

**PROPUESTA PARA MEJORAR EL PERFORMANCE (DESEMPEÑO) DEL
CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DE ORANGE BUSINESS
SERVICES COLOMBIA, BAJO LA RECOMENDACIÓN DE LOS SISTEMAS
DE HVAC (HEATING, VENTILATION, AIR CONDITIONING) DESCRITAS
EN EL ESTÁNDAR ANSI/TIA 942.**

DIEGO ALEJANDRO AZUERO BUENAVENTURA

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ, D. C.
2021**

**PROPUESTA PARA MEJORAR EL PERFORMANCE (DESEMPEÑO) DEL
CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DE ORANGE BUSINESS
SERVICES COLOMBIA, BAJO LA RECOMENDACIÓN DE LOS SISTEMAS
DE HVAC (HEATING, VENTILATION, AIR CONDITIONING) DESCRITAS
EN EL ESTÁNDAR ANSI/TIA 942.**

Presentado Por:

**DIEGO ALEJANDRO AZUERO BUENAVENTURA
2210104**

Trabajo de grado para optar por el Título de Ingeniero de Telecomunicaciones

Dirigido por:

ING. GERALD BREEK FUENMAYOR RIVADENEIRA

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ, D. C.
2021**

Nota de aceptación.

Ing. Gerald Breek Fuenmayor Rivadeneira
Tutor

Jurado

Jurado

Fecha

Resumen

Orange Business Services (OBS) Colombia es una empresa del sector TI la cual provee diferentes servicios y soluciones tecnológicas a empresas u organizaciones que lo requieran. Uno de los servicios que ofertan actualmente es el de data center, este servicio se lo proveen a diferentes clientes que adquieren otros servicios a nombre de OBS. Dicho data center es llamado “BOGH 01” el cual está dotado para proporcionar todas las funciones básicas de un centro de procesamiento de datos, generando así un valor agregado a la empresa.

Por medio de este trabajo e identificando el estado actual del centro de procesamiento de datos “BOGH 01”, se elabora toda una propuesta que vaya enfocada al mejoramiento del performance (Desempeño) del data center, a partir de aspectos ambientales contemplados en el estándar ANSI/TIA 942 y otras fuentes de información que la complementen. Resolviendo algunas recomendaciones de la empresa como lo son: La posible implementación de pasillos confinados y la falta de renovación de uno de los equipos de aire acondicionado.

Esta propuesta es desarrollada bajo una metodología elaborada por el autor, donde inicialmente se contemplan aspectos y características en las que se encuentra actualmente el data center (Diagnóstico), posteriormente se consideran diferentes fuentes de información que sirvan de referencia para elaborar una solución a la propuesta de mejoramiento, se realiza un posible presupuesto que sirva de referencia, y finalmente se aplica el método Delphi con el fin de consultar a diferentes expertos para que evalúen el contenido de la propuesta, y así tener recomendaciones aplicables en cuanto al desarrollo.

Al momento de finalizar la propuesta y llegando a un acuerdo entre los expertos del tema, se llegan a diferentes conclusiones y recomendaciones que son compartidas a Orange Business Colombia junto a todo el documento, con el fin de que la empresa tenga en cuenta una propuesta de mejoramiento para una de sus áreas de servicio (Data center).

Palabras Clave

Data center, centro de procesamiento de datos, aires acondicionados, pasillos confinados, pasillo caliente, pasillo frío, piso falso, propuesta, performance, presupuesto, ventilación, método Delphi.

Abstract

Orange Business Services (OBS) Colombia is a company in the IT sector which provides different services and technological solutions to companies or organizations that require it. One of the services currently offered is the data center, this service is provided to different customers who purchase other services on behalf of OBS. This datacenter is called "BOGH 01" which is equipped to provide all the basic functions of a data processing center, thus generating an added value to the company.

By means of this work and identifying the current state of the data processing center "BOGH 01", a proposal is elaborated focused on the improvement of the performance of the data center, from environmental aspects contemplated in the ANSI/TIA 942 standard and other sources of information that complement it. Solving some of the company's recommendations such as: The possible implementation of confined aisles and the lack of renewal of one of the air conditioning equipment.

This proposal is developed under a methodology elaborated by the author, where initially aspects and characteristics in which the datacenter is currently (Diagnosis) are contemplated, then different sources of information are considered to serve as reference to develop a solution to the proposed improvement, a possible budget is made to serve as a reference, and finally the Delphi method is applied in order to consult different experts to evaluate the content of the proposal, and thus have applicable recommendations regarding the development.

At the moment of finalizing the proposal and reaching an agreement between the experts of the subject, different conclusions and recommendations are reached and shared with Orange Business Colombia together with the whole document, so that the company takes into account an improvement proposal for one of its service areas (Data center).

Keywords

Data center, data processing center, air conditioning, confined aisles, hot aisle, cold aisle, false floor, proposal, performance, budget, ventilation, Delphi method.

Tabla de Contenidos

PARTE I. INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN	1.
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	2.
1.1. Planteamiento del problema	3.
1.2. Justificación	5.
1.3. Objetivos	7.
1.3.1. General	7.
1.3.1. Específicos	7.
1.4. Alcance	8.
1.5. Metodología	10.
1.5.1. Paradigma de investigación	10.
1.5.2. Tipo de investigación	10.
1.5.2.1. Pasos investigativos	10.
1.5.3. Fuentes de información	10.
1.5.4. Herramientas para captura de información, procesamiento y presentación de resultados.	11.
1.5.5. Pasos metodológicos.	11.
1.5.5.1. Actividades para dar cumplimiento al objetivo específico número 1.	11.
1.5.5.2. Actividades para dar cumplimiento al objetivo específico número 2.	11.
1.5.5.3. Actividades para dar cumplimiento al objetivo específico número 3	12.
1.5.5.4. Actividades para dar cumplimiento al objetivo específico número 4	12.
1.5.6. Plan de trabajo/Cronograma.	12.
PARTE II. MARCO TEÓRICO	16.
CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE	17.
CAPÍTULO 3. BASES CONCEPTUALES	20.
3.1. Centro de procesamiento de datos (CPD)	21.
3.2. Pasillos fríos (Cold) y calientes (Hot)	22.

3.3. Equipos de refrigeración (Aires acondicionados)	24.
3.3.1. Diferencia entre aires acondicionados (AC) de precisión y confort	24.
3.4. Pasillos confinados o contención de pasillos	26.
3.4.1. Sistema de contención de pasillo frío; Cold Aisle Containment System (CACS)	26.
3.4.2. Sistema de contención de pasillo caliente; Hot Aisle Containment System (HACS)	27.
3.5. Piso falso o piso técnico	29.
3.5.1. Baldosas perforadas	29.
CAPÍTULO 4. MARCO REFERENCIAL	31.
4.1. Estándar ANSI/TIA 942	32.
4.2. CEEDA (certificación de eficiencia energética para data centers)	35.
4.3. Uptime Institute	36.
4.4. ICREA-STD-131-2017	37.
4.5. ISO 14000	37.
4.6. Método Delphi	37.
PARTE III. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	39.
CAPÍTULO 1. ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL DATA CENTER	40.
1.1. Antecedentes	41.
1.2. Ubicación y distribución	44.
1.2.1 Pasillos	46.
1.3. Consumo energético	48.
1.4. Temperatura	53.
1.4.1. Relación entre el IMS-4000 y el sensor de temperatura	53.
1.5. Equipos de aire acondicionado	57.
1.5.1. Características de los equipos	57.

CAPÍTULO 2. IMPORTANCIA Y BENEFICIOS DE LA PROPUESTA	64.
2.1. Importancia del consumo energético	65.
2.2. Importancia del sistema de HVAC (Heating, Ventilation, Air Conditioning)	66.
2.3. Confinamiento de pasillos	68.
 CAPÍTULO 3. ACCIONES DE MEJORAMIENTO	 71.
3.1. Recomendaciones a tener en cuenta para la propuesta, dadas por la norma ANSI/TIA 942	72.
3.1.1. Altura del techo	72.
3.1.2. Fachadas	72.
3.1.3. Funcionamiento continuo	72.
3.1.4. Funcionamiento en espera	72.
3.1.5. Parámetros operativos	72.
3.1.6. Mediciones	73.
3.1.7. Armarios (Racks)	73.
3.1.8. Pasillos “Hot” y “Cold”	73.
3.1.9. Colocación de equipos	75.
3.1.10. Cortes en baldosas	76.
3.1.11. Ventilación en el armario	76.
3.1.12. Dimensiones del rack	76.
3.1.13. Tier 1(Mecánico)	76.
3.2. Cambio del equipo de confort por uno de precisión.	77.
3.2.1 Elección del nuevo equipo de precisión.	81.
3.3 Diseño para la implementación de pasillos confinados en el data center “BOGH 01”	85.
3.3.1. Parámetros iniciales	86.
3.3.1.1 Recomendaciones y consideraciones	86.
3.3.2. Diseños	87.
 CAPÍTULO 4. PRESUPUESTO	 96.
4.1. Proveedores y costos	97.
4.1.1. Paneles ciegos o placas	97.
4.1.2. Sensores de temperatura	99.
4.1.3. Cepillo pasacables	99.
4.1.4. Puertas para los pasillos	100.
4.1.5. Reflectores para la parte superior del pasillo	101.
4.1.6. Baldosas perforadas	102.
4.1.7. Nuevo equipo de precisión Mini Space EC	102.
4.2. Resumen presupuesto	103.
 CAPÍTULO 5. MÉTODO DELPHI	 105.
5.1. Formulario	106.
5.2. Respuesta al formulario #1	107.
5.3. Respuesta al formulario #2	109.
5.4. Análisis de las repuestas	111.

PARTE IV. CONCLUSIONES	112.
CAPÍTULO 1. CONCLUSIONES	113.
1.1. Conclusiones	114.
1.2. Recomendaciones	115.
1.3. Síntesis de la propuesta.	115.
REFERENCIAS ELECTRÓNICAS	117.
PARTE V. ANEXOS	120.
A. ANEXO 1. REGISTRO DE CORRIENTES	121.
A.1. Registro de corrientes RST para el mes de enero	122.
A.2. Registro de corrientes RST para el mes de febrero	122.
A.3. Registro de corrientes RST para el mes de marzo	122.

Tabla de Figuras

Figura 1. Diagrama de Gantt	15.
Figura 2. Distribución interna de un data center.	22.
Figura 3. Pasillos fríos y calientes en un data center.	23.
Figura 4. Ejemplo de un CACS.	26.
Figura 5. CACS en un plano de data center.	27.
Figura 6. Ejemplo de un HACS.	28.
Figura 7. HACS en un plano de data center.	28.
Figura 8. Piso falso en un data center.	29.
Figura 9. Flujo de aire (%) en diferentes baldosas.	30.
Figura 10. Proceso de recomendaciones por parte de CEEDA.	36.
Figura 11. Pasos del método Delphi.	38.
Figura 12. Marcación pasillo frío.	41.
Figura 13. Marcación pasillo caliente.	42.
Figura 14. Ubicación de los equipos de confort.	43.
Figura 15. Distribución de baldosas en el data center.	44.
Figura 16. Planos del data center “BOGH 01”.	45.
Figura 17. Pasillo sin baldosas perforadas.	47.
Figura 18. Pasillo con baldosas perforadas.	48.

Figura 19. Gráfica del registro de corrientes Enero.	49.
Figura 20. Gráfica del registro de corrientes Febrero.	50.
Figura 21. Gráfica del registro de corrientes Marzo.	51.
Figura 22. Gráfica de consumo energético.	52.
Figura 23. Sensor de temperatura Comet del data center.	53.
Figura 24. Configuración sensor de temperatura.	54.
Figura 25. Gráficas de temperatura de octubre, noviembre y diciembre.	55.
Figura 26. Gráficas de temperatura de enero, febrero y marzo.	56.
Figura 27. Panel del equipo Liebert.	58.
Figura 28. Equipo completo Liebert.	59.
Figura 29. Equipos de confort.	60.
Figura 30. Equipo de confort marca York.	61.
Figura 31. Ducto de ventilación hacia el equipo de confort.	62.
Figura 32. Sistema de ductos de ventilación.	63.
Figura 33. Aspectos y/o técnicas para mejorar el desempeño en un data center.	66.
Figura 34. Distribución de cableado entre pasillos.	74.
Figura 35. Ejemplo de pasillos calientes y fríos.	75.
Figura 36. Porcentaje dedicado para la deshumidificación en los equipos de confort y precisión	78.
Figura 37. Capacidad de unidad de aire en los equipos de precisión y confort.	78.
Figura 38. Precisión en la medida de temperatura de los equipos de precisión y confort.	79.
Figura 39. Control de deshumidificación en los equipos de precisión y confort.	80.
Figura 40. Promedio de disponibilidad de los equipos de precisión y confort en un año.	81.
Figura 41. Equipo MiniSpace EC.	82.
Figura 42. Equipo MiniSpace EC ubicado en un centro de cómputo	83.

Figura 43. Flujo de ventilación dentro del equipo.	84.
Figura 44. Vista superior de la implementación en el data center BOGH 01.	88.
Figura 45. Reflectores para la parte superior del pasillo.	93.
Figura 46. Diseño ideal de cada armario.	93.
Figura 47. Funcionamiento bajo el piso falso en un pasillo frío.	94.
Figura 48. Funcionamiento bajo el piso falso en un pasillo caliente.	95.
Figura 49. Aplicación de paneles ciegos en rack.	97.
Figura 50. Instalación de placas subterráneas.	98.
Figura 51. Sistema de placas subterráneas en un data center.	98.
Figura 52. Cepillo pasacables marca Hotlok.	99.
Figura 53. Puerta corrediza para los pasillos.	100.
Figura 54. Reflectores superiores para los pasillos.	101.
Figura 55. Nuevas baldosas perforadas.	102.
Figura 56. Síntesis de la propuesta.	116.

Índice de Tablas

Tabla 1. Cronograma de actividades	12.
Tabla 2. Cuadro comparativo entre los aires acondicionados de confort y precisión.	24.
Tabla 3. Características Tier 1.	32.
Tabla 4. Características Tier 2.	33.
Tabla 5. Características Tier 3.	34.
Tabla 6. Características Tier 4.	34.
Tabla 7. Convenciones de los elementos del data center.	46.
Tabla 8. Registro de corrientes Enero.	49.
Tabla 9. Registro de corrientes Febrero.	49.
Tabla 10. Registro de corrientes Marzo.	50.
Tabla 11. Causas y consecuencias de un sistema HVAC.	67.
Tabla 12. Beneficios del confinamiento de pasillos.	69.
Tabla 13. Convenciones referentes al diseño de la figura 44.	89.
Tabla 14. Resumen presupuesto.	103.

PARTE I

Introducción a la Investigación

Capítulo 1

Introducción

En este primer capítulo se encuentran aspectos iniciales para poder abordar y desarrollar la temática. Se inicia con un planteamiento del problema con el cual se identifica la necesidad o problemática que se va a resolver, se resalta la importancia de porqué trabajarlo por medio de la justificación, se define un alcance y por último se trazan unos objetivos (General y específicos) a los que se quieren llegar a cumplir.

Adicionalmente, se planea una metodología la cual especifica diferentes actividades que se deben realizar para cumplir a cabalidad con los objetivos planteados inicialmente. Estas actividades se definen en un cronograma y se visualizan gráficamente por medio de un diagrama de Gantt.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En telecomunicaciones un centro de procesamiento de datos (CPD) o conocido popularmente como un data center, es el lugar que hace posible el funcionamiento de la mayoría de los servicios de TI. En estos espacios se encuentran: Cableado estructurado, equipos de potencia, aires acondicionados, sistemas de seguridad, equipos de monitoreo y no menos importante diferentes racks los cuales cumplen la función de armarios. Dichos armarios albergan: Servidores encargados de todo el procesamiento, sistemas de almacenamiento como lo pueden llegar a ser discos duros, discos de estado sólido y equipos encargados de la conectividad de la red como switches, routers, firewalls, entre otros. Estos equipos normalmente se necesitan que estén en funcionamiento durante las 24 horas de cada día del año.

Orange es una empresa francesa perteneciente al sector de las telecomunicaciones la cual ofrece diferentes servicios de conectividad siendo un Internet Service Provider (ISP) en regiones como Europa y África. Adicionalmente Orange cuenta con un sector llamado Orange Business Services (OBS), el cual proporciona todo un portafolio de servicios y soporte TI a cualquier empresa, organización, negocio que los requiera. Algunos de los productos que ofertan: Innovación empresarial, cloud, espacio de trabajo colaborativo (Comunicaciones unificadas), experiencia del cliente, ciberdefensa, inteligencia de datos, internet de las cosas (IOT), conectividad móvil, transformación de la red, entre muchos más [1].

Existen diferentes sucursales a nivel mundial, una de ellas es Orange Business Services (OBS) Colombia con lugar de presencia en la ciudad de Bogotá D.C. Uno de los servicios que oferta esta sucursal es el data center, el cual se le oferta a las empresas que contraten otros servicios con ellos, lo que lo convierte en un valor agregado propio de OBS. Este data center llamado “BOGH 01” a pesar de no tener un inconveniente que esté perjudicando actualmente su operación, se resaltan varias alternativas de mejora que al momento de poder ser implementadas pueden mejorar el desempeño del data center y la experiencia del cliente.

Una de las alternativas encontradas para mejorar el performance (Desempeño) del data center corresponde a un tema de ambiente. Pese a que la temperatura y ventilación por parte del data center no es mala, si se podría proponer una alternativa en cuanto a estos temas para poder mejorar su desempeño operacional actualmente. Como lo son el confinamiento a los pasillos de racks del data center y la renovación de uno de los equipos de aire acondicionado, ya que actualmente se cuenta con uno de confort.

Por tal motivo, y exponiendo la situación anterior se plantea la siguiente pregunta: ¿De qué manera se puede mejorar el performance (Desempeño) del data center “BOGH 01”, teniendo en cuenta las recomendaciones de heating (Calefacción), ventilation

(Ventilación) y air conditioning (Aire acondicionado) por sus siglas “HVAC” descritas en el estándar ANSI/TIA 942?

1.2. JUSTIFICACIÓN

La importancia de hacer uso de estos espacios y servicios tecnológicos como lo es el de un centro de procesamiento de datos (CPD) para una mediana o grande empresa es que socialmente se deja de depender de herramientas tradiciones, anticuadas y por el contrario se acerca mucho más al concepto de transformación digital. Concepto que puede ser implementado por terceros (Orange Business Services) y así facilitar diferentes procesos, actividades por medio del uso de la TIC.

Al ser Orange Business Services Colombia una empresa internacional de soluciones TI recae sobre ella una responsabilidad muy grande, ya que todos sus servicios y soportes que prestan a los clientes tienen que estar a la vanguardia de la tecnología actual. Es por eso que se resalta la importancia de cualquier oportunidad de mejora ante cualquier proceso o espacio propio de OBS, como es el caso para el data center. Todo esto con el fin de que la empresa siga teniendo el mismo prestigio que tiene actualmente, con base a la alta calidad de los servicios que se le están prestando a sus clientes.

Aparte de contemplar la importancia de esta propuesta de mejoramiento a nivel interno de la empresa, también incide y tiene importancia en otro aspecto que corresponde al del medio ambiente. Esta incidencia se debe a que las necesidades a suplir tecnológicamente son cada vez más altas, lo que provoca una alta demanda en cuanto a cantidad de equipos electrónicos y por ende un gasto mucho más alto en energía eléctrica para poder alimentarlos. Donde se dice que “Los centros de datos de todo el mundo consumen hoy alrededor del 1% del uso global de electricidad”[2] y una demanda cercana a 200 TWh para 2019 según la agencia internacional de la energía(IEA) [3]. Gracias a técnicas que se tendrán en cuenta a la hora de desarrollar la propuesta de mejoramiento para el data center como lo son la implementación de pasillos confinados y contemplar la actualización de equipos de refrigeración, se puede contrarrestar un poco esta problemática ambiental.

Resaltando el aspecto ambiental mencionado anteriormente, si se tienen en cuenta técnicas que disminuyan el consumo energético esto influiría directamente al aspecto económico de Orange Business Services, puesto que si se baja dicha demanda energética por parte del data center los gastos y el consumo serán mucho más bajos. Oportunidad perfecta para que la empresa en vez de seguir pagando gastos que se pueden llegar a ahorrar; invierta económicamente en otros sectores organizacionales (Recursos humanos, Infraestructura, Proveedores) y así contribuir al crecimiento de la empresa.

