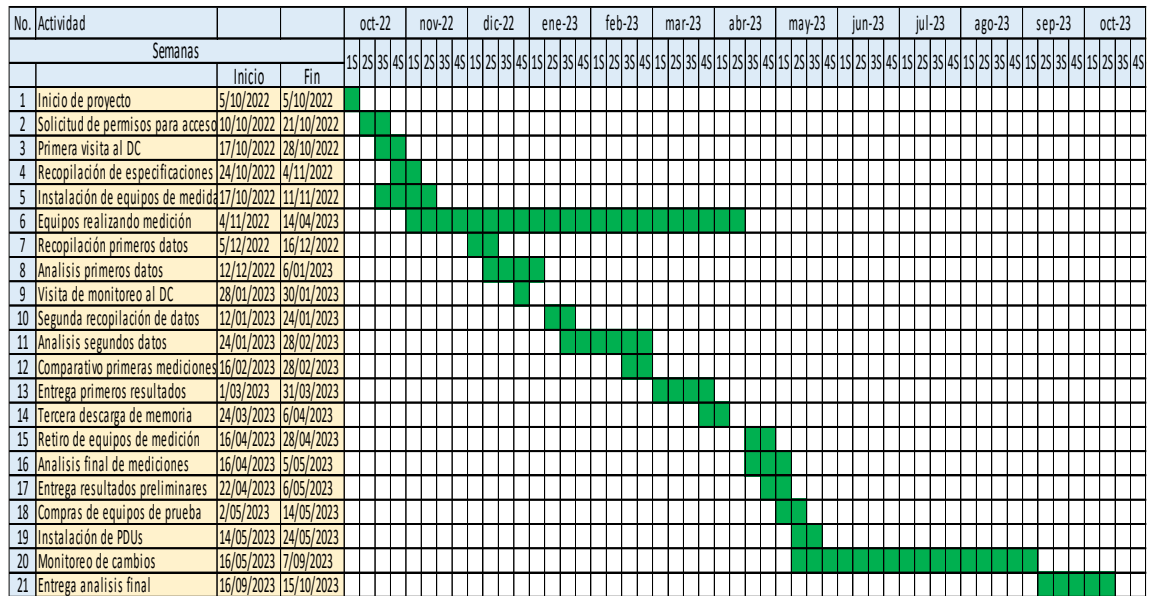
Figura 10. Mapa de monitoreo y control del centro de datos

DC 3 (Colocation 3)				
		Puerta		
	PDF 2 (B)		PDF 1 (A)	
5	IT Rack No. 15		IT Rack No. 8	5
	Rack A/C 8		Rack A/C 4	
5	IT Rack No. 14		IT Rack No. 7	5
	Rack A/C 7		Rack A/C 3	
			IT Rack No. 6	5
5	IT Rack No. 13		IT Rack No. 5	5
	Rack A/C 6		Rack A/C 2	
5	IT Rack No. 12		IT Rack No. 4	5
5	IT Rack No. 11		IT Rack No. 3	5
	Rack A/C 5		Rack A/C 1	
5	IT Rack No. 10		IT Rack No. 2	5
5	IT Rack No. 9		IT Rack No. 1	5
	35			40
	Capacidad de carga estática (kg) x Rack		1800	

Fuente: elaboración propia con Excel (2022)

11. CRONOGRAMA

Figura 11. Cronograma



Fuente: elaboración propia con Excel (2022)

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

La factibilidad técnica del estudio será determinada por la mejora de la situación actual en el centro de datos a analizar y la implementación de nuevas tecnologías que satisfagan las necesidades actuales. La factibilidad financiera será dada por la siguiente tabla que detalla los recursos económicos necesarios para realizar el estudio:

Tabla IV. **Recursos Financieros necesarios para la investigación**

Recurso	Costo
Analizador de energía	Q10,000.00
Unidad de Distribución de Potencia	Q2,500.00
Sensor ambiental	Q300.00
Tiempo empleado	Q500.00
Honorarios del Asesor	Q 3,000.00
TOTAL	Q16,300.00

Fuente: elaboración propia con Excel (2022)