A parte de esto, si en el data center se quiere reforzar conceptos de disponibilidad, desempeño, tolerancia a fallas, el aspecto técnico juega un papel demasiado importante. Ya que técnicamente se deben contar con adecuados y actualizados sistemas de: Monitoreo, alimentación (Energía), refrigeración, cableado estructurado de datos; los

cuales son los encargados de dar soporte y garantizar que la operación de los equipos del data center sea la adecuada.

En cuanto al aspecto legal se trabaja principalmente bajo el estándar ANSI/TIA 942, sin embargo, a lo largo del desarrollo se pueden llegar a contemplar otras normativas que se relacionen a la temática de la propuesta por parte de otras entidades.

En el entorno académico, el desarrollo de todo este documento futuramente puede llegar a servir de referencia a otros pequeños data centers que quieran mejorar su desempeño a partir de una propuesta de ambiente, o a otras personas que quieran trabajar en profundidad todo este tema de performance evaluando otras posibles técnicas. Gracias a la elaboración de esta propuesta se ponen en práctica diferentes conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, especialmente temáticas de redes convergentes.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1 General:

Elaborar una propuesta para mejorar el performance (Desempeño) del data center BOGH01 de Orange Business Services Colombia, a partir de las recomendaciones de heating (Calefacción), ventilation (Ventilación) y air conditioning (Aire acondicionado) por sus siglas “HVAC” descritas en el estándar ANSI/TIA 942.

1.3.2 Específicos:

- Consultar sobre el estado del data center en cuanto aspectos ventilación, consumo, temperatura y equipos de refrigeración, con el fin de identificar el modo de operación que se tiene actualmente y así poder mejorarlo.
- Especificar las acciones de mejoramiento de la propuesta, como lo son la implementación de pasillos confinados y la renovación del equipo de refrigeración (Confort), ya que son las principales necesidades a suplir en el data center.
- Proponer un presupuesto estimado (Costos y proveedores) que sirva de referencia al momento de implementar esta propuesta de mejoramiento para el data center.
- Aplicar el método Delphi para validar el desarrollo de la propuesta.

1.4. ALCANCE

A pesar de que el servicio de data center sea una de las actividades propias de la empresa OBS y que cuenta con toda la infraestructura TI al servicio de sus clientes corporativos, actualmente como tal no se tiene una certificación que lo clasifique en un tier 1,2,3 o 4 como lo propone el estándar ANSI/TIA 942.

Sin embargo, para el desarrollo de este documento y para poder trabajar con las recomendaciones propuestas en el estándar ANSI/TIA 942 se va a clasificar al data center “BOGH 01” en un Tier (Nivel) 1, ya que es el nivel que más se asemeja a las características propias del data center. Dicho tier es el primero de toda la clasificación y por lo tanto el más básico.

El estándar ANSI/TIA 942 de 2005 proporciona una serie de recomendaciones y directrices para el diseño e instalación de toda la infraestructura de un centro de datos de procesamiento. Ya que el estándar cubre diferentes ámbitos (4 Subsistemas) a tener en cuenta como lo son: Telecomunicaciones, arquitectura, sistema eléctrico y sistema mecánico, el presente documento sólo contempla las recomendaciones y anexos que se relacionan a HVAC (Heating, ventilation and air conditioning), traducido al español como calefacción, ventilación y aire acondicionado.

Dichas recomendaciones y anexos serían las siguientes [4]:

- **Diseño ambiental**
 - HVAC.
 - Operación continua.
 - Parámetros de operación.
- **Racks y gabinetes**
 - “Hot(Caliente)” y “Cold(Fríos)” pasillos.
 - Colocación de equipos.
 - Colocación relativa a la rejilla de la baldosa.
 - Cortes de baldosas del piso de acceso.
 - Especificaciones.
- **Anexo G(Informativo), Requisitos de los sistemas mecánicos**
 - Aire ambiental.
 - Aire de ventilación.
 - Equipo de aire acondicionado de la sala.
 - Agua de reposición de HVAC.
- **Anexo G(Informativo), Interconexión mecánica**
 - Tier 1 (Mecánico)

- **Anexo H(Informativo), Ejemplos de diseños para centros de datos**
 - Pequeño ejemplo de diseño de centro de datos.

1.5. METODOLOGÍA

1.5.1. Paradigma de investigación

Para el desarrollo de esta propuesta se realiza bajo un paradigma cualitativo, debido a que, por diferentes opiniones, características compartidas con el ingeniero responsable del data center se puede identificar la problemática a resolver.

1.5.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación que se va a seguir es documental con un enfoque cuasi experimental, por lo que se va a recurrir a diferentes fuentes de información documentadas especialmente la que se propone en el objetivo general que es el de la ANSI/TIA 942, y adicionalmente consultar otros documentos que complementen al estándar ya que por ser del 2005, hoy en día se pueden aplicar nuevas técnicas. El enfoque cuasi experimental se determina ya que ciertos días la empresa Orange Business Services dará el permiso para realizar diferentes visitas al data center, con el fin de identificar y evidenciar (Registro fotográfico) el estado actual del data center.

1.5.2.1. Pasos investigativos

1. Se hace una observación o una primera idea sobre lo que se va a trabajar, para este caso en un data center.
2. Se define un planteamiento del problema, el cual será el eje principal para trabajar el documento.
3. Se traza un alcance para la propuesta, enfocado específicamente en lo que se va a trabajar.
4. Plantear objetivos (General y específicos) que vayan orientados a dar solución a la propuesta de mejora.
5. Elaborar un plan de trabajo (Cronograma) para tener un orden en cuanto a las actividades que se van a realizar.
6. Realizar las actividades propuestas en el plan de trabajo, siguiendo las fechas que se estipulan. Con todo lo que corresponde en cuanto a recolectar información, analizarla e ir documentándola.
7. Realizar el documento final que dé solución al objetivo general planteado inicialmente, dispuesto a revisiones y correcciones por parte del tutor.
8. Presentación y sustentación final del documento.

1.5.3. Fuentes de información

Fuentes Primarias:

- Estándar ANSI/TIA 942.
- Datos propuestos por Orange Business Services Colombia.
- Información a cargo del ingeniero responsable del data center (Mario Navas)

- Documentación en línea sobre data center.
- Libros sobre data center.
- Estudios realizados previamente sobre el diseño y recomendaciones de un data center.
- Consultar información de los equipos de refrigeración por parte de los proveedores que existen actualmente en el mercado.
- Visitas al data center.

Fuentes Secundarias:

- Videos acerca de las temáticas de pasillos confinados, pisos falsos y aires acondicionados.
- Apuntes universitarios (Redes convergentes).

1.5.4. Herramientas para captura de información, procesamiento y presentación de resultados.

- La información será principalmente recolectada por entrevistas y observaciones hechas directamente en el lugar.
- Para el procesamiento de la información se hace uso de algunos softwares como: Gantt Project (Proyectos), Excel (Estadístico) y Lucid chart (Diseño).
- La representación de los resultados se realizará por medio de diferentes: Tablas, figuras y planos.

1.5.5. Pasos metodológicos.

A continuación, se detallan los principales procedimientos que darán cumplimiento a los objetivos específicos y así dar cumplimiento al objetivo general.

1.5.5.1. Procedimientos para dar cumplimiento al objetivo específico número 1.

- Reuniones (Entrevistas) con el ingeniero encargado del data center de OBS Bogotá.
- Realizar visitas al data center.
- Tomar evidencias fotográficas.
- Solicitar datos e información relevante acerca del data center.

1.5.5.2. Procedimientos para dar cumplimiento al objetivo específico número 2.

- Consultar las recomendaciones propuestas de HVAC en la norma ANSI/TIA 942.
- Investigar por la implementación de pasillos confinados.
- Buscar un nuevo equipo de precisión que reemplace al equipo de confort que se tiene actualmente.
- Realizar diferentes diseños para poder visualizar la solución propuesta.

1.5.5.3. Procedimientos para dar cumplimiento al objetivo específico número 3

- Proponer diferentes empresas que puedan proveer los elementos necesarios para llevar a cabo la propuesta.
- Buscar posibles costos que se tengan actualmente en el mercado.

1.5.5.4. Procedimientos para dar cumplimiento al objetivo específico número 4

- Elaborar la encuesta correspondiente al método Delphi.
- Contactar con los expertos para que respondan a la encuesta propuesta.
- Contemplar retroalimentaciones para ejecutarlas en la propuesta

1.5.6. Plan de trabajo/Cronograma de las actividades.

Por medio del siguiente plan de trabajo (Cronograma) se contemplan las actividades principales llevadas a cabo para elaborar la propuesta.

La siguiente tabla nombra la actividad a realizar con su respectiva fecha inicial y final tentativa.

Tabla 1. Cronograma de actividades.

Actividades	Fecha Inicio	Fecha Finalización
A. Reunión con el ingeniero encargado del data center: Reunión para identificar qué problemáticas se están presentando actualmente en el data center y que pueden ser mejoradas.	15/04/2021	18/04/2021
B. Desarrollar el formato de anteproyecto Documento en el cual se plantea un posible título, planteamiento del problema, objetivos, metodología, entre otros aspectos.	18/04/2021	25/04/2021
C. Desarrollo del documento oficial de la monografía	25/04/2021	17/06/2021

Documento el cual tendrá todo el desarrollo de la propuesta y finalmente se sustentará (Contando con la aprobación del tutor).		
D. Identificar el estado actual del data center. Realizar visitas al lugar, tomar evidencia, solicitar información relevante, diferentes reuniones con el ingeniero a cargo del data center cuando sean necesarias.	26/04/2021	01/05/2021
E. Estudio sobre las ventajas de renovación de los equipos de refrigeración y pasillos confinados. Realizar una investigación para determinar las ventajas y la necesidad de porqué implementar estas alternativas para el data center, teniendo en cuenta otras fuentes de información que complementen al estándar ANSI/TIA 942.	28/04/2021	08/05/2021
F. Elaborar un borrador a modo de diseño. Este borrador es una posible propuesta gráfica de la implementación de los pasillos confinados, el nuevo equipo de refrigeración y otras posibles recomendaciones del ANSI/TIA 942.	12/05/2021	20/05/2021

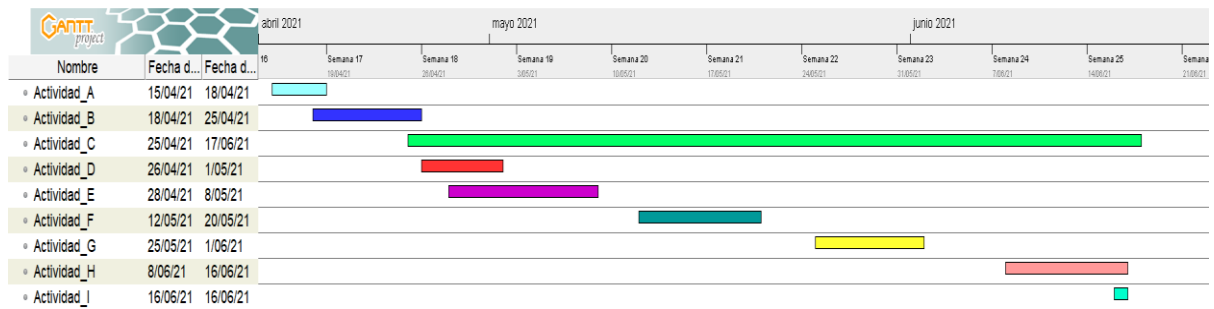
G. Realizar el presupuesto, contemplando proveedores y posibles costos. Analizar diferentes proveedores actuales del mercado que tengan dentro de sus servicios los elementos necesarios para llevar a cabo la propuesta, con sus respectivos costos.	25/05/2021	01/06/2021
H. Elaboración del método Delphi Contactar a diferentes ingenieros con conocimientos en el tema de data center, los cuales puedan responder una encuesta con base a la propuesta de mejoramiento, y así obtener diferentes recomendaciones que se pueden implementar en el trabajo.	8/06/2021	16/06/2021
I. Elaborar conclusiones y recomendaciones. Finalmente, después de haber desarrollado la propuesta se elaboran conclusiones y recomendaciones, las cuales serán compartidas con Orange Business Services Colombia.	16/06/2021	16/06/2021

Fuente: Autor.

Cabe resaltar que algunas actividades se realizan en segundo plano ya que no se tiene una fecha oficial. Estas actividades pueden ser las reuniones con el ingeniero Mario Navas (Encargado del data center) y las reuniones con el tutor ya que se realizan de acuerdo a la disponibilidad de ambas partes.

Por medio del siguiente diagrama de Gantt se grafican las actividades propuestas, con base a su duración en días.

Figura 1. Diagrama de Gantt.



Fuente: Autor, Año 2021.

PARTE II

Marco Teórico

Capítulo 2

Estado del arte

Por medio de este capítulo número 2, se revisan diferentes fuentes de información para resaltar los estudios previos que se hayan hecho, y que por supuesto tengan una relación y complementen a esta propuesta de mejoramiento para el data center de Orange Business Services. Los estudios previos se presentan a modo interno, es decir algún trabajo que se haya hecho en la universidad Santo Tomás y a nivel externo, es decir trabajos o informes que se hayan realizado fuera de la institución educativa.

Revisando casos de estudios previos referente a la temática planteada para esta propuesta, se destaca que a nivel institucional (Universidad Santo Tomás) se elaboró un trabajo de grado perteneciente al área de posgrados específicamente para la especialización en instrumentación electrónica, donde se implementó el “Diseño de un sistema de monitoreo y control de temperatura y humedad para Datacenter”. A pesar de que el enfoque de este trabajo es un poco más técnico, aun así abarca temáticas que sirven de referencias como lo son: Temperatura, pasillos fríos, pasillos calientes, escogencia de componentes (Aires acondicionados), diseños, costos, entre otros [5].

A nivel global existen otros documentos que sirven de referencia a la hora de desarrollar esta propuesta de mejoramiento.

Uno de ellos es el artículo científico elaborado en la universidad técnica del norte (Ecuador), el cual es todo un diseño de un data center Tier 1 para el gobierno municipal Otavalo (Ecuador) bajo la norma ANSI/TIA-942. Se muestra un paso a paso de la implementación, contemplando aspectos y características técnicas por parte de los componentes que conforman un data center [6].

Este artículo es de gran importancia ya que elabora todo el diseño del data center a partir de la misma norma que se va a trabajar en esta propuesta de mejoramiento para el data center “BOGH 01”.

El siguiente documento es uno de los más completos que existen actualmente en cuanto a los data center, fue elaborado por Vilar Reyes, Josep y es llamado “Estudio sobre la creación y explotación de un centro de proceso de datos”. Este documento es todo un proyecto que contempla todo lo necesario para la creación de un centro de procesamiento de datos con detalles y observaciones muy bien sintetizados. Se definen: Términos, normas, diseños, ubicaciones, tamaños, distribuciones; y otros más relacionados a la temática de la propuesta como: Tipo de instalación de un suelo falso y todo el diseño correspondiente a la infraestructura de climatización [7].

A parte de los trabajos académicos también existen informes elaborados por empresas enfocadas a la transformación digital como **Schneider Electric**, la cual desarrolló un informe llamado “Impacto de la contención de pasillos calientes y fríos en la temperatura y la eficiencia de los centros de datos”, este informe contiene diferentes datos estadísticos (PUE), comparaciones, gráficas, demostrando así la importancia y los beneficios de gestionar los pasillos calientes y fríos en un data center [8]. Otro informe que destaca aspectos estadísticos, pero con base a la temperatura de un centro de datos es que pertenece a el Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), desarrollado por Michael K Patterson perteneciente a la empresa Intel Corporation. Su objetivo principal es demostrar el efecto de la temperatura sobre la eficiencia energética de un centro de datos [9].

Considerando las investigaciones realizadas anteriormente, se puede concluir que esta propuesta de mejoramiento realmente si puede traer beneficios en cuanto al desempeño de un data center, es por eso que todo este tema de climatización es demasiado importante. Tanto así que es contemplado en un estándar internacional como lo es la ANSI/TIA-942, y adicionalmente es un aspecto que se debe tener en cuenta a la hora de elaborar cualquier documento o proyecto que pretenda llevar a cabo un adecuado diseño y/o implementación de un data center.

Capítulo 3

Bases conceptuales

En este capítulo número 3 se encuentra toda la información detallada referente a los conceptos que se van a trabajar a lo largo del documento.

3.1. CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS(CPD)

Un centro de procesamiento de datos (CPD) es un lugar que cuenta con todos los recursos necesarios para el procesamiento de la información de quien lo requiera, ya sean pequeños negocios, medianas empresas y hasta grandes corporaciones. Globalmente también se conoce a este lugar como centro de cómputo en toda la región Iberoamericana o también como centro de cálculo en España, o data center equivalente en español al término centro de datos [10].

Al contar los centros de procesamiento de datos con equipos y dispositivos electrónicos los cuales son los encargados de responder ante todos los requerimientos y operaciones informáticas que se requieran por parte del cliente, estos equipos y dispositivos tienen la responsabilidad de que el centro de procesamiento de datos puede prestar servicios en cuanto: Servidores como por ejemplo alojamiento de páginas web, almacenar todos sus datos y gestionar todo lo que corresponde al sistema de comunicaciones [11].

A continuación, se describen los elementos mínimos con los que debe contar un data center [12]:

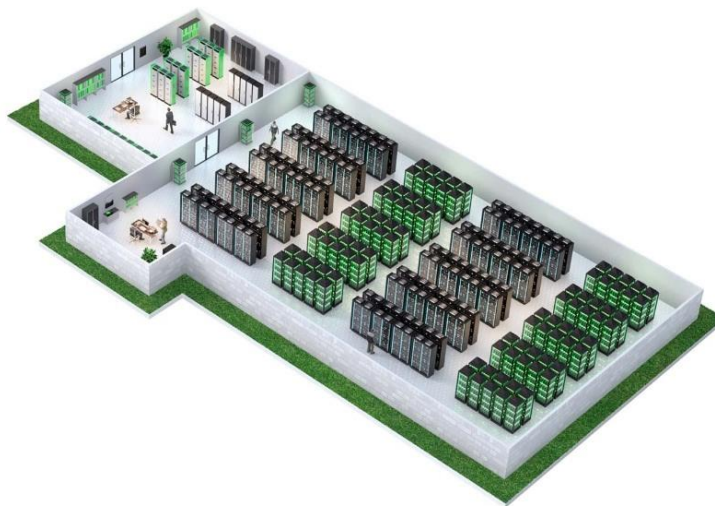
- Adecuaciones físicas.
- Sistema eléctrico.
- Sistemas de aire acondicionado (Refrigeración).
- Sistema de detección, alarma y extinción de incendios.
- Sistemas de iluminación.
- Sistema de control de Acceso (Seguridad).
- Sistema de cableado.
- Gabinetes o Racks.

3.2. PASILLOS FRÍOS(COLD) Y CALIENTES(HOT)

Típicamente la ubicación de los equipos de TI en un data center se hace por medio de racks, los cuales son ubicados en línea vertical y formando pequeños grupos. Estos grupos de racks se separan de los otros grupos dejando un cierto espacio entre ellos formando así pasillos.

A continuación, se presenta un ejemplo de la distribución de racks en un data center y sus respectivos pasillos:

Figura 2. Distribución interna de un data center.



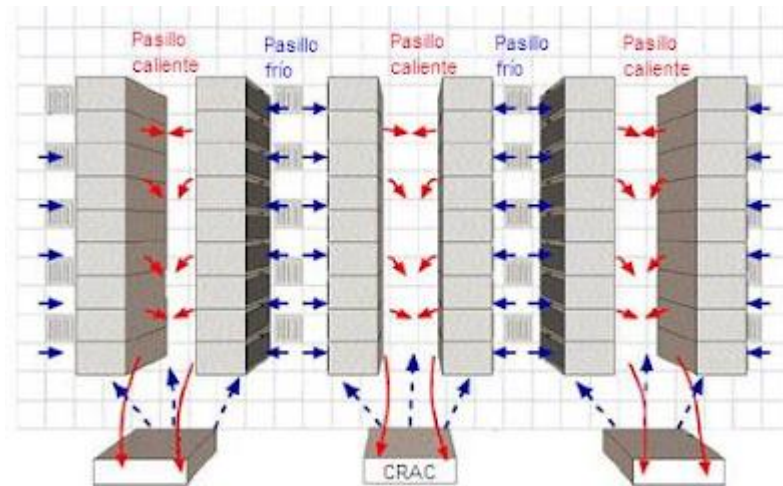
Fuente: <https://www.se.com/es/es/work/solutions/for-business/data-centers-and-networks/>, Año 2021.