13. REFERENCIAS

1. ANSI. 2019. ANSI/BICSI 002-2019 *Data Center Design Standard*. EEUU : s.n., 2019.
2. ANSI. 2020. ANSI/TIA/EIA-568-B.1 *Commercial Building Telecommunications Cabling*. EEUU : s.n., 2020.
3. ANSI. 2022. ANSI/TIA-942 Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers. EEUU : s.n., 2022.
4. ASHRAE. 2019. *Mission Critical Facilities, Data Centers, Technology Spaces and Electronic Equipment*. EEUU : s.n., 2019.
5. BICSI. 2011. BICSI 002 *Advancing Information Technology Systems*. EEUU : s.n., 2011.
6. Chakroun, W. 2022. *American Society of Heating, refrigerating and Airconditioning engineers*. EEUU : ASHRAE, 2022.
7. Gillis, A. S., & Fontecchio, M. 2022. *What is PUE (power usage effectiveness)?* EEUU : Tech Target, 2022.
8. Jones, N. 2018. *How to stop data centers from gobbling un the world's electricity*. EEUU : Nature 561, 2018.

9. 2012. The Green Grid. *The Green Grid*. [En línea] 2012. www.thegreengrid.org.
10. Gonzalo, M. (2022, 12 mayo). *La energía de los centros de datos: cuánto ensucia la nube (y la oportunidad para limpiarla)*. Newtral. <https://www.newtral.es/energia-centros-datos-contaminacion-renovables/20201111/>
11. Nogueira, J. N. (2015). *Procedimientos para la auditoría física y medio ambiental de un Data Center basado en la clasificación y estándar internacional TIER*. TESIS PUCP.
12. Salinero, M. S. (2019, marzo). *LAS COMUNICACIONES EN UN DATA CENTER*. laSalle blogging. <https://blogs.salleurl.edu/es/las-comunicaciones-en-un-data-center>
13. Liu, Y. L. (2020). *Energy consumption and emission mitigation prediction based on data center traffic and PUE for global data centers*. Global Energy Interconnection, 2. <https://doi.org/10.1016/j.gloi.2020.07.008>
14. Bautista, C. B. (2014). *Decisiones gerenciales para la optimización energética de un data center* [Tesis]. UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS ESPECIALIZACIÓN ALTA GERENCIA BOGOTÁ D.C.
15. Ingalls, S. I. (2019). *What is a file server, how does it work*. <https://tipsglamour.com/guides/what-is-a-file-server-how-does-it-work/>

16. Dueñas, S. D. (2021, 10 noviembre). *La importancia de elegir un buen UPS para las infraestructuras de misión crítica*. <https://www.datacenterdynamics.com/es/opinion/la-importancia-de-elegir-un-buen-UPS-para-las-infraestructuras-de-misi%C3%B3n-cr%C3%ADtica/#:~:text=Un%20UPS%20es%20un%20elemento, en%20que%20posea%20una%20avanzada>
17. *La importancia del alojamiento de racks en la migración de negocios al Cloud*. (2022, 7 junio). ASPA.CLOUD. <https://aspa.cloud/la-importancia-del-alojamiento-de-racks-en-la-migracion-de-negocios-al-cloud/>
18. Dueñas, S. D. (2021, 10 noviembre). *La importancia de elegir un buen UPS para las infraestructuras de misión crítica*. <https://www.datacenterdynamics.com/es/opinion/la-importancia-de-elegir-un-buen-UPS-para-las-infraestructuras-de-misi%C3%B3n-cr%C3%ADtica/#:~:text=Un%20UPS%20es%20un%20elemento, en%20que%20posea%20una%20avanzada>
19. Lozano, A. L. (2015, 27 julio). *Acondicionamiento en Data Center*. <https://www.mundohvacr.com.mx/2009/04/acondicionamiento-en-data-center/>
20. Primelines HVAC. (2020). *Flujo de aire en el centro de datos*. <https://www.primelines-hvac.pe/soluciones-climatizacion-data-centers/>

21. IP21 Ingeniería. (2017, septiembre). *Estrategias de enfriamiento para salas de red y otros espacios de IT pequeños*.
<https://ip21ingenieria.com/blog/estrategias-de-enfriamiento-para-salas-de-red-y-otros-espacios-de-it-pequenos/>

22. Avance Digital. (2018). *Componentes de los centros de datos*.
<https://www.avancedigital.com/datacenter-convencional/>