Al tener en constante funcionamiento dichos equipos es normal que se empiece a generar un flujo de aire en los pasillos del data center. Dicho aire puede ser dos tipos:

- **Aire frío:** Es el que se genera por medio del equipo de aire acondicionado y es recibido por la parte frontal de los equipos de TI, todo esto para su correcto funcionamiento y evitar sobre calentamientos en equipo. Originando un pasillo frío.
- **Aire caliente:** Este aire se origina por medio de la expulsión de los ventiladores del equipo de TI, y es el que necesita ser retornado al equipo de aire acondicionado para iniciar nuevamente el ciclo. Originando un pasillo caliente.

Después de conocer sobre los aires que se pueden originar en los pasillos del data center es importante tener en cuenta que estos dos tipos de aire no se pueden juntar, y por eso se hace un intercalamiento entre los pasillos.

Figura 3. Pasillos fríos y calientes en un data center.



Fuente: <http://www.datacentershoy.com/2015/07/diseño-de-pasillos-y-mas.html>, Año 2015.

3.3. EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN (AIRES ACONDICIONADOS)

Según el diccionario de la universidad de Oxford se define a un aire acondicionado como un “Sistema de ventilación mediante el cual se consigue mantener un recinto cerrado a la temperatura y humedad deseadas” [13]. Los aires acondicionados funcionan bajo la unidad térmica británica (BTU), medida la cual determina la cantidad de calor que el aire acondicionado es capaz de extraer del ambiente, es por eso que a mayor BTU por parte del equipo se tendrá un ambiente mucho frío [14].

De acuerdo a la propuesta de este trabajo se detalla solo dos tipos de aire acondicionado (AC), que son el de precisión y el de confort.

3.3.1. Diferencia entre aires acondicionados (AC) de precisión y confort

Por medio del siguiente cuadro se comparan las características del AC de presión y el AC de confort.

Tabla 2. Cuadro comparativo entre los aires acondicionados de confort y precisión.

	Aire Acondicionado (AC) de Precisión	Aire Acondicionado (AC) de Confort
Propósito	Enfriar el ambiente para equipos electrónicos. Diseñado para Centros de procesamiento de datos.	Enfriar el ambiente para las personas. Diseñado para pequeños lugares como: Oficinas, hogares, etc.
Horas ideales de trabajo.	24 hrs al día, por los 365 días del año.	8 hrs al día por 5 días a la semana.
Procesos	• Enfriamiento • Filtración de aire • Humidificación • Deshumidificación (Cuando la humedad está muy alta).	• Enfriamiento • Des humidificación
Monitoreo.	Poseen una tarjeta de red SNMP por la cual se puede	La gran mayoría no son monitoreables.

	registrar toda su actividad y poder recibir notificaciones y alarmas de acuerdo al rendimiento.	
Capacidad de remover calor	Entre el 90% y 100%	Entre el 60% y 70%
Eficiencia de los filtros de aire	De 60 a 90 %	De 20 a 30 %
Costo	Mayor costo, debido a sus componentes	Bajo
Cantidad de aire (Caudal)	500 a 600 CFM (Pie cúbico por minuto) / Tonelada	350 a 400 CFM (Pie cúbico por minuto) / Tonelada
Esfuerzo	Entre el 80% y 100% su esfuerzo está dedicado a enfriar, mientras que del 0% al 20% está dedicado a remover la humedad.	Entre el 60% y 70% su esfuerzo está dedicado a enfriar, mientras que del 30% al 40% está dedicado a remover la humedad.
Vida útil	15 a 20 años.	7 a 10 años.

Fuente: Autor, Año 2021.

3.4. PASILLOS CONFINADOS O CONTENCIÓN DE PASILLOS

Es una técnica que se usa a la hora de mejorar la eficiencia y el ahorro de energía de los equipos de refrigeración del data center. Dicha técnica consiste en el cerramiento de los pasillos, permitiendo homogeneizar toda la temperatura desde el suelo hasta el techo a lo largo de todo el pasillo.

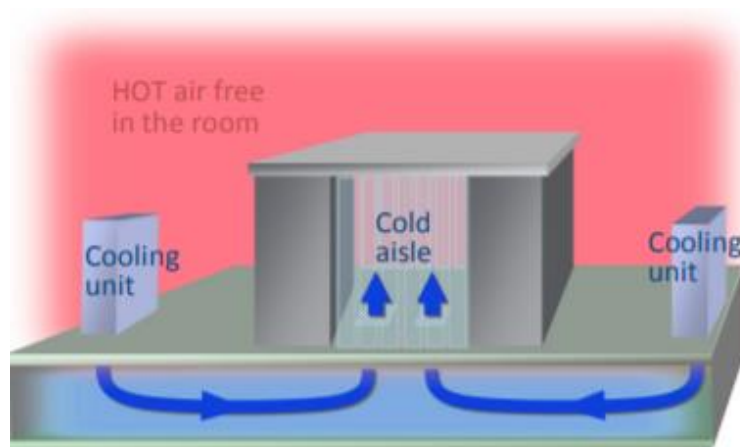
Esta contención puede presentarse bajo dos situaciones, ya sea para cerrar un pasillo frío o para cerrar uno caliente [15].

3.4.1. Sistema de contención de pasillo frío; Cold Aisle Containment System (CACS)

Este tipo de contención de pasillo permite encerrar todo un pasillo frío, es decir la parte frontal de los equipos quedando así “face to face” y provocando que todo el recinto se vuelva en un ambiente de retorno de aire caliente. El mecanismo es cerrar las dos hileras de los racks formando un cubículo y dejando solo una puerta para el acceso al pasillo, el fluido del aire frío entra por medio del piso falso que se encuentra a lo largo de todo el pasillo confiado [16].

A continuación, se presenta una figura de cómo queda un CACS en dos pilas de racks, y después todo el sistema en un data center.

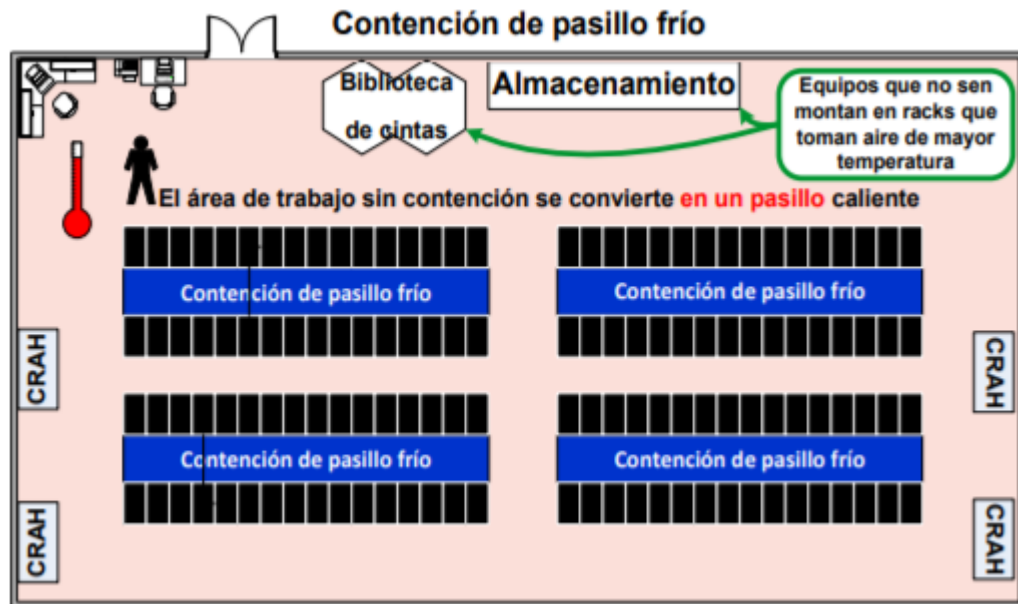
Figura 4. Ejemplo de un CACS.



Fuente: https://download.schneider-electric.com/files?p_File_Name=DBOY-7EDLE8_R3_LS.pdf&p_Doc_Ref=SPD_DBOY-7EDLE8_LS, Año 2021.

En una vista superior y global se vería de la siguiente manera:

Figura 5. CACS en un plano de data center.



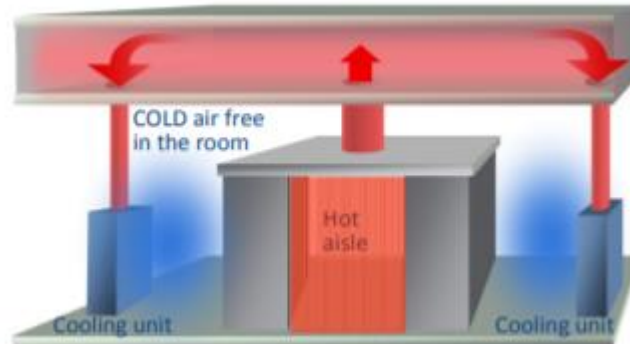
Fuente: https://download.schneider-electric.com/files?p_File_Name=DBOY-7EDLE8_R3_LS.pdf&p_Doc_Ref=SPD_DBOY-7EDLE8_LS, Año 2021.

3.4.2. Sistema de contención de pasillo caliente; Hot Aisle Containment System (HACS)

Este sistema funciona igual que el CACS con la única diferencia es que se contiene todo un pasillo a partir del aire que expulsan los equipos de TI, provocando así que el resto del recinto se convierta en un ambiente netamente de aire frío. En vez de usar un piso falso a lo largo del pasillo se usa una “chimenea” que recolecta todo el aire caliente, y por medio de ductos se lo lleva directamente al equipo de aire acondicionado del data center.

Al igual que en el CACS, se presenta una figura de cómo queda un HACS en dos pilas de racks, y después todo el sistema en un data center.

Figura 6. Ejemplo de un HACS.



Fuente: https://download.schneider-electric.com/files?p_File_Name=DBOY-7EDLE8_R3_LS.pdf&p_Doc_Ref=SPD_DBOY-7EDLE8_LS, Año 2021.

En una vista superior y global se vería de la siguiente manera:

Figura 7. HACS en un plano de data center.

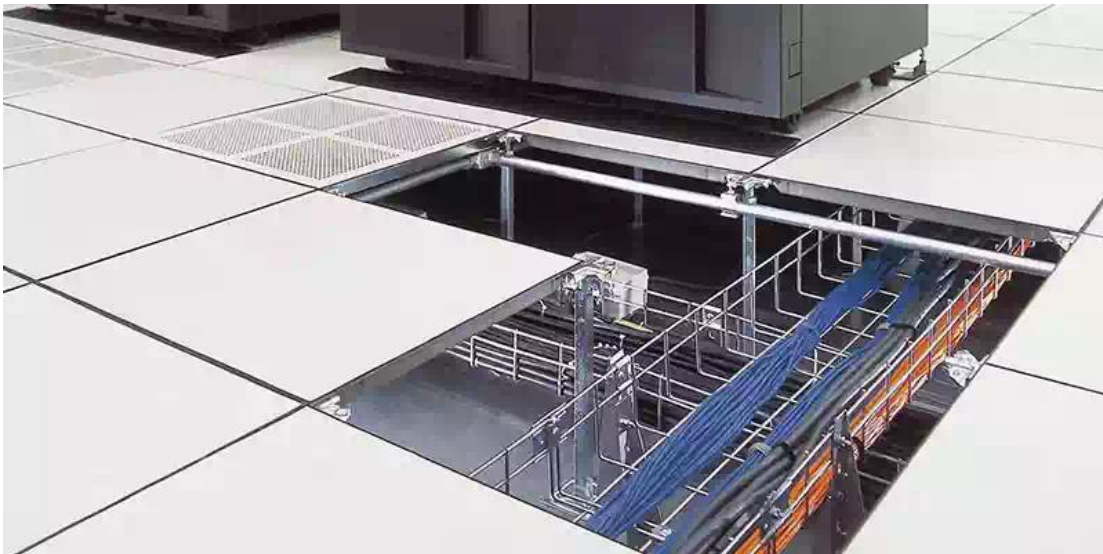


Fuente: https://download.schneider-electric.com/files?p_File_Name=DBOY-7EDLE8_R3_LS.pdf&p_Doc_Ref=SPD_DBOY-7EDLE8_LS, Año 2021.

3.5. PISO FALSO O PISO TÉCNICO

Este tipo de piso es típico para un centro de datos ya que se implementa bajo una cierta elevación respecto al piso base, dicha elevación proporciona el espacio suficiente para que pueda pasar todo el cableado correspondiente a datos, voz y energía. Adicionalmente por medio de este piso es por donde va todo el flujo de aire frío expulsado del equipo aire acondicionado de precisión, controlando dicho flujo por medio de rejillas, separadores de aire o grommets, dependiendo de donde se necesite el fluido.

Figura 8. Piso falso en un data center.



Fuente: <https://www.logisa.com/piso-falso-data-center>, Año 2021.

Las ventajas de tener este tipo de piso son [17]:

- Flexibilidad ante cualquier posible cambio que se necesite realizar.
- Remodelaciones y/o reestructuraciones por temas de mantenimiento.
- Fácil instalación.
- Disminuye el consumo de energía de los AC.
- Mejora en la conductividad, ya que se tiene una mejor distribución de los elementos eléctricos.

3.5.1. Baldosas perforadas

Estas baldosas hacen parte fundamental del piso falso puesto que, es el lugar donde todo el flujo de aire subterráneo puede salir a superficie por medio de pequeños agujeros. Actualmente existen diferentes diseños que varían de acuerdo a las

necesidades que se tengan, estos diseños proveen diferentes flujos de aire (%) dependiendo de la cantidad y diámetro que tengan los agujeros [18].

La siguiente figura muestra diferentes porcentajes de flujo de aire de acuerdo al tipo de agujeros para cada baldosa.

Figura 9. Flujo de aire (%) en diferentes baldosas.



Fuente: <https://www.logisa.com/piso-falso-data-center>, Año 2021.

Capítulo 4

Marco referencial

En el presente capítulo número 4 se nombra a los diferentes aspectos normativos, estándares y entidades que rigen sobre la temática propuesta.

4.1. ESTÁNDAR ANSI/TIA 942

Este estándar avalado el día 12 de Abril del 2005 por la American National Standards Institute – Telecommunications Industry Association(ANSI/TIA) básicamente es una guía orientada a personas que quieran conocer acerca del diseño y la implementación de todo lo que corresponde a la infraestructura de un centro de procesamiento de datos.

Las recomendaciones y directrices que propone este estándar en cuanto a infraestructuras de data center están clasificadas en cuatro subsistemas [19]:

1. **Telecomunicaciones:** Cableado de racks, accesos redundantes, cuarto de entrada, área de distribución, backbone, elementos activos y alimentación redundantes, patch panels, patch cords y documentación.
2. **Arquitectura:** Selección del sitio, tipo de construcción, protección ignífuga y requerimientos NFPA 75(Sistemas de protección contra el fuego para información), barreras de vapor, techos y pisos, áreas de oficina, salas de UPS y baterías, sala de generador, control de acceso, CCTV, NOC (Network Operations Center – Centro operativo).
3. **Sistema eléctrico:** Número de accesos, puntos de fallo, cargas críticas, redundancia de UPS y topología de UPS, puesta a tierra, EPO (Emergency Power Off- sistemas de corte de emergencia) baterías, monitorización, generadores, sistemas de transferencia.
4. **Sistema mecánico:** Climatización, presión positiva, tuberías y drenajes, CRACs y condensadores, control de HVAC (High Ventilating Air Conditioning), detección de incendios y sprinklers, extinción por agente limpio (NFPA 2001), detección por aspiración (ASD), detección de líquidos.

El estándar también propone unos niveles llamados “Tier”, los cuales sirven para clasificar a los centros de datos con base a sus características internas. Entre mayor calificación (Tier 4) se tendrá una mejor disponibilidad, redundancia, tiempos de respuesta, mantenimientos entre otros factores; hasta llegar al Tier 1 el cual es el nivel más bajo de la clasificación.

A continuación, se presentan diferentes tablas con las características principales para cada Tier [19].

Tabla 3. Características Tier 1.

TIER 1(Básico)
Disponibilidad: 99,671%
Parada: 0,33%

Sensible a interrupciones.
Solo un paso de corriente y distribución de aire acondicionado, es decir sin componentes redundantes.
Generador independiente.
Plazo de implementación: 3 Meses.
Al momento de hacer cualquier mantenimiento (Preventivo) se debe cerrar completamente.
Tiempo de inactividad anual:28.82 hrs.

Fuente: Autor, Año 2021.

Tabla 4. Características Tier 2.

TIER 2(Componentes redundantes)
Disponibilidad: 99,741%
Parada: 0,25%
Menos sensible a interrupciones.
Solo un paso de corriente y distribución de aire acondicionado. Con un componente redundante.
Incluye UPS y generador.
Plazo de implementación: 3 meses a 6 meses.
El mantenimiento a una fuente de alimentación u otras partes, requieren solamente de un cierre de procesamiento.
Tiempo de inactividad anual:22.0 hrs.

Fuente: Autor, Año 2021.

Tabla 5. Características Tier 3

TIER 3(Mantenimiento concurrente)
Disponibilidad: 99,982%
Parada: 0,02%
Se realizan interrupciones planificadas sin afectar el funcionamiento.
Existen múltiples accesos de energía y refrigeración, por un solo encaminamiento. Lo que incluye componentes redundantes (N+1).
Plazo de implementación: 15 meses a 20 meses.
Tiempo de inactividad anual:1.57 hrs.

Fuente: Autor, Año 2021.

Tabla 6. Características Tier 4.

TIER 4(Tolerante a fallas)
Disponibilidad: 99.995%
Parada: 0.005%
Se realizan interrupciones planificadas sin interrupción del funcionamiento.
Existe la posibilidad de sostener un imprevisto sin ocasionar ningún daño crítico.
Diferentes fuentes de corriente y rutas de enfriamiento. Se incluyen componentes redundantes((2(N+1))- 2 UPS cada uno con redundancia (N+1)).
Plazo de implementación: 15 meses a 20 meses.

Tiempo de inactividad anual: 52,56 minutos
--

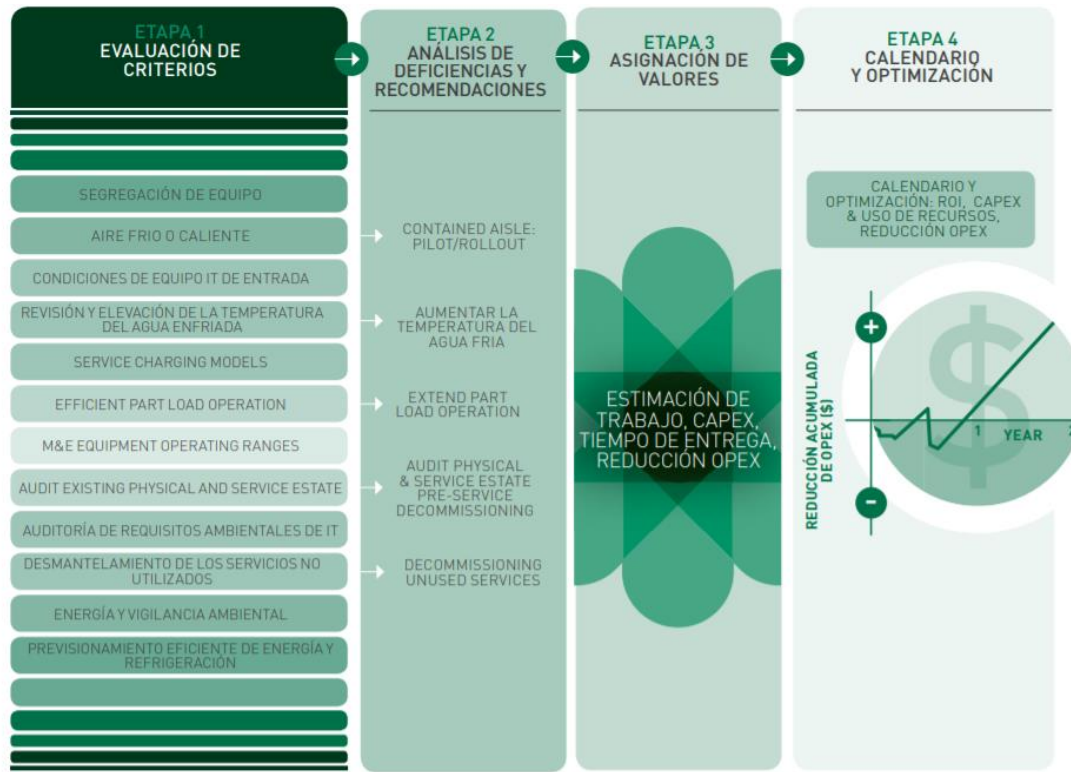
Fuente: Autor ,Año 2021.

4.2. CEEDA (CERTIFICACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA DATA CENTERS)

Proporciona todo el proceso de auditoría y certificación la implementación de mejores técnicas en data center, específicamente en cuanto a prácticas de eficiencia energética. Otorga todo un plan para mejorar aún más el rendimiento de sus procesos energéticos, permite realizar comparaciones del rendimiento de sus instalaciones en cuanto a eficiencia energética y que públicamente el data center sea reconocido por su cooperación temas ambientales. CEEDA se centra únicamente en las mejores prácticas en cuanto a eficiencia energética, teniendo en cuenta aspectos mecánicos, eléctricos, TI y la gestión integral de sus instalaciones y servicios ofertados [20].

Esta entidad como se mencionó anteriormente, también genera todo plan después de hacer una evaluación a diferentes criterios. La siguiente figura representa como es todo el proceso para hacer una recomendación a la mejora del rendimiento de un data center.

Figura 10. Proceso de recomendaciones por parte de CEEDA.



Fuente: https://www.ictec.com.bo/archivos/DataCenter/CEEDA_PartnerAprobado.pdf, Año 2016.

4.3. UPTIME INSTITUTE

Al ser una organización consultora y certificadora de Tiers para centros de datos a nivel mundial, proporciona diferentes recursos para la gestión de un centro de datos. Estos recursos pueden ir orientados a:

- Administración y operación de un centro de datos.
- Evaluación de la resiliencia de la infraestructura digital.
- Evaluación de riesgos de un centro de datos.
- Gestión de la infraestructura de un centro de datos (DCIM).
- FORCSS (Financial, Opportunity, Risk, Compliance, Sustainability and Service Quality) de un data center.

Y se pueden llegar a obtener diferentes informes, casos de estudio, encuestas, publicaciones profesionales, artículos técnicos, literatura corporativa, entre otros. Todo esto con el fin de complementar y obtener información verídica al momento de trabajar una temática de data center [21].

4.4. ICREA-STD-131-2017

Esta norma es emitida por la International Computer Room Experts Association (ICREA) y es una de las más importantes en cuanto a diseño, operación y administración de alta calidad en un data center. Cuenta con varias clasificaciones dónde la más alta es el nivel 5 el cual lo acredita como un “Alta seguridad Alta disponibilidad Garantía de calidad de clase mundial) con una disponibilidad del 99.999%, por lo que la entidad certifica que el data center tiene la mejor infraestructura en cuanto a seguridad, gestión y calidad operativa [22].

4.5. ISO 14000

Esta certificación internacional propone un conjunto de normas que regulan todo lo que corresponde a el sistema de la gestión ambiental (SGA). El propósito de estas normas es reducir el impacto medioambiental por medio de la disminución de agentes contaminantes y residuos por parte de la empresa. A parte de ser reconocido y certificado como una empresa que está en pro del cuidado del medio ambiente, se pueden llegar a obtener los siguientes beneficios [23]:

- Ahorro en costes energéticos (Agua, eléctricos).
- Extensiones a ciertas leyes.
- Posicionamiento en el mercado (Reconocimiento).
- Optimización de los procesos internos.
- Mora la imagen corporativa de la empresa.
- Aumento de la confianza por parte de clientes, potenciales clientes, proveedores, colaboradores, etc.
- Aumento de la motivación entre los trabajadores internos.

4.6. MÉTODO DELPHI

Este método Delphi se caracteriza por reunir a un conjunto de personas (Expertos) con el fin de recolectar diferentes opiniones referentes a una problemática o temática en común. Al implementar este método se obtienen las siguientes ventajas [24]:

- Se reciben diferentes puntos de vista respecto a la problemática o temática planteada, ya que la consulta se realiza de manera anónima y por lo tanto no debería existir comunicación entre los expertos.
- Gracias al consenso logrado se puede tener una alta confiabilidad y objetividad.

- Se garantiza una igualdad de participación, ya que los expertos serán consultados y tratados de igual manera.
- Es un método reconocido históricamente, se ha llevado a cabo desde hace mucho tiempo.

Por medio de la siguiente figura, se representan los pasos que se deben seguir para realizar el método Delphi.

Figura 11. Pasos del método Delphi.



Fuente: <https://www.cicerocomunicacion.es/metodo-delphi/>, Año 2021.

PARTE III

Desarrollo de la Investigación

Capítulo 1

Análisis del estado actual del data center

En este primer capítulo de la etapa del desarrollo se realiza todo un análisis sobre el estado actual del data center “BOGH 01”, identificando aspectos: Técnicos, equipos, temperatura, espacios, para así poder tener una idea inicial de cómo está operando actualmente el data center, e ir proponiendo diferentes alternativas de mejora para su desempeño.

Las evidencias fotográficas y la información compartida en este capítulo son aceptadas por parte de Orange Business Services, ya que por otra parte hay información que por políticas de privacidad no se puede llegar a publicar.

1.1. ANTECEDENTES

De acuerdo a las consultas hechas al ingeniero Mario Navas encargado del centro de procesamiento de datos (CPD) de Orange Business Services en la ciudad de Bogotá, confirma que efectivamente se puede presentar una propuesta de mejora a partir de aspectos de ventilación, temperatura, equipos y así mejorar el desempeño del data center.

El data center actualmente presenta las siguientes características en cuanto a ambiente:

- No se tiene ninguna implementación de pasillos confinados, sólo se tiene la marcación entre pasillos calientes y fríos.
La marcación para un pasillo frío es la siguiente:

Figura 12. Marcación pasillo frío.



Fuente: Orange, Año 2021.

Y la marcación para un pasillo caliente es la siguiente:

Figura 13. Marcación pasillo caliente.



Fuente: Orange, Año 2021.

- El equipo principal de precisión es el que está realizando todo el trabajo de refrigeración y humedad del data center, ya que el equipo de confort por su antigüedad se encuentra prácticamente en desuso.
- El espacio donde se encuentran ubicados los equipos de confort tiene un área muy reducida, es por eso que se debe encontrar un nuevo equipo que cumpla con las expectativas pero que sobre todo pueda ser instalado en el pequeño

espacio. Lo ideal en cuanto a este equipo de confort es que sea reemplazado por uno nuevo, pero de precisión.

La siguiente imagen representa la ubicación de estos dos equipos:

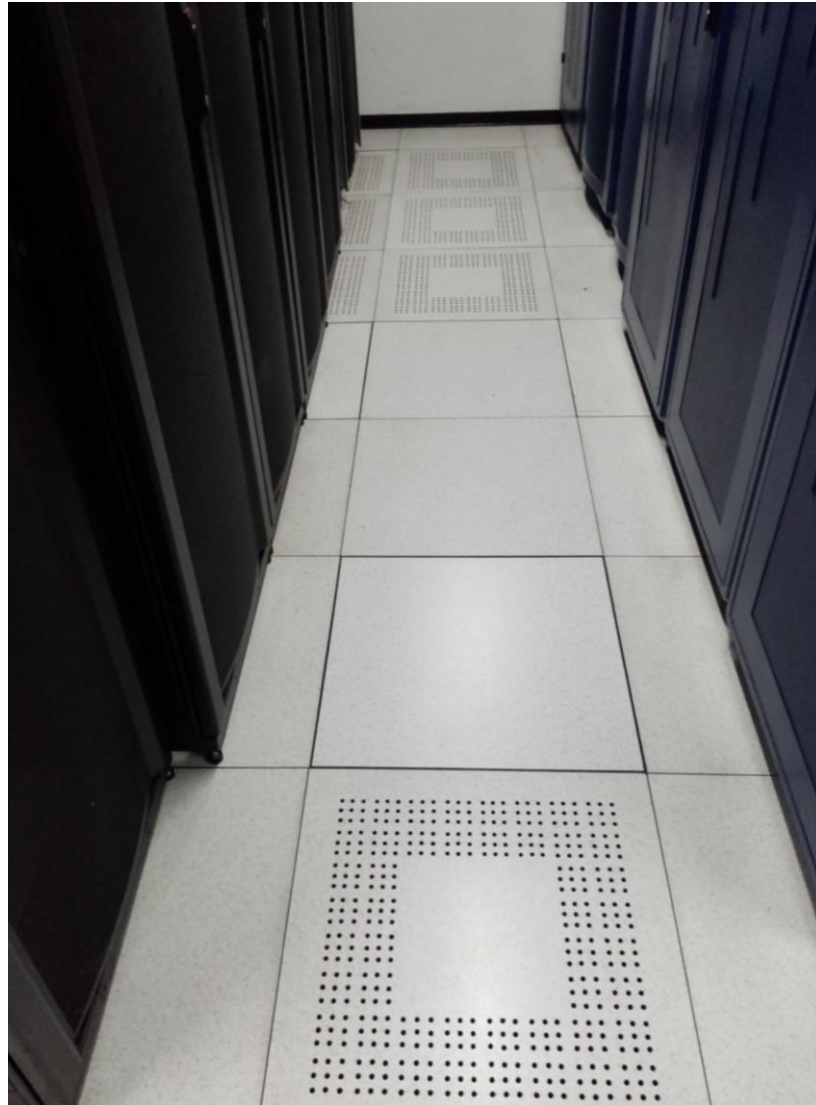
Figura 14. Ubicación de los equipos de confort.



Fuente: Orange, Año 2021.

- Las baldosas perforadas que conforman el piso falso del data center están cumpliendo correctamente su función, sin embargo si se hace una implementación de pasillos confinados estas baldosas deben ser redistribuidas óptimamente. Por medio de la siguiente figura se visualiza una de las distribuciones de las baldosas que se tiene en el data center:

Figura 15. Distribución de baldosas en el data center.

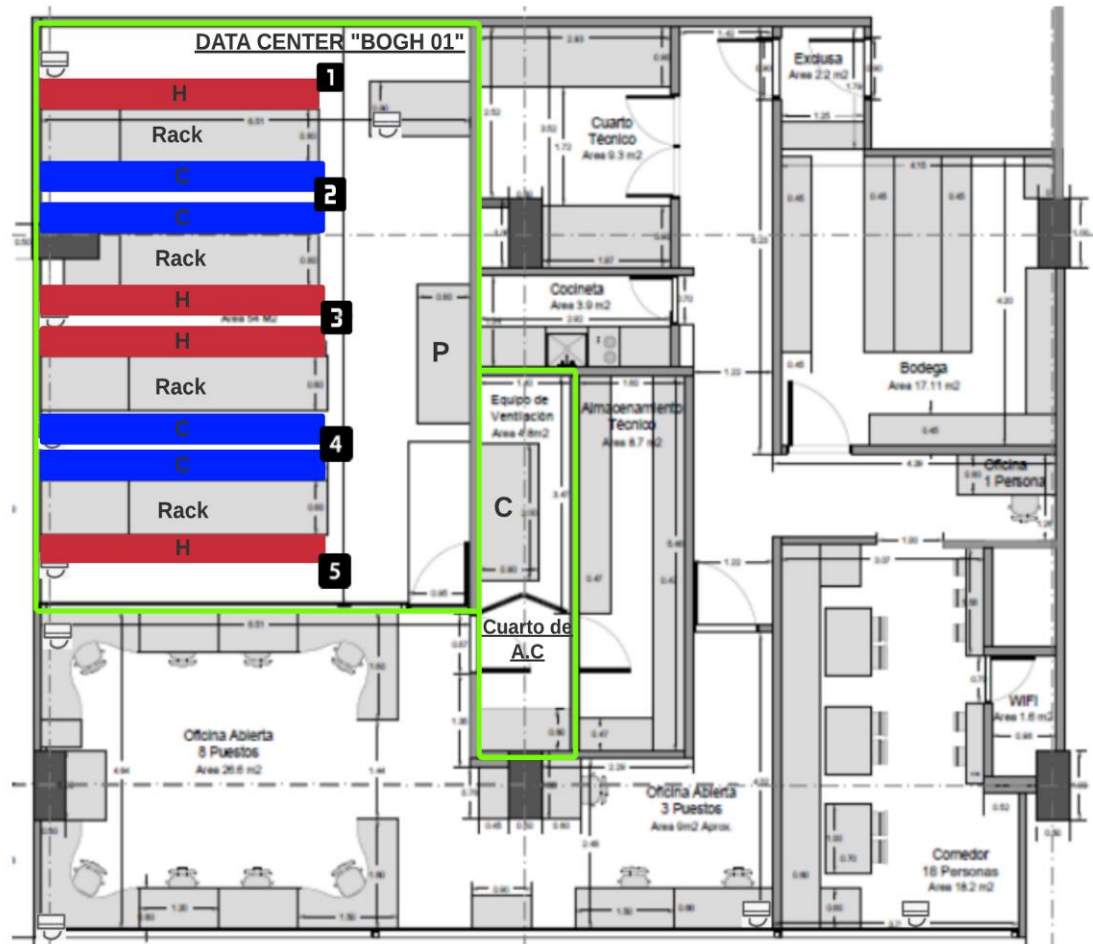


Fuente: Orange, Año 2021.

1.2. UBICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN

Por medio del siguiente plano se ubican todas las oficinas y demás lugares que comparten espacio con el data center, es por eso que se limita la zona de trabajo a solo lo que está encerrado en los recuadros verdes, es decir equipos y espacios correspondientes a este tema.

Figura 16. Planos del data center “BOGH 01”.



Fuente: Orange y autor, Año 2021.

Por medio de la siguiente tabla de convenciones se explican los símbolos que conforman el plano:

Tabla 7. Convenciones de los elementos del data center.

Símbolo	Descripción
	Cámara de seguridad
	Pasillo caliente
	Pasillo frío
	Enumeración de cada pasillo
P	Equipo de precisión
C	Equipos de confort

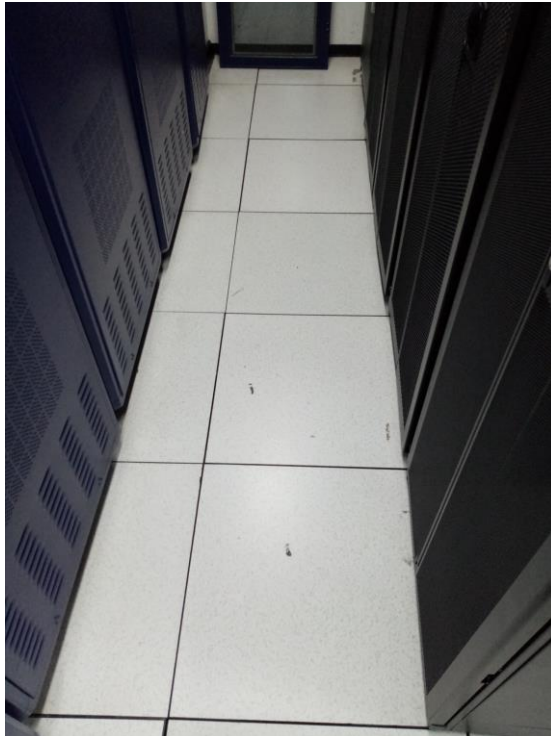
Fuente: Autor, Año 2021.

1.2.1 Pasillos

De acuerdo con la enumeración expuesta en el plano, se tiene un total de 3 pasillos entre racks y 2 entre rack y pared. Los pasillos número 2 y 4 son pasillos fríos, es decir que en esos pasillos se encuentran las parte frontales de los equipos, haciendo que queden “face to face”, por tal motivo los pasillos número 1,3,5 se convierten en corredores de aire caliente, teniendo actualmente los dos tipos de aire en conjunto (Mezclados) ya que no se tiene ningún confinamiento.

A continuación, se representan dos de los pasillos con los que cuenta el data center. No se puede mostrar el pasillo completo con los equipos por temas de confidencialidad.

Figura 17. Pasillo sin baldosas perforadas.



Fuente: Orange, Año 2021.

Figura 18. Pasillo con baldosas perforadas.



Fuente: Orange, Año 2021.

1.3. CONSUMO ENERGÉTICO

El data center al manejar grandes cantidades de energía eléctrica cuenta con una instalación trifásica. Esta instalación trifásica se caracteriza en que maneja 3 fases siendo así 3 diferentes corrientes alternas (RST).

Gracias a información compartida por la empresa se puede conocer la intensidad de corriente eléctrica (Amp) que se tiene en el en el sistema de UPS encargado de proporcionar la energía eléctrica, y por supuesto en el sistema de aires acondicionados por meses.

Para el mes de enero del presente año se cuenta con el siguiente registro:

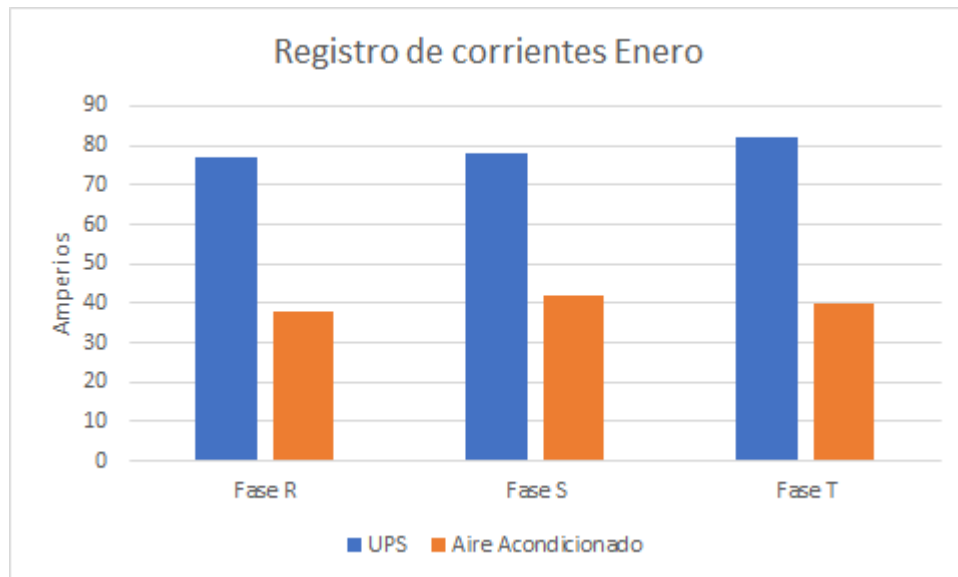
Tabla 8. Registro de corrientes Enero.

Registro de corrientes-Enero			
	Fase R	Fase S	Fase T
UPS	77 Amp	78 Amp	82 Amp
Aire Acondicionado	38 Amp	42 Amp	40 Amp

Fuente: Orange, Año 2021.

Y su respectiva comparación de cada sistema a modo de gráfica:

Figura 19. Gráfica del registro de corrientes Enero.



Fuente: Autor, Año 2021.

Mes de Febrero:

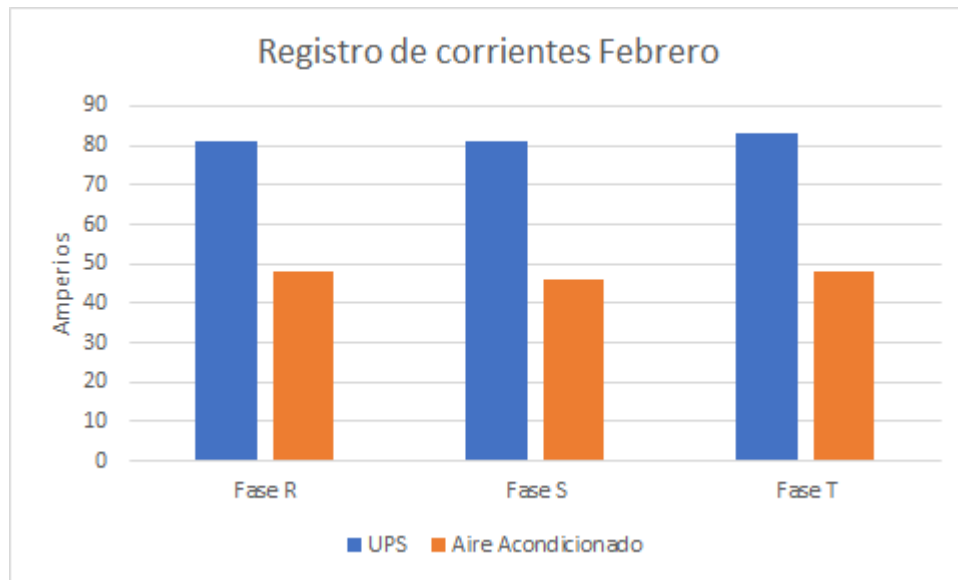
Tabla 9. Registro de corrientes Febrero.

Registro de corrientes-Febrero			
	Fase R	Fase S	Fase T

UPS	81 Amp	81 Amp	83 Amp
Aire Acondicionado	48 Amp	46 Amp	48 Amp

Fuente: Orange, Año 2021.

Figura 20. Gráfica del registro de corrientes Febrero.



Fuente: Autor, Año 2021.