14. APÉNDICE

Apéndice 1. Matriz de coherencia y conceptualización

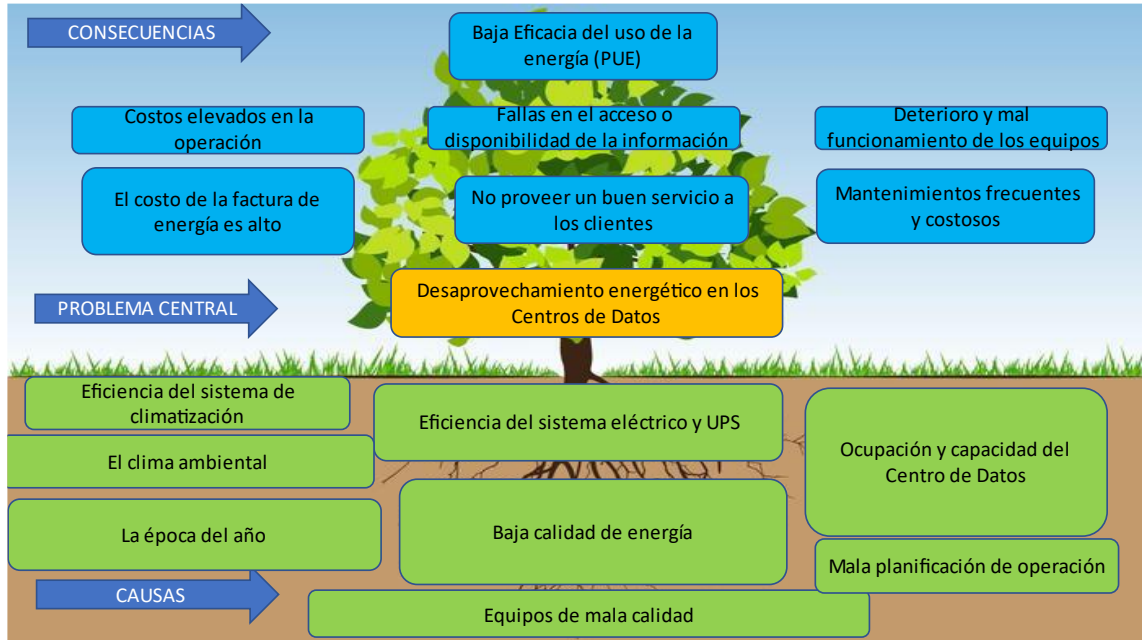
PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
Desaprovechamiento energético en el Centro de Datos de Colocation	Plantear procedimiento de mejora para implementar equipos de administración y monitoreo de equipos activos (PDUs Inteligentes) en centro de datos de servicio de "Colocation" en zona 12 de Guatemala para mejorar el factor de eficiencia energética (PUE).	Centros de datos Tipos de centros de datos			
PREGUNTA PRINCIPAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS				
¿Como se reflejan la Ineficiencia energética en los centros de datos que se refleja en alto costo de operación?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Evaluar las condiciones actuales de la red eléctrica de distribución y su comportamiento a la demanda actual y creciente en el centro de datos de la zona 12 de la Ciudad de Guatemala. 2. Identificar estrategias aplicables para reducir costos de energía eléctrica en las infraestructuras de TI en el centro de datos de la zona 12 de la Ciudad de Guatemala. 3. Comparar las especificaciones técnicas de los equipos de administración y monitoreo a ubicados en el centro de datos de la zona 12 de la Ciudad de Guatemala. 	Características de los centros de datos Eficiencia energética en los centros de datos Partes de un centro de datos PUE Metricas de los Centros de Datos Equipos activos en los Centros de Datos	El presente trabajo de investigación no comprobará una hipótesis	Eficiencia Energética Innovación Tecnológica	Consumo energético Equipos para regular las cargas Rediseño del Centro de Datos Monitoreo alternativo

Continúa apéndice 1.

PREGUNTAS SECUNDARIAS					
¿Qué tipo de equipos se deben instalar?					
¿Por qué se tiene baja calidad de energía en la ubicación del centro de datos?					
¿El diseño y la planificación del centro de datos es el mejor para la topología y ubicación?					

Fuente: elaboración Propia (2022).

Apéndice 2. Árbol del Problema



Fuente: elaboración propia con PowerPoint (2022).