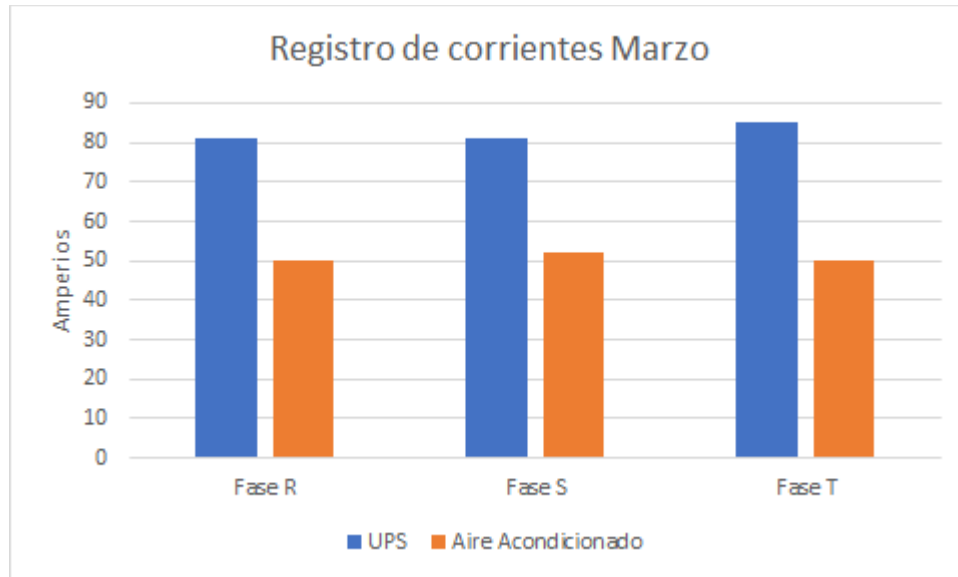
Mes de Marzo

Tabla 10. Registro de corrientes Marzo.

Registro de corrientes-Marzo			
	Fase R	Fase S	Fase T
UPS	81 Amp	81 Amp	85 Amp
Aire Acondicionado	50 Amp	52 Amp	50 Amp

Fuente: Orange, Año 2021.

Figura 21. Gráfica del registro de corrientes Marzo.



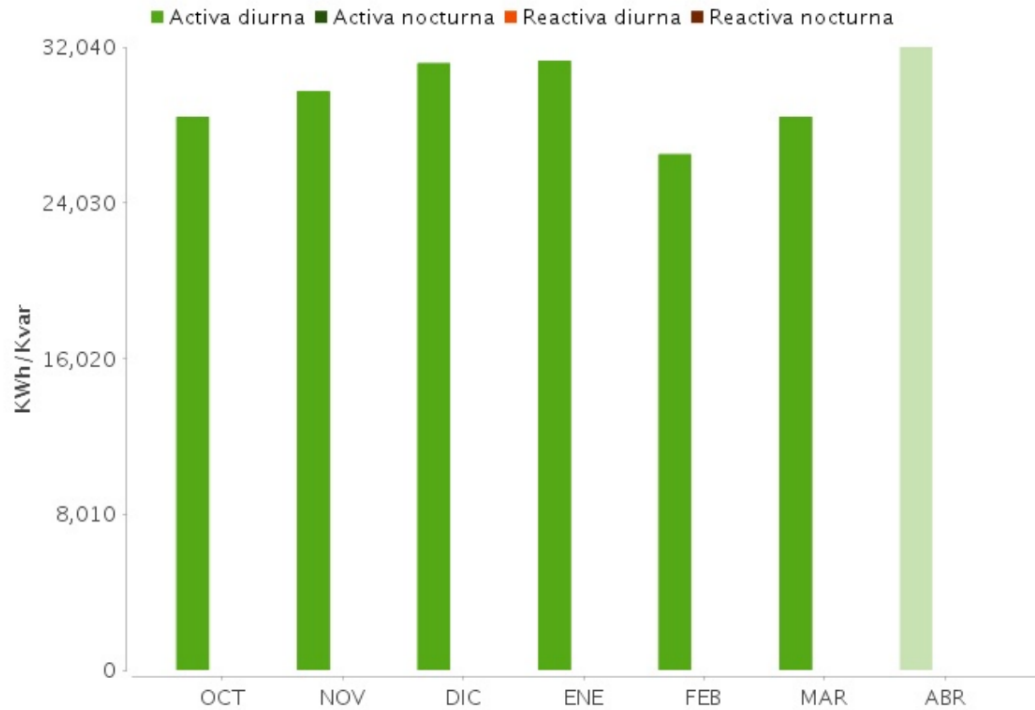
Fuente: Autor, Año 2021.

Resaltando que siempre el sistema de UPS (Sistema de Alimentación Ininterrumpida) en cada fase va a representar un mayor consumo en cuanto a intensidad de corriente eléctrica, esto se debe a que es el principal sistema encargado de abastecer energéticamente a todos los sistemas y equipos del data center en caso de que la fuente de energía falle o se ausente.

Además, se demuestra que a medida que pasan los meses para el sistema de UPS y para el de aire acondicionados, se está requiriendo una mayor demanda de intensidad en la corriente eléctrica.

Por otro lado, se cuenta con el consumo de energía de los durante 6 meses del data center en actividad diurna.

Figura 22. Gráfica de consumo energético.



Fuente: Factura Enel

Gracias a la gráfica anterior se puede conocer el factor de potencia en su totalidad de cada mes, ya que se contempla la potencia activa la cual está dada en Kw (Kilowatts), y la potencia reactiva la cual se expresa en Kvar. Este Kvar es una medida que se usa para medir la potencia en sistemas que manejan corrientes alternas.

1.4. TEMPERATURA

La temperatura que se registra en el data center se hace por medio de un sensor de temperatura el cual está conectado directamente al equipo de monitoreo IMS-4000. El sensor de temperatura que se tiene actualmente es el siguiente, marca Comet web sensor, y es el siguiente:

Figura 23. Sensor de temperatura Comet del data center.



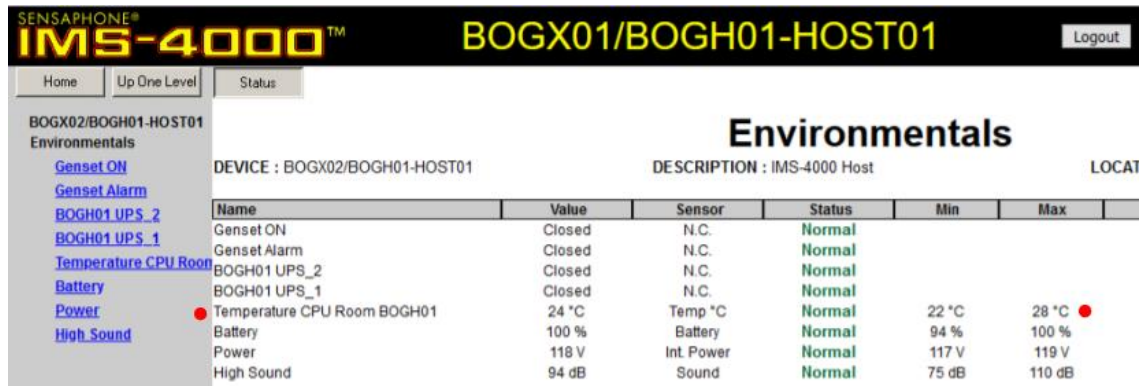
Fuente: Orange, Año 2021.

1.4.1. Relación entre el IMS-4000 y el sensor de temperatura

El de temperatura es capaz de captar temperaturas entre los 1° y los 85°, y su configuración como se mencionó anteriormente se hace por medio del equipo de monitoreo IMS-4000.

Por medio del software del equipo de monitoreo se pueden asignar rangos de temperatura a los que debe funcionar el sensor. Actualmente se tiene un rango de temperatura entre los 22° y los 28°, si en algún momento la temperatura ambiente del data center se encuentra fuera de este rango el sistema de monitoreo emitirá automáticamente una alerta vía correo electrónico al personal encargado

Figura 24. Configuración sensor de temperatura.

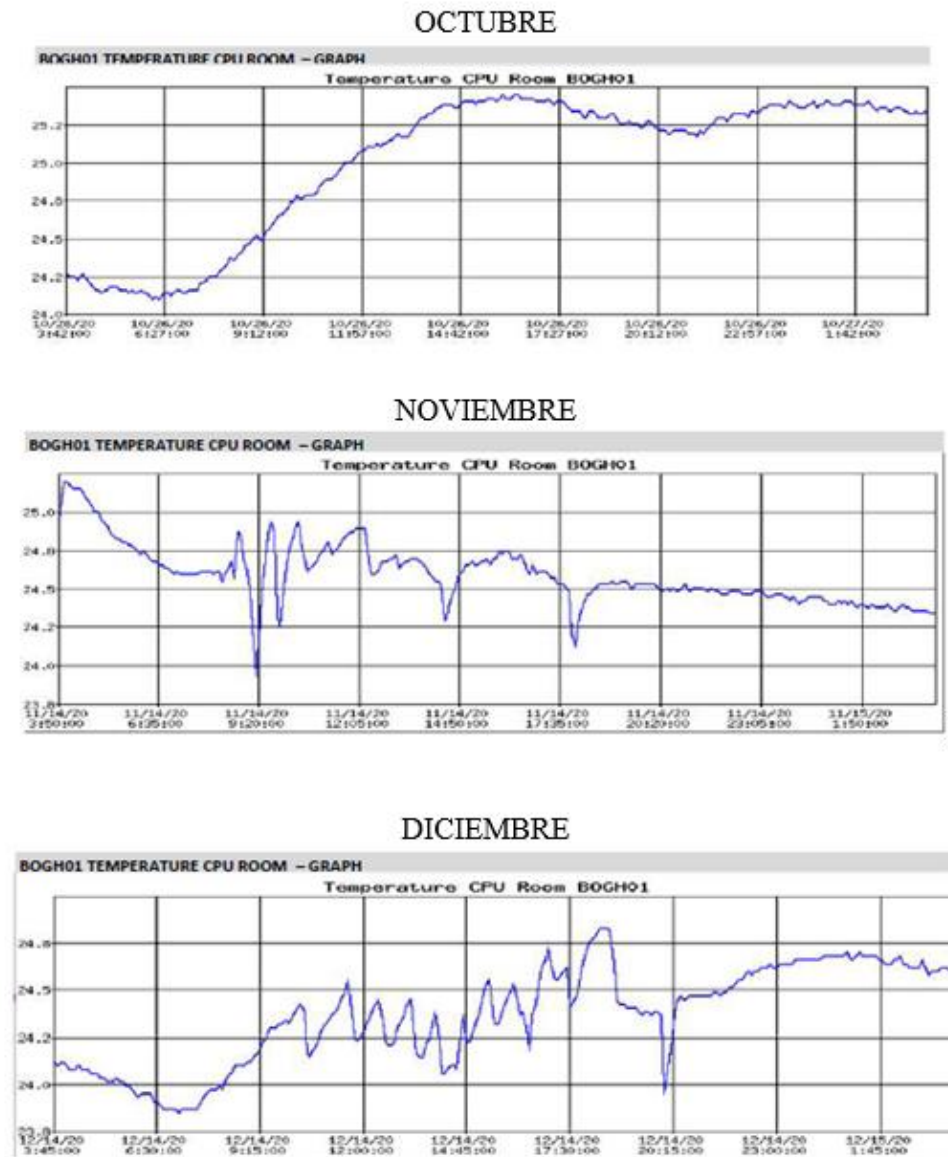


Fuente: Orange, Año 2021.

Adicionalmente este equipo de monitoreo cuenta con la opción de poder extraer gráficas de rendimiento, es por eso que a modo de ejemplo a continuación se mostrará las mediciones de temperatura que se tuvieron durante 6 meses. En el eje vertical(Y) de la gráfica se encuentra la medida de la temperatura en grados Celsius(°C), por otra parte en el eje horizontal(X) se encuentra la fecha y hora en la que fue tomado el dato, se presenta inicialmente la fecha en formato “Mes/Dia/Año” y la hora en formato militar.

Inicialmente se exponen las gráficas de los últimos meses del año 2020:

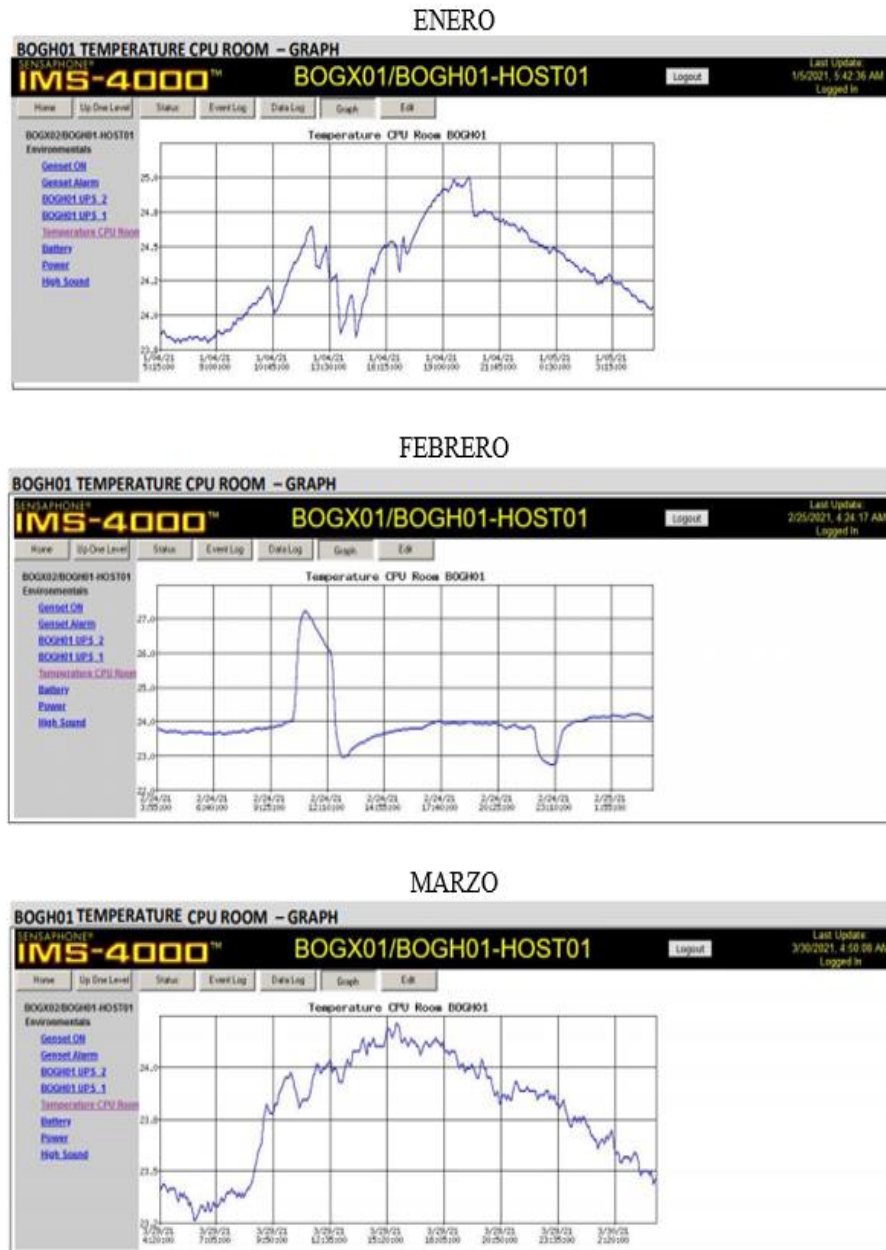
Figura 25. Gráficas de temperatura de Octubre, Noviembre y Diciembre.



Fuente: Orange, Año 2021.

Y posteriormente los primeros meses del año 2021:

Figura 26. Gráficas de temperatura de enero, febrero y marzo.



Fuente: Orange, Año 2021.

A pesar de que el registro de la temperatura puede tener cambios muy drásticos durante cada hora, el data center opera normalmente durante el rango que se configuró en el equipo de monitoreo (ISM-4000), acercándose mucho a una temperatura promedio cercana a los 24°C.

1.5. EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADOS

Estos equipos son los encargados de proporcionar la refrigeración y ventilación apropiada a todo el centro de datos. Gracias a la función que cumplen, la temperatura ambiente se mantiene dentro del rango estipulado y se evitan cualquier tipo de fallas por sobrecalentamiento.

El data center “BOGH 01” cuenta con un equipo principal de refrigeración, el cual es el de precisión marca Liebert y con otros dos de respaldo (Backup) los cuales son de confort marca York. Dentro de las actividades propuestas de mejoramiento se encuentra la renovación de estos equipos de confort por uno nuevo de precisión, el cual es más apropiado para un centro de datos y adicionalmente bajaría un poco la carga de trabajo que maneja actualmente el equipo Liebert

1.5.1 Características de los equipos

El equipo de precisión Liebert es un modelo DS053WSC0EI043A y tiene una capacidad de 15 toneladas, donde cada tonelada proporciona 12.000 BTU/h, recordando que esta medida de BTU es la que determina la cantidad de calor que el aire acondicionado es capaz de extraer del ambiente.

Este equipo se encuentra ubicado directamente en la zona del data center y se visualiza por medio de las siguientes fotografías.

Figura 27. Panel del equipo Liebert.



Fuente: Orange, Año 2021.

Figura 28. Equipo completo Liebert.



Fuente: Orange

Los dos equipos de confort marca York son modelo ND120C00C6AAA3, como se mencionó anteriormente son de respaldo es decir que cumplen una tarea secundaria en cuanto a la refrigeración del data center y tiene una capacidad de 10 toneladas.

Estos dos equipos no se encuentran directamente en el espacio del data center si no a un respaldo, ya que se encuentran separados por una pared y están en un pequeño cuarto tal como se visualiza en figura 14.

La siguiente figura representa a los dos equipos dentro del cuarto.

Figura 29. Equipos de confort.



Fuente: Orange, Año 2021.

A continuación, se visualiza completamente cómo luce físicamente uno de estos equipos gracias a una referencia de internet.

Figura 30. Equipo de confort marca York.



Fuente: <https://www.climasmonterrey.com/divididos-manejadoras-predator-25-ton-220-460-3-60-11-eer-sin-motor-1-circuito-nc300c00n6aaa1>, Año 2021.

Cabe resaltar que el flujo de aire que llega a donde están los equipos de confort se logra gracias a un pequeño cuadrado que se tiene en la pared frontal del equipo de precisión. Este espacio se visualiza gracias a las siguientes imágenes:

Figura 31. Ducto de ventilación hacia el equipo de confort.



Fuente: Orange, Año 2021.

Figura 32. Sistema de ductos de ventilación.



Fuente: Orange, Año 2021.

Capítulo 2

Importancia y beneficios de la propuesta

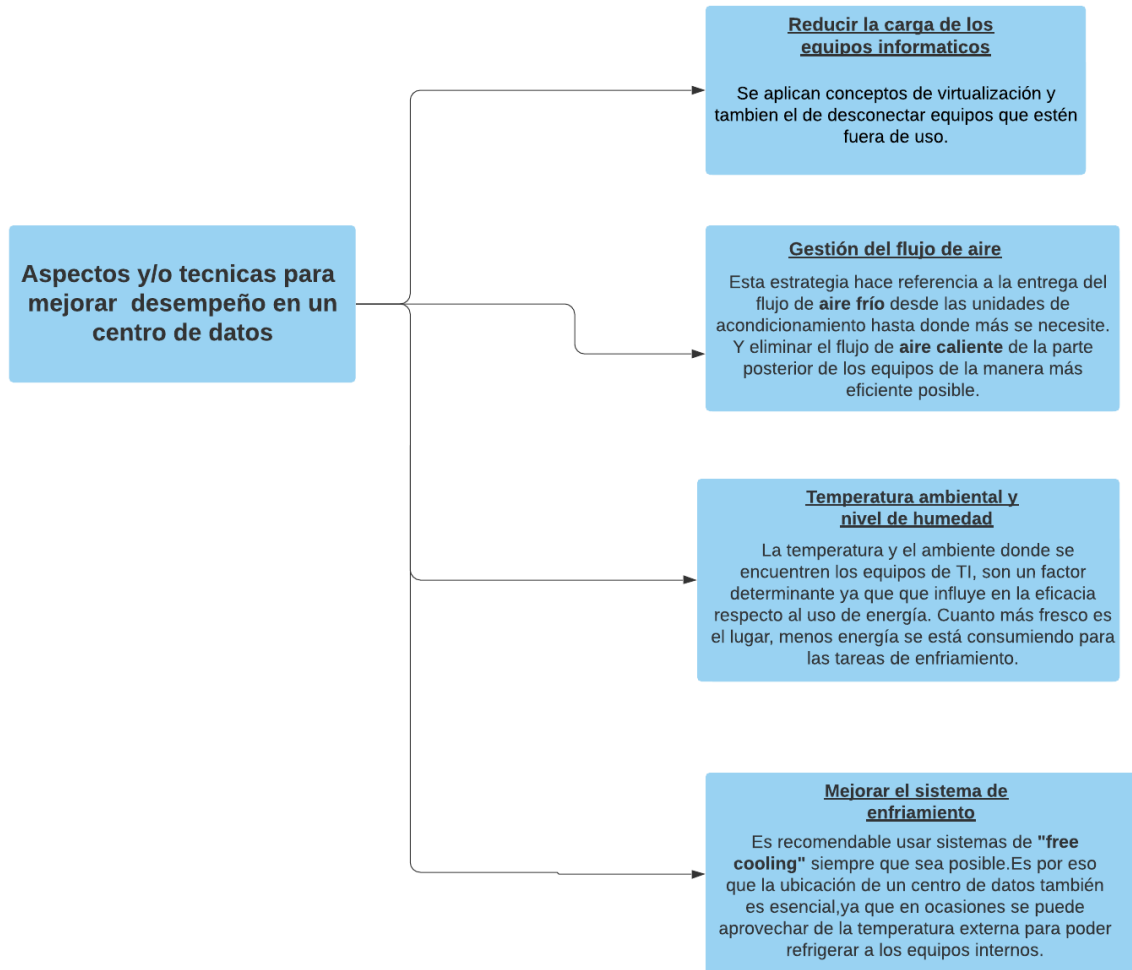
En este capítulo número 2 correspondiente al desarrollo, se detalla por medio de diferentes fuentes de información el porqué es necesario contemplar aspectos como la climatización en un data center, y como este podría mejorar el del performance del mismo.

2.1. IMPORTANCIA DEL CONSUMO ENERGÉTICO

Los centros de datos se caracterizan en que su sistema de trabajo está basado en un 24x7x365, resumiendo en que debe estar en constante funcionamiento durante las 24 horas del día durante todo el año. Una encuesta llamada *Mejora de la eficiencia de refrigeración y aire acondicionado* desarrollada por el IDC(International Data Corporation)[34] empresa dedicada al análisis de datos, “encontró que hasta un 24% del presupuesto de un centro de datos se destina a la climatización” [25]. Históricamente se dice que en 2018 la energía eléctrica demandada a nivel mundial fue cerca de **25,000 terawatt/Hr**, donde se estima que los centros de datos fueron responsables entre un **0.8%** y **2%** de dicho consumo [26]. Adicionalmente un reporte de la EU (Unión Europea) del año 2020, proyecta que para el 2025 la energía demandada por los centros de datos superará a los niveles que se tienen al 2018 en un **21%** [26].

Resaltando los datos estadísticos anteriores, hoy en día se contemplan diferentes aspectos y/o técnicas para disminuir el consumo energético y así mejorar el performance de un centro de datos. Estos aspectos y/o técnicas son dadas a conocer gracias a la revista “*Data Center Dynamics*”, resumidas en la siguiente figura.

Figura 33. Aspectos y/o técnicas para mejorar el desempeño en un data center.



Fuente: Autor, Año 2021.

Varias de las técnicas pueden ser aplicadas por recomendaciones propuestas en la norma ANSI/TIA 942 y por la implementación del confinamiento de pasillos.

2.2. IMPORTANCIA DEL SISTEMA DE HVAC (HEATING, VENTILATION, AIR CONDITIONING)

Este sistema cumple con una de las tareas más importantes en todo el centro de datos, y es la de mantener toda la infraestructura refrigerada para que ninguno de los equipos se vea afectado por situaciones externas y perjudiquen su funcionamiento. Es por eso

que uno de los procesos que se encarga de regular la temperatura y toda la circulación del aire, es el de la climatización.

La climatización proporciona tres servicios principales [15]:

- **Mantiene la temperatura baja:** La mayoría de equipos tienen un mejor desempeño a temperaturas más bajas. Lo ideal es entre 18° y 24° Celsius.
- **Mantiene la temperatura constante:** Los quiebres temperatura o cambios drásticos de temperatura puede producir fallas en los equipos a nivel interno o externo, acortando su vida útil. Esto se puede producir entre cambios de temperatura de más de 5.5°.
- **Difunde o desvanece los puntos de calor o “hot spots”:** Los puntos de calor es un fenómeno que se forma a partir de los propios equipos, ya que últimamente los chasis de los equipos son más pequeños generando así un mayor número de equipos albergados dentro de un rack.

Otro aspecto a tener en cuenta y que regula el sistema de HVAC es el de humedad. En los centros de datos la humedad se puede presentar en dos tipos, una es la humedad ambiental y la humedad relativa. La humedad ambiental es todo el porcentaje de vapor de agua que se encuentra en el aire sin importar el valor de la temperatura, y la humedad relativa es una comparación entre la cantidad de vapor de agua que contiene el aire respecto a la que se puede contener en una temperatura específica [27].

Respecto a los conceptos mencionados anteriormente, se tiene que los equipos de TI pueden funcionar idealmente a grandes rangos de humedad ambiental, normalmente entre un 20% y 80%, y entre un 45% a 55% para una humedad relativa. Por eso es recomendable que los equipos encargados de la climatización del data center tengan funciones de deshumidificación o humidificación si es necesario [28].

Claro está que, si no se tiene en cuenta o no se tiene un mantenimiento continuo a este sistema de HVAC, pueden recaer consecuencias sobre el data center. Por medio de la siguiente tabla se representan algunas causas y consecuencias.

Tabla 11. Causas y consecuencias de un sistema HVAC.

CAUSA	CONSECUENCIA
Altas temperaturas	Sobrecalentamiento en los equipos. Vida útil.
Falta de mantenimiento a la infraestructura física y TI.	Presencia de polvo y mugre que pueden ingresar a los equipos.

	Vida útil.
Alta humedad.	Corrosión y oxidación en la parte física de los equipos. Vida útil. Deterioro en la fachada de la infraestructura.
Baja humedad	Genera cargas estáticas. Daño en el hardware de los equipos, afectando su vida útil.
Problema en el flujo de ventilación.	Falta de rejillas o agujeros en el suelo falso.
Falta de mantenimiento a los equipos de aire acondicionado.	Falencias en todo el sistema de HVAC de data center, aún más si no se cuenta con equipos de respaldo.

Fuente: Autor, Año 2021.

2.3. CONFINAMIENTO DE PASILLOS

Esta sencilla técnica de climatización es una de las que puede ayudar al data center “BOGH 01” a tener un mejor performance actualmente. Tal como lo dice el señor Bruce Myatt (Director de Programas de Energía de Data Center en CLEAResult Consulting) “La separación del aire caliente y el frío es una de las medidas relativas a la eficiencia energética más prometedoras de las que se dispone en la actualidad para los centros de datos nuevos y antiguos” (*Misión Crítica, Otoño, 2007*). [29]

Por ejemplo, está demostrado que la técnica de contención de pasillos calientes en comparación a la de pasillos fríos, ahorra en un 43% los costos energéticos de los sistemas de enfriamiento, produciendo así una reducción de hasta el 15% en cuanto al PUE anual [30]. Aun así la solución de contención de pasillos calientes es un poco más complicada ya que requiere de costos adicionales, difíciles implementaciones y se recomienda usar para nuevos centros de datos, es por eso que la solución de contención de pasillos fríos va más acorde al diseño actual del data center “BOGH 01”, es una solución económica, fácil de implementar (Data center antiguos), y trae consigo los mismos beneficios en cuanto al ahorro de energía.

Por medio de la siguiente tabla se destacan algunos beneficios al momento de implementar el confinamiento de pasillo.

Tabla 12. Beneficios del confinamiento de pasillos.

Beneficios del Confinamiento	
Eliminación de los puntos calientes o “hot spots”	Esto se debe a que gracias a la separación entre el aire frío y caliente, se puede generar una temperatura más baja recibida directamente por el equipo de TI, y así reducir la concentración de los puntos de calor generados por los propios equipos.
Mayor confiabilidad	Si no existe una mezcla entre los dos tipos de aire, se puede llegar a aumentar la temperatura proveniente del equipo de aire acondicionado sin el riesgo de que se puedan formar puntos de calor.
Aumento en la densidad de potencia de cada Rack.	Esta densidad se puede aumentar eliminando la recirculación del aire caliente. Es decir que se contiene se sellan todos los posibles orificios que puedan generar rutas de recirculación de aire caliente
Aumento en la capacidad de enfriamiento	En centros de datos en los cuales no hay confinamiento el flujo de aire frío que sale desde el equipo de refrigeración y vuelve a este, se desvía hasta en un 50%. Es por eso que aumentando las temperaturas del aire de escape ocasionará un delta más grande en las unidades de enfriamiento. Dando como resultado el posible aumento en la capacidad de enfriamiento en un 20% o hasta más.

Mejoramiento en el desempeño de los equipos	Al contar con las temperaturas ideales para trabajar, los equipos pueden tener un mejor desempeño ya que no tendrán ningún tipo de sobrecalentamiento o daños físicos que puedan perjudicar su vida útil.
Reducción en costos de humidificación y deshumidificación	Si se está funcionando por una temperatura por encima del punto de rocío (La más alta temperatura a la que empieza a condensarse el vapor de agua contenido en el aire) [28], no se extrae humedad del aire. Por lo que no se ve la necesidad de incorporar humedad al ambiente, produciendo así ahorros en cuanto a agua y energía eléctrica.

Fuente: Autor, Año 2021.

Capítulo 3

Acciones de mejoramiento

En este capítulo número 3 correspondiente al desarrollo, se expondrán diferentes acciones por medio de imágenes, diseños, características técnicas que desarrollen la propuesta. Teniendo en cuenta algunas recomendaciones propuestas en la norma ANSI/TIA 942 y otras fuentes de información que la complementen actualmente.

3.1. RECOMENDACIONES A TENER EN CUENTA PARA LA PROPUESTA, DADAS POR LA NORMA ANSI/TIA 942

Revisando la norma en cuanto al diseño de la infraestructura de un centro de datos propuestos en la norma ANSI/TIA 942, se detallan diferentes recomendaciones a tener en cuenta en el sistema de ventilación, calefacción y aire acondicionado (HVAC) [31] que pueden ser aplicadas en la propuesta de mejoramiento.

Es importante tener en cuenta recomendaciones en cuanto a infraestructura primero que todo:

3.1.1. Altura del techo

La altura mínima desde el piso hasta el techo debe ser de 2.6 mts libres, es decir que no debe haber ningún contacto con cualquier elemento como rociadores, objetos de iluminación, o cámaras. Algunos racks que midan más de 2.3 mts pueden demandar una mayor altura para el techo. Cabe resaltar que debe haber un mínimo de 460 mm libres entre los rociadores de agua.

3.1.2. Fachadas

Ya sea pisos, paredes y techos deben pintarse, o estar hechos de un material que limite la cantidad de polvo en su superficie. Dicha pintura o material debe ser de un color suave para mejorar aspectos de iluminación dentro del data center. Los pisos deben contar con propiedades antiestáticas.

Posteriormente, algunas recomendaciones enfocadas más al sistema HVAC:

3.1.3. Funcionamiento continuo

El sistema HVAC debe estar disponible las 24 horas del día por los 365 días del año. En caso tal de que el equipo principal no pueda garantizar el funcionamiento durante este tiempo, se necesita contar con un equipo de respaldo.

3.1.4. Funcionamiento en espera

El sistema de HVAC debe estar respaldado por un generador o equipo de reserva si se tiene instalado. Si no se cuenta con un equipo de respaldo el equipo principal debe estar conectado al equipo de reserva del edificio donde se encuentre.

3.1.5. Parámetros operativos

Estos parámetros deben estar continuamente controlados para evitar inconvenientes en cuanto a temperatura y humedad

- **Temperatura seca:** 20° C (68° F) a 25° C (77° F).
- **Humedad relativa:** 40% a 55%.
- **Punto máximo de rocío:** 21° C (69.8° F).
- **Tasa máxima de variación de temperatura:** 5° C (9° F) por hora.
- Los equipos de humidificación o deshumidificación son requeridos, dependiendo de las condiciones ambientales que se tengan.

3.1.6. Mediciones

Las mediciones ya sea de temperatura o humedad deben realizarse a una distancia de 1.5 metros por encima del nivel del suelo, cada 3 o 6 metros verticalmente en cada pasillo frío o fuente de aire para un equipo. Es importante realizar diferentes mediciones y en diferentes puntos para determinar si existe algún problema de ventilación.

3.1.7. Armarios (Racks)

Los racks deben estar equipados con rieles de manera lateral, para albergar y soportar equipos y materiales. Se debe contar con una puerta delantera y trasera, y cada una debe contar con una cerradura.

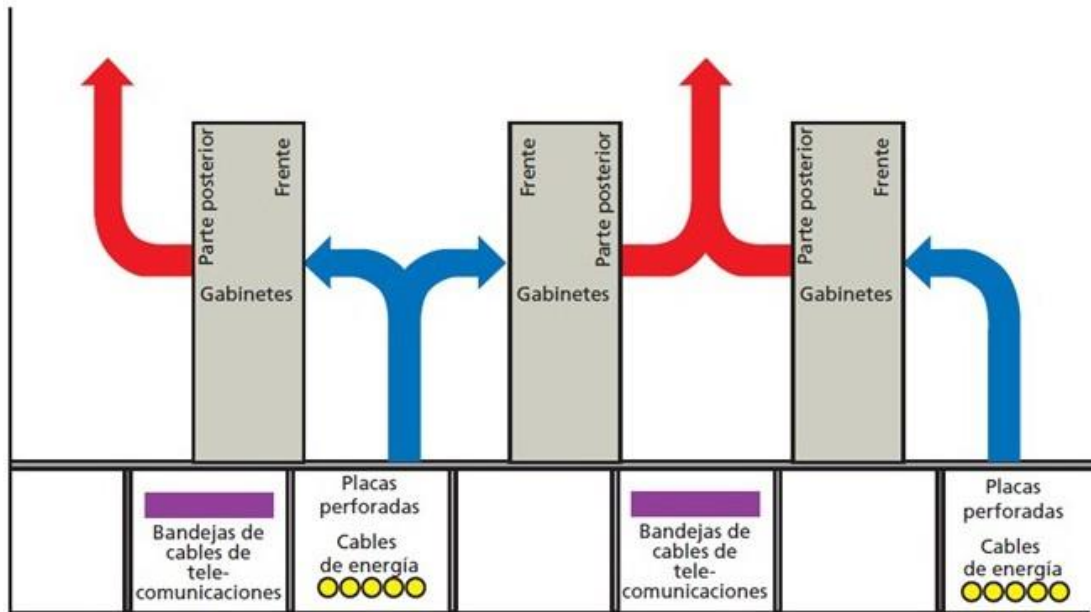
3.1.8. Pasillos “Hot” y “Cold”

Los armarios deben estar ubicados de una manera intercalada, es decir parte frontal de un rack con parte frontal de otro rack y posteriormente parte trasera de un rack con la parte trasera de otro rack. Este intercalamiento forma los pasillos “fríos” y los pasillos “calientes”.

- **Pasillo frío:** Los pasillos fríos se encuentran ubicados en la parte frontal de los armarios. Si hay cables de distribución de energía deben ubicarse bajo la losa de estos pasillos.
- **Pasillo caliente:** Los pasillos calientes se encuentran ubicados en la parte trasera de los armarios. Si hay algún tipo de cableado de telecomunicaciones debe ubicarse bajo la losa de estos pasillos.

Por medio de la siguiente imagen se resume el cableado descrito anteriormente entre pasillos.

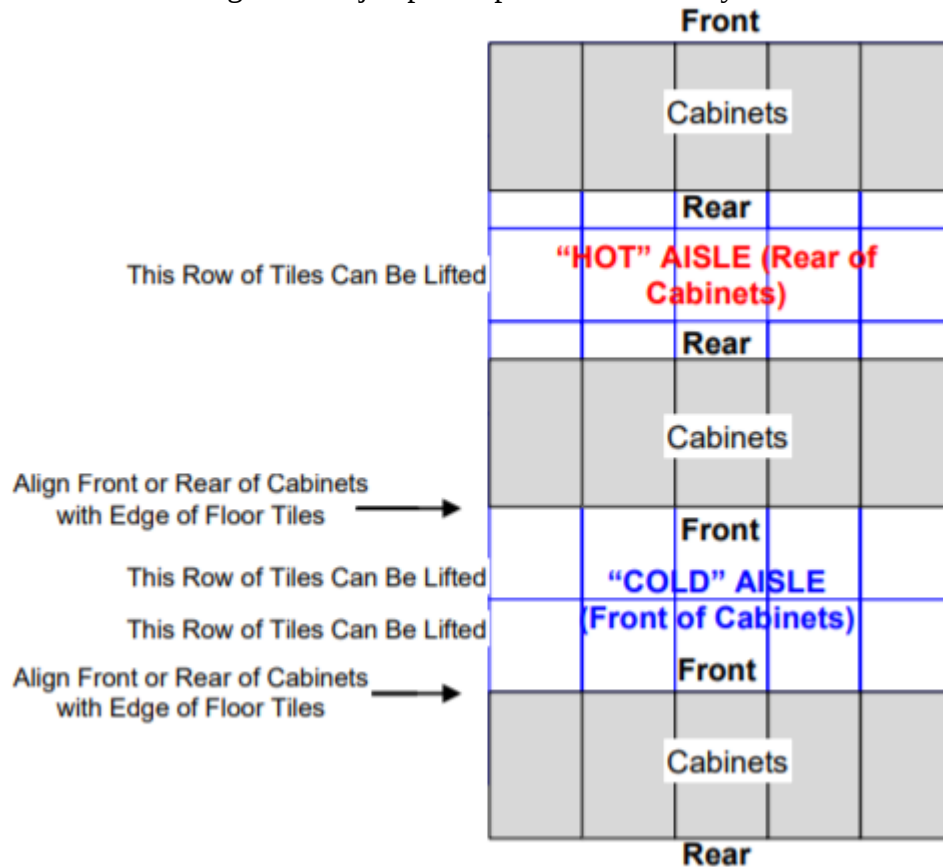
Figura 34. Distribución de cableado entre pasillos.



Fuente: <http://files.javier-ruiz5.webnode.es/200000014-5a3cd5ab74/aire.jpg>, Año 2021.

A continuación, se muestra la distribución entre pasillos calientes y fríos en un data center.

Figura 35. Ejemplo de pasillos calientes y fríos.



Fuente: Norma ANSI/TIA 942, Año 2005.

Gracias a la figura número 35 se entiende gráficamente como es la distribución ideal de los pasillos, también se resalta que el piso de los pasillos debe ser levantable, y que se deben alinear los racks con el borde de las baldosas del piso.

3.1.9. Colocación de equipos

El equipo que se encuentra albergado en el rack debe estar ubicado de tal forma de que la parte frontal quede en el pasillo frío, y la parte trasera debe estar del lado del pasillo caliente, de no ser así se vería afectado el funcionamiento de los pasillos fríos y calientes.

Los blank panels (Paneles blancos) se recomienda ponerlos en espacios libres que tenga el armario, esto con el fin de que no haya ninguna filtración de aire frío y pueda ser aprovechado al máximo. Las baldosas perforadas se deben poner en el pasillo frío y no en el caliente, adicionalmente no debe haber ninguna obstrucción debajo de estas baldosas perforadas que pueda perjudicar el flujo de aire.

3.1.10. Cortes en baldosas

Si se va a realizar alguna perforación para pasar cualquier tipo de cable por la baldosa, lo ideal es que quede debajo del rack para evitar cualquier tropiezo y deben instalarse “cepillos” que puedan contener el flujo de ventilación que pueda escapar por la perforación. La base principal del rack debe encajar con la de la baldosa, para proporcionar una mayor base y fuerza se debe atornillar. Cuál borde afilado o parte sobresaliente se debe cubrir mediante tubos.

3.1.11. Ventilación en el armario

La ventilación en los racks se puede lograr de diferentes maneras:

- Flujo de aire forzado, es decir que se usan ventiladores.
- Flujo de aire natural, a partir de pasillos fríos y calientes con aberturas en la parte delantera y traseras del armario.
- Una combinación de los 2 flujos mencionados anteriormente.

Si se quiere mejorar la ventilación dentro del armario, se recomienda tener ranuras o perforaciones en las 2 partes (Frontal y trasera) del armario, para proporcionar un mínimo del 50% de espacio abierto. Otra manera de aumentar el nivel de ventilación es por medio de ventiladores de puerta para rack, los cuales ayudan a disipar cualquier pequeña cantidad de calor que se puedan formar dentro del armario.

3.1.12. Dimensiones del rack

La altura máxima será 2.4 mts, pero se recomienda que no pasen de los 2.1 mts por si es necesario instalar cualquier tipo de hardware en la parte superior del armario. Los armarios deben contar una suficiente profundidad ya que se deben alojar equipos, regletas y cualquier tipo de cableado, con el fin de garantizar un adecuado flujo de aire dentro del armario. Por eso se debe considerar al menos 150 mm de sobra.

3.1.13. Tier 1(Mecánico)

El sistema HVAC de un Tier 1 incluye unidades de aire acondicionado únicas o múltiples con la responsabilidad del enfriamiento, para así mantener niveles de temperatura y humedad relativa en el espacio. El sistema de tuberías es de una sola vía, por lo que si se llega a presentar una falla o mantenimiento en una sección de la tubería, eso provocará la suspensión total o momentánea del sistema de aire acondicionado.

3.2. CAMBIO DEL EQUIPO DE CONFORT POR UNO DE PRECISIÓN.

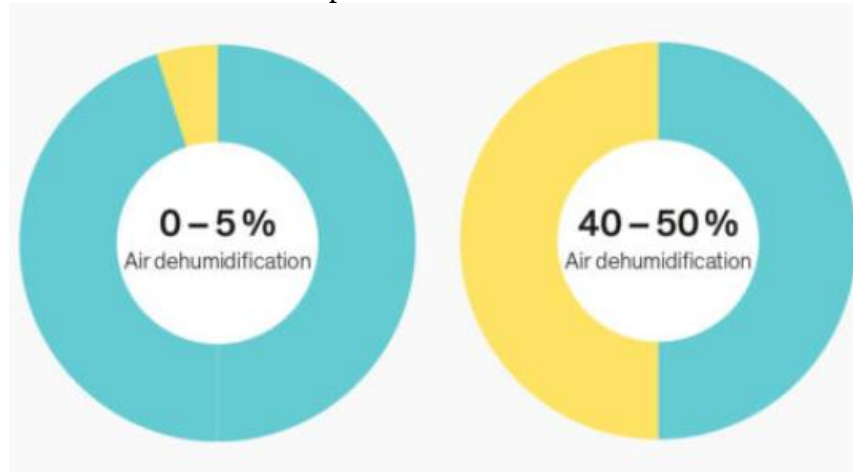
Los motivos para el cambio de equipo son los siguientes:

- El equipo de confort lleva varios años funcionando y es un poco antiguo respecto a otras referencias del mercado.
- Para los data center se recomienda hacer uso de equipos de precisión y no de confort.
- Si se tiene un equipo de precisión de resguardo (Backbone) aumenta la confiabilidad en el data center, además al tener redundancia en cuanto a este sistema de aire acondicionado bajaría la carga operación del equipo principal que se tiene actualmente, ya habría un trabajo más en conjunto.

Adicionalmente datos estadísticos como [32]:

- **Alta potencia frigorífica:** Equipos de aire acondicionado de confort pueden llegar a utilizar hasta un 50 % de su energía para realizar tareas de deshumidificación, en comparación a los equipos de precisión convierten que usan más del 95 % de la energía en potencia frigorífica exclusivamente y del 0 al 5% en deshumidificación. Claramente representan menores costos operativos.
Por medio de la siguiente gráfica se resalta por el color azul celeste la potencia frigorífica dedicada, y por el color amarillo el porcentaje en potencia para la deshumidificación. Siendo el primero para el equipo de precisión y la segunda para el de confort.

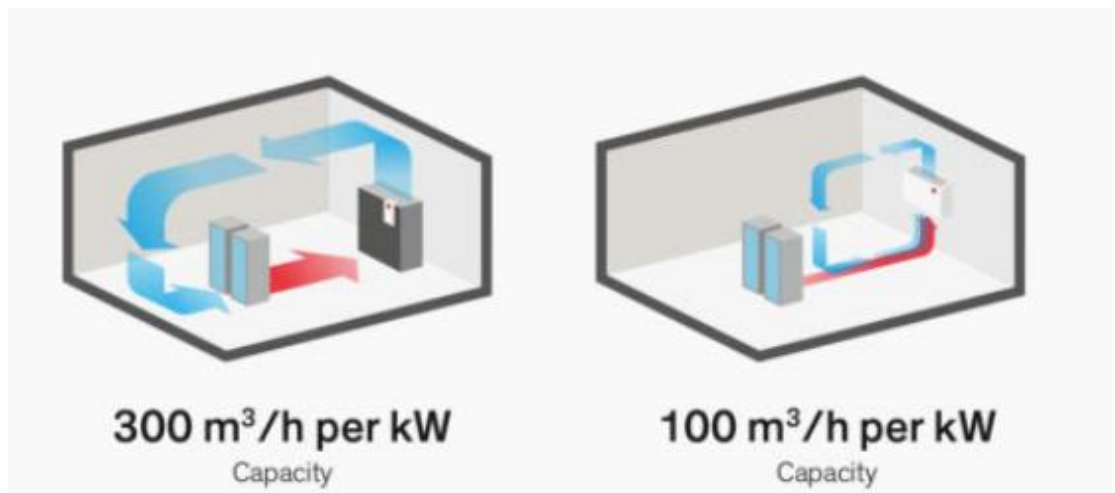
Figura 36. Porcentaje dedicado para la deshumidificación en los equipos de confort y precisión



Fuente: <https://www.stulz.com.mx/es/productos/detalle/minispace-ec/#c140186>, Año 2021.

- Distribución del aire:** La mayoría de los equipos de precisión pueden hacer circular hasta 3 veces más la cantidad de aire que los equipos de confort. Disipando el aire hasta en los lugares más lejanos, revisando y controlando de manera continua la temperatura y filtración del aire.
 La siguiente imagen refleja la capacidad de unidad de aire que tiene cada equipo por Kw, y su respectiva distancia. El primero corresponde al equipo de precisión y el segundo al de confort.

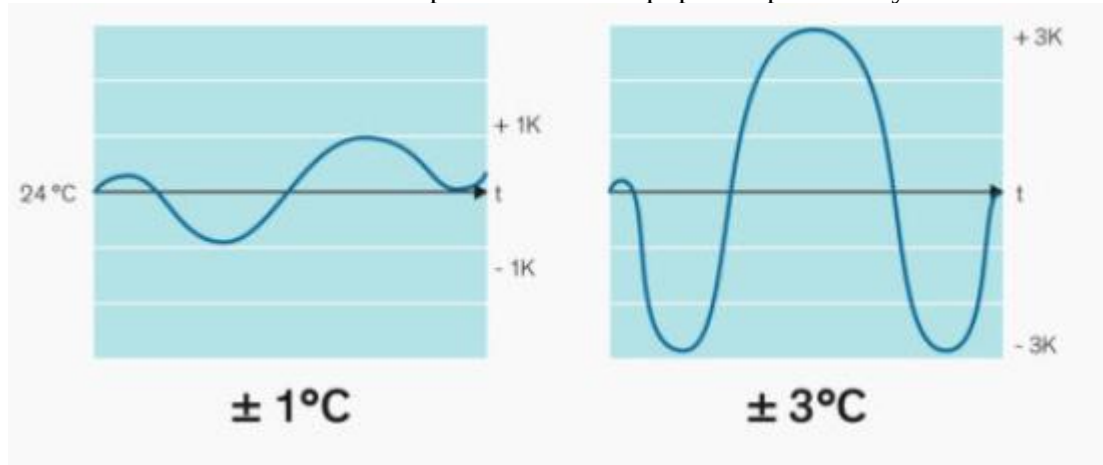
Figura 37. Capacidad de unidad de aire en los equipos de precisión y confort.



Fuente: <https://www.stulz.com.mx/es/productos/detalle/minispace-ec/#c140186>, Año 2021.

- Control de temperatura:** Con los equipos de precisión se puede tener un margen de tolerancia a fallas en cuanto a la medida de la temperatura entre 1°C , haciendo que sea muy exacta. En comparación a los equipos de confort que puede desviar su medida hasta en 3°C .
 La siguiente imagen a modo de ejemplo muestra cómo se comportaría una temperatura de 24°C en los dos equipos, siendo el de la izquierda el de precisión y el de la derecha el de confort.

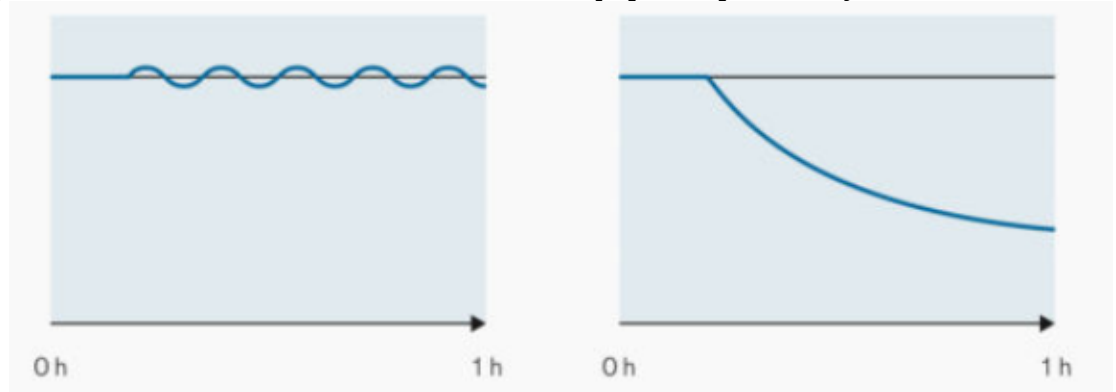
Figura 38. Precisión en la medida de temperatura de los equipos de precisión y confort.



Fuente: <https://www.stulz.com.mx/es/productos/detalle/minispace-ec/#c140186>, Año 2021.

- Control en la humedad:** Por medio de los equipos de precisión se pueden tener las labores de deshumidificación supremamente controladas y precisas. Ya que si se presentan altas variaciones de humedad se puede llegar a presentar corrosión y cargas estáticas en los equipos, afectando así su hardware.
 La siguiente imagen compara en un rango de una hora la deshumidificación que se realiza. Siendo el de la izquierda el de precisión y el de la derecha el de confort.

Figura 39. Control de deshumidificación en los equipos de precisión y confort.

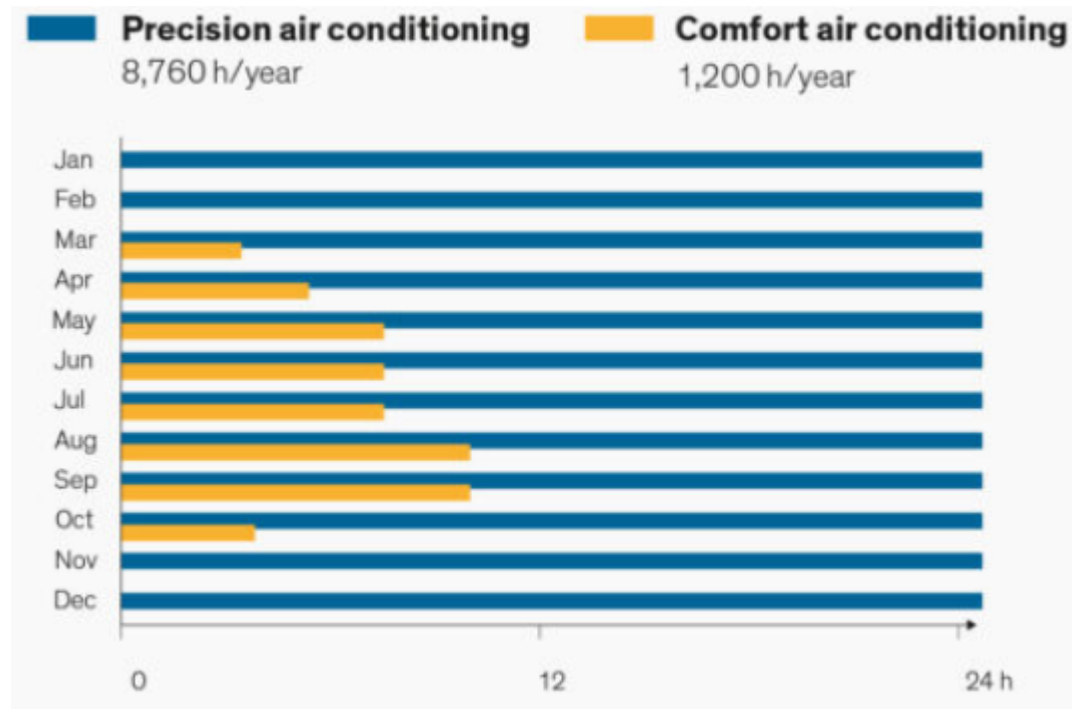


Fuente: <https://www.stulz.com.mx/es/productos/detalle/minispace-ec/#c140186>, Año 2021.

- **Alta fiabilidad:** Los equipos de precisión al ser destinados para trabajar en lugar como data center están totalmente capacitados para trabajar todas las horas del año, en comparación a los de confort que pueden funcionar correctamente, pero durante un cierto rango de tiempo. De hecho, algunos equipos de precisión proporcionan una disponibilidad de hasta 3 nueves (99.999%).

La siguiente imagen a modo de ejemplo, representa en promedio las horas de funcionamiento por año entre los dos equipos.

Figura 40. Promedio de disponibilidad de los equipos de precisión y confort en un año.



Fuente: <https://www.stulz.com.mx/es/productos/detalle/minispace-ec/#c140186>, Año 2021.

3.2.1 Elección del nuevo equipo de precisión.

Para elegir el nuevo equipo de precisión que reemplace a los dos equipos de confort, se debe tener en cuenta las limitaciones de espacio que se tienen en el cuarto de aire acondicionado, ya que es el lugar donde reposan los dos equipos de confort actualmente (Figura 29), este espacio cuenta con unas medidas de: 1.40 m anchura, con 3.42 m de largo y con aproximadamente 2.15 m de altura. Es por eso que se debe contemplar un buen equipo de precisión que se adapte a las medidas de este pequeño espacio.

Uno de los equipos que está a disposición actualmente en el mercado y que puede cumplir con las condiciones dadas inicialmente es el **MiniSpace EC** de la marca Stulz, el cual está diseñado para centros de datos pequeños o medianos.

Figura 41. Equipo MiniSpace EC .



Fuente: <https://www.stulz.com.mx/es/productos/detalle/minispace-ec/#c140186>, Año 2021.

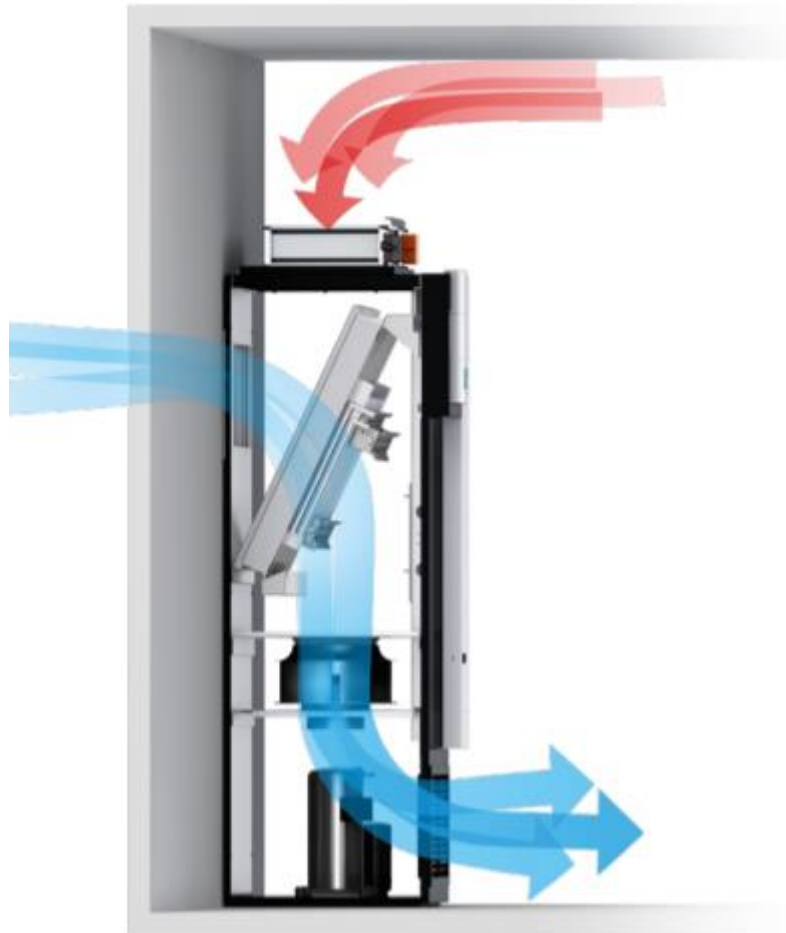
Figura 42. Equipo MiniSpace EC ubicado en un centro de cómputo.



Fuente: <https://www.stulz.com.mx/es/productos/detalle/minispace-ec/#c140186>, Año 2021.

Por medio de la siguiente imagen se visualiza el flujo de ventilación dentro del equipo, con la flecha roja haciendo referencia a todo el aire caliente y la flecha azul para todo el aire frío, teniendo la posibilidad de recibir aire frío del ambiente (Free cooling).

Figura 43. Flujo de ventilación dentro del equipo.



Fuente: https://www.stulz.com.mx/fileadmin/user_upload/products/Brochures_Manuals/MiniSpace_EC/STULZ_MiniSpace_Brochure_1912_ES.pdf, Año 2021.

Este equipo actualmente cuenta con 2 diferentes tamaños uno grande y otro pequeño. Para cumplir con las necesidades se escoge el tamaño pequeño el cual cuenta con las siguientes medidas:

- **Alto:** 1.85 mts
- **Ancho:** 0.60 mts (60 cm).
- **Profundidad:** 0.60 mts (60 cm).

Y cuenta con las siguientes características [33]:

- Potencia refrigeradora de 6 kW a 32 kW.
- Dispone de 3 sistemas de refrigeración.
 - Sistema refrigerado por aire (A)

- Sistema refrigerado por agua (G).
 - Sistema de agua enfriada (CW).
- Sencilla instalación y mantenimiento a través de su puerta frontal.
- Filtrado del aire con filtración G4.
- Control de filtros para un flujo de aire constante.
- Interconexión posible gracias al uso de protocolos como SNMP/HTTP.
- Cuenta con una interfaz gráfica externa para usuarios, con pantalla gráfica LCD.
- Cuenta con humidificador y calefacción si es necesario.
- Alarma de humo e incendios.
- Caudal de aire entre 2000 m³/h-8000 m³/h.

Adicionalmente de que el equipo se puede adaptar al espacio propuesto cuenta con los siguientes beneficios [34]:

- Máxima potencia frigorífica (Producir frío artificialmente) a pesar de su pequeño tamaño.
- Regula de una manera precisa la temperatura ambiente y la humedad del aire.
- Cuenta con una opción de Eco-Cool la cual puede proporcionar hasta un 90 % más de climatización eficiente que los sistemas de refrigeración habituales, todo esto por medio del free cooling (Acoger temperatura fría del ambiente).
- Cuenta con una alta fiabilidad ante una carga continua ininterrumpida los 365 días del año.
- Logra una máxima eficiencia energética por medio de sus ventiladores EC (Ventiladores eficientes sin escobillas).

3.3. DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PASILLOS CONFINADOS EN EL DATA CENTER “BOGH 01”

Siguiendo la recomendación que propone la norma ANSI/TIA 942 en cuanto al flujo de ventilación adecuado en un data center, es decir la separación entre flujo de aire frío y el flujo de aire caliente se opta por la implementación del confinamiento de pasillos. Técnica que actualmente no tiene implementada el data center “BOGH 01”.

Con este confinamiento se tienen beneficios como:

- Se puede controlar mucho mejor los dos tipos de flujo de ventilación.
- Los flujos de ventilación se pueden gestionar de una mejor manera.
- Se controla de una mejor forma aspectos de temperatura y humedad dentro del recinto.
- Reducir costes de energía.

Si se desea conocer muchos más beneficios en cuanto al confinamiento revisar la tabla número 7 del documento.

3.3.1. Parámetros iniciales

Teniendo en cuenta que el data center “BOGH 01” ya lleva años operando dentro de un edificio, la implementación que se vaya a hacer para el confinamiento de pasillos no debe afectar la infraestructura del lugar. Es decir que no se puede llevar a cabo ninguna perforación en techos, paredes o pisos.

A partir de la condición planteada inicialmente, se opta por escoger el confinamiento de pasillos fríos(CACS) y no el de confinamiento de pasillos calientes(HACS).Esto se decide ya que una de las grandes ventajas de CACS es que se puede implementar de una manera mucho más fácil y rápida utilizando toda la infraestructura que se tiene actualmente, en comparación a HACS que puede llegar a ser un poco más complicada por el simple hecho, de instalar componentes adicionales que no caben dentro del área del lugar.

3.3.1.1 Recomendaciones y consideraciones

Se proponen las siguientes recomendaciones y consideraciones que se contemplaran en el diseño:

- Asignar el nuevo equipo de precisión que reemplazará al de confort que se tiene actualmente.
- No sobre cargar los racks con demasiados equipos de TI.
- Distribuir dentro del rack los equipos que pueden llegar a generar más calor que otros.
- Aumentar el diámetro de los agujeros de las baldosas perforadas.
- Evitar cualquier tipo objeto o exceso de cableado que se encuentre dentro del piso falso y pueda perjudicar el flujo de aire.
- Se debe mantener un espacio libre entre los alrededores de los equipos de refrigeración, evitando poner cualquier objeto en la parte superior que pueda afectar al equipo.
- Utilizar las baldosas perforadas (Agujeros grandes) solo en los pasillos fríos, el resto del data center si puede continuar con las baldosas de piso falso.
- Instalar puertas correderas o automatizadas para regular lo más rápido posible el flujo de aire cuando se cierra o abre.
- Despejar cualquier objeto que se encuentre en los alrededores de los pasillos, con el fin de mejorar el flujo de ventilación de retorno.
- El rack que contiene a los equipos que más altas temperaturas consumen (Más caliente) debe ubicarse en el final del pasillo, esto se debe a que cuando el aire frío que sale de equipo de refrigeración choca con la pared su velocidad pasa a hacer muy baja, pero toda su presión pasa a hacer muy alta, recibiendo así mucho más aire frío.

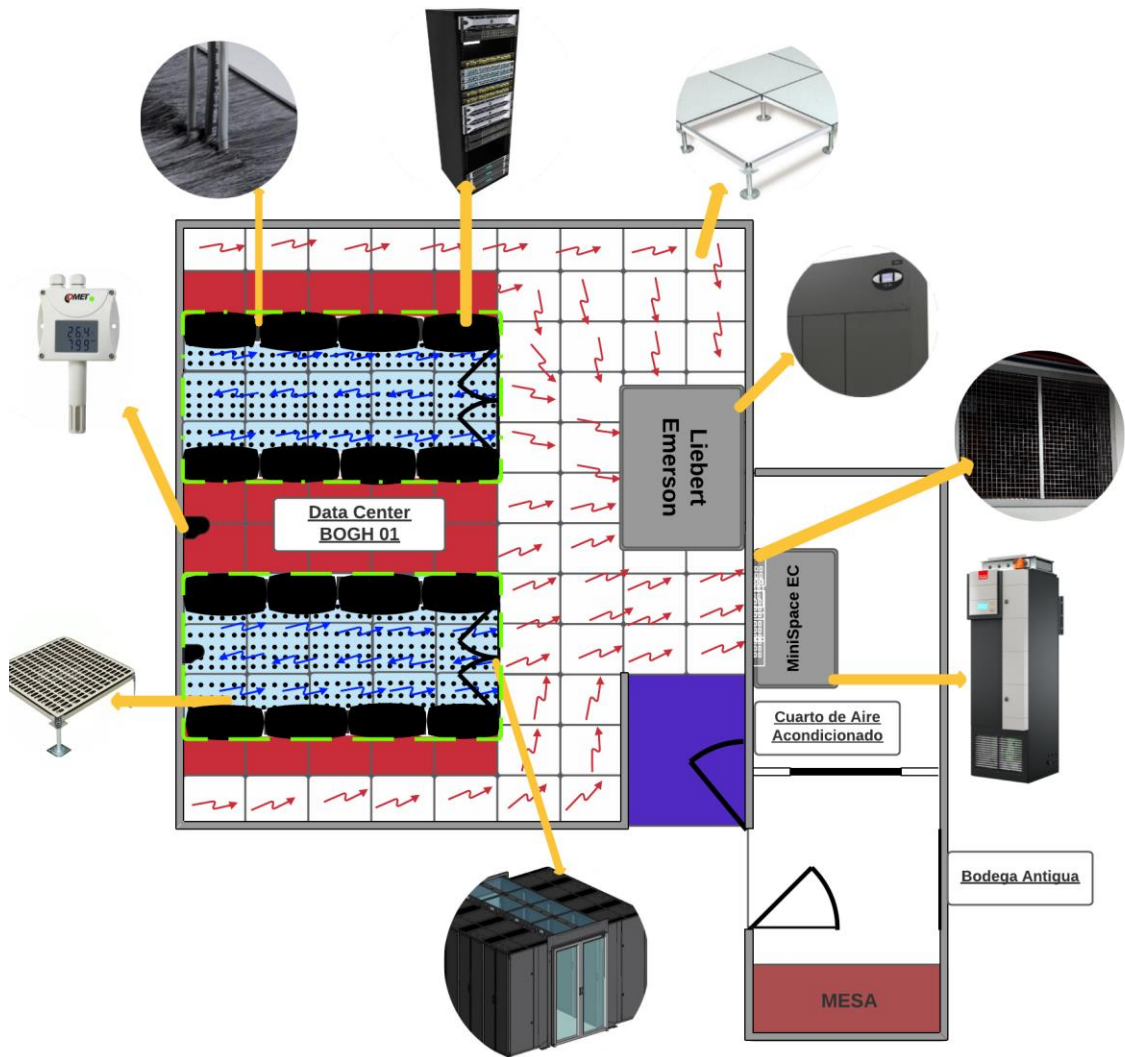
- Evitar a toda costa la mezcla entre el aire frío y el aire caliente, ya que esta mezcla (Aire tibio) cuando vuelva a ingresar al equipo de refrigeración se vería afectada su vida útil.
- Colocar sellos pasacables (Cepillos) en los orificios que contiene los cables que pasan desde el suelo hasta el rack. Limitando en que el flujo de aire pueda escapar y mezclarse por dichos agujeros.
- Si el rack cuenta con estantes libres se deben tapar por medio de un panel ciego, este panel ciego será el encargado de evitar que el flujo de aire frío se escape del pasillo frío, funcionando básicamente como una pared.
- Si se necesita gestionar el flujo de aire frío que pasa por debajo del suelo falso, se puede hacer uso placas las cuales pueden direccionar el flujo de aire por todo el data center dependiendo de las necesidades que se tengan.

3.3.2. Diseños

Por medio de los siguientes diseños se contemplan gran parte de las recomendaciones de la ANSI/TIA 942 en cuanto a el sistema HVAC detalladas en el apartado 3.1, todo esto a través de la implementación completa del confinamiento de pasillos. Teniendo en cuenta los parámetros iniciales, las recomendaciones y consideraciones nombradas anteriormente.

El siguiente diseño es una vista superior de la implementación con las respectivas imágenes de los elementos más relevantes.

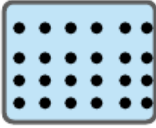
Figura 44. Vista superior de la implementación en el data center BOGH 01.

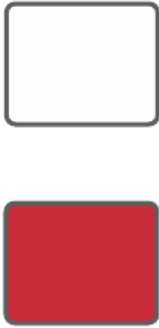
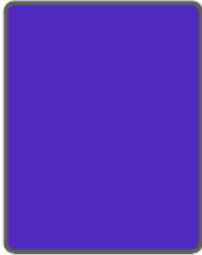


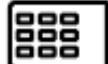
Fuente: Autor, Año 2021.

En la siguiente tabla de convenciones se detalla cada uno de los elementos que conforman la figura 44 y su respectiva función en el diseño.

Tabla 13. Convenciones referentes al diseño de la figura 44.

Nombre	Símbolo	Función
Sensor de temperatura		Sensor encargado de medir la humedad relativa, temperatura y presión atmosférica en el pasillos frío y caliente.
Baldosa perforada		Baldosa perforada perteneciente al piso falso del data center, se ubica únicamente en el pasillo frío. El flujo de aire frío pasa del piso a los equipos gracias a las perforaciones que tiene, por eso es importante tener una gran variedad de agujeros y con un buen diámetro.
Flujo de aire caliente		Este flujo es el que está presente en todo el data center, llegando directamente a los equipos de refrigeración para iniciar nuevamente el ciclo.
Flujo de aire frío		Este flujo estará únicamente en los pasillos fríos, distribuido por debajo del piso falso, pasando por las baldosas perforadas y finalmente llegando a los equipos. Después de ser recibidos por los equipos pasan a ser flujo de aire caliente.

Piso falso		El piso falso corresponde a todo el suelo que soporta a los elementos del data center, debajo de el pasa todo el flujo de aire frio y diferentes cables. El piso falso de color rojo representa el mayor punto de concentración de calor, ya que es la salida directamente de los equipos.
Rack(Armario)		Estante metálico que sirve para albergar diferentes equipos de TI.
Confinamiento de pasillos		Conjunto de racks agrupados entre sí hasta formar una hilera. Se deja un espacio (Pasillo) entre las dos hileras para formar el confinamiento del pasillo frío. Llevando así a cabo el sistema de contención de pasillo frío (CACS).
Rampa		Rampa de acceso por la cual se puede entrar al data center.

Puerta corrediza		Con esta puerta corrediza se cierra automáticamente apenas sea abierto, todo esto con el fin de evitar la mezcla entre aire y evitar pérdidas de aire frío dentro del pasillo.
Puertas		Puertas con funcionamiento clásico (Abrir y cerrar).
Rejilla de ventilación		Por medio de este espacio puede existir una comunicación entre el data center y el cuarto de aire acondicionado. Por estos orificios puede llegar a pasar el flujo de aire caliente al equipo de precisión miniSpace EC.

Nuevo equipo de precisión		Este equipo miniSpace EC pasa a reemplazar al antiguo equipo de confort y estará ubicado en el cuarto de aire acondicionado. Proporcionando redundancia en el sistema de aires acondicionados y ayudando a la carga operacional del equipo Liebert.
Equipo de precisión Liebert Emerson		Equipo de precisión ubicado directamente en el data center
Sellos pasacables (Cepillos)		Estos cepillos se ubican en los agujeros donde pasan los diferentes cables, al pasar exclusivamente el cable por ahí se evita cualquier filtración de aire no deseada.

Fuente: Autor, Año 2021.

A pesar de que en el anterior diseño no se visualice ningún acercamiento por la parte superior, este se llevará a cabo por medio de reflectores para racks (Especiales para confinamiento de pasillos),y se visualizan de la siguiente manera:

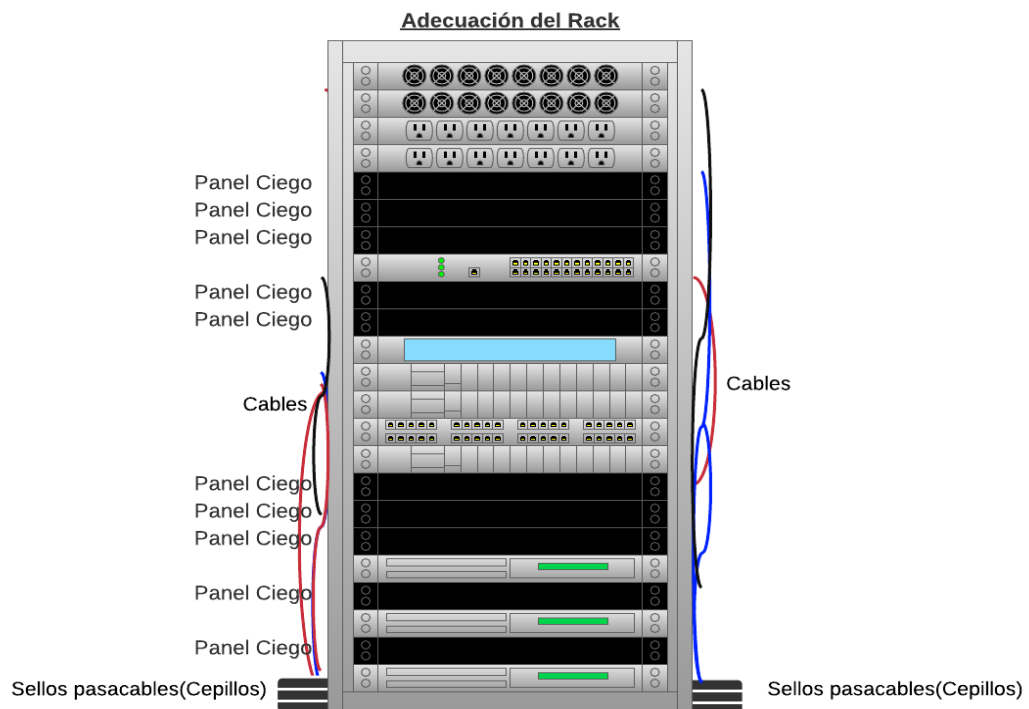
Figura 45. Reflectores para la parte superior del pasillo.



Fuente: <https://www.dataclean.com/image/popup?imagePath=%2fimages%2fproduct%2flarge%2f390.png&altText=RHJvcCBBd2F5IENlaWxpbmcgVGlsZXM1> , Año 2021.

Posteriormente el diseño ideal de cada armario (Rack) sería el siguiente:

Figura 46. Diseño ideal de cada armario.

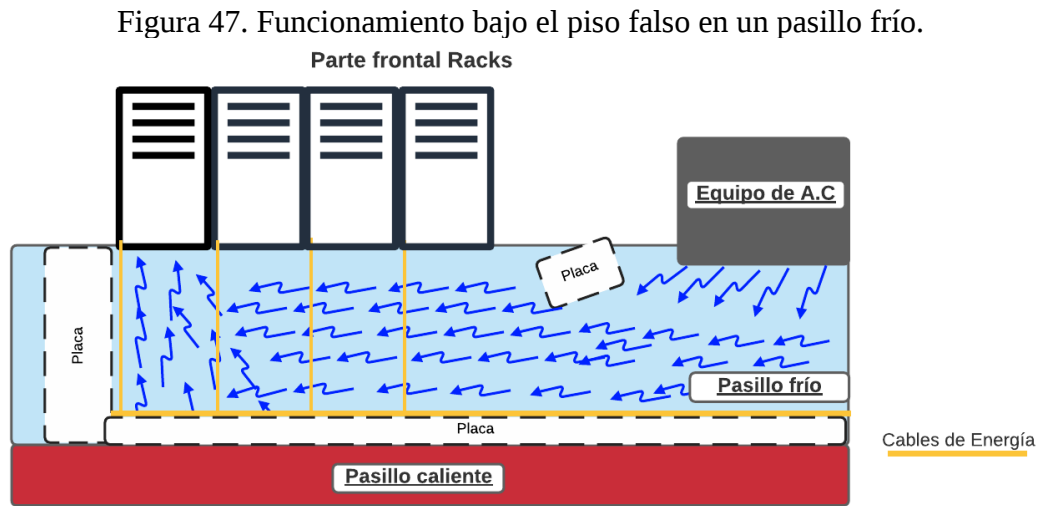


Fuente: Autor, Año 2021.

En el diseño se contemplan alternativas recomendadas y nombradas anteriormente como es el sello pasacables y el uso de paneles ciegos en cada espacio sobrante del rack. Estos paneles actúan como una pared y evitan que el aire frío salga del pasillo hasta que sea aprovechado por un equipo.

La distribución que pasa por debajo del piso falso es muy importante, ya que por ahí va a pasar todo el flujo de aire, cables de poder y cables de telecomunicaciones. Al pasar por ahí dicho flujo de aire frío se debe liberar cualquier elemento que pueda perjudicar el flujo continuo, adicionalmente los cables deben ir organizados y enrollados de la mejor manera posible.

Por medio de la siguiente figura se expresa como es flujo de aire y el tipo de cable que debería ir bajo un pasillo frío.



Fuente: Autor, Año 2021.

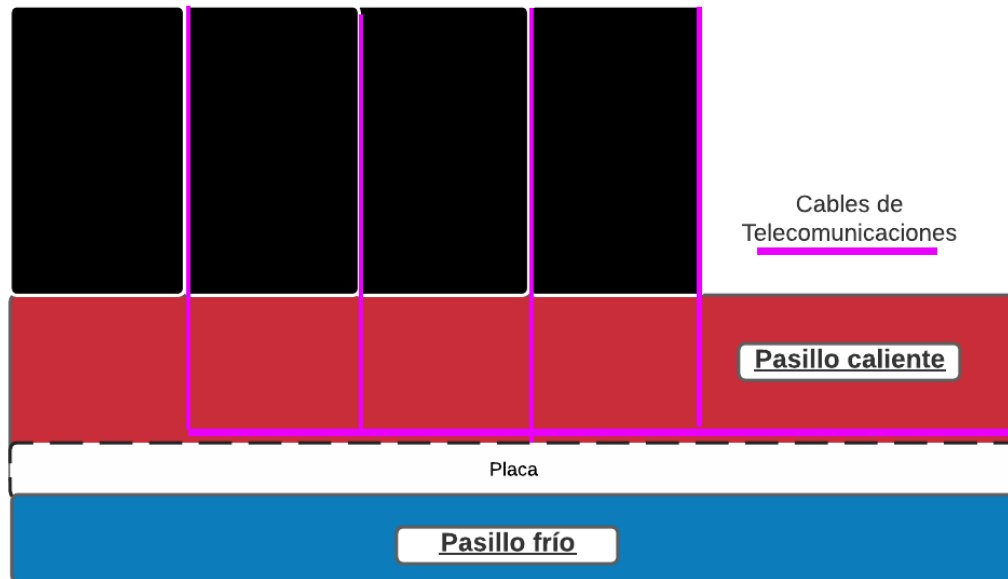
El ciclo de ventilación inicia cuando por la parte de abajo del equipo de aire acondicionado se expulsa un aire frío y empieza a recorrer todo el piso falso por debajo. Para gestionar el flujo de aire por debajo del suelo y evitar que se vaya a lugar donde no es necesario, se hace uso de diferentes placas las cuales pueden ser ubicadas estratégicamente para crear un camino predeterminado y evitar que el aire frío se malgaste.

Teniendo en cuenta que apenas el aire frío sale del equipo de A.C. tiene una velocidad máxima y una presión mínima, y que cuando termina el recorrido y choca con la pared o la pared se invierten estos valores, es decir una velocidad mínima y una presión máxima. Por tal motivo lo recomendable es que el rack que maneja la mayor demanda de equipos en cuanto a calor sea ubicado en la última hilera de los racks, todo esto para aprovechar el punto máximo de presión del aire frío.

Y adicionalmente, como nombra la norma ANSI/TIA 942 lo ideal es que cualquier cableado de energía tiene que pasar por debajo del pasillo frío.

Para el funcionamiento bajo el suelo del piso falso en un pasillo caliente se tiene la siguiente figura:

Figura 48. Funcionamiento bajo el piso falso en un pasillo caliente.
Parte trasera Racks



Fuente: Autor, Año 2021.

Bajo este pasillo no existe mayores especificaciones en comparación al pasillo frío nombrado anteriormente, solo se recomienda que todo el cableado correspondiente a telecomunicaciones pase por debajo de este pasillo y hacer uso de placas si es necesario, especialmente para evitar que los dos tipos de aire se mezclen bajo el piso falso.

Es importante destacar que los racks deben estar lo más juntos posible para evitar cualquier filtración notoria de aire frío, tal como se vio en las figuras número 47 y 48.

Capítulo 4

Presupuesto

En este capítulo número 4 se contempla una investigación del mercado actual, con la cual se pueda tener un posible presupuesto (Costos y proveedores) que sirva de referencia al momento de poner en marcha la propuesta.

4.1. PROVEEDORES Y COSTOS

A continuación, se proponen diferentes proveedores que existen actualmente en el mercado, y que pueden suministrar los elementos necesarios para la implementación. Se exponen precios netamente de los elementos, es decir que no se contempla cualquier valor por mano de obra, impuestos u otros.

4.1.1. Paneles ciegos o placas

Estos paneles pueden ser adecuados de acuerdo a las necesidades que se tengan. Pueden cumplir función de paneles ciegos para tapar los espacios libres en los racks, tal como lo muestra la siguiente figura y así evitar la filtración de aire.

Figura 49. Aplicación de paneles ciegos en rack.



Fuente: <https://www.edpeurope.com/product/plenafill%C2%AD-blanking-panels/>, Año 2021.

O también pueden cumplir la función de placas subterráneas para ayudar a gestionar el flujo proveniente de los equipos de A.C a las zonas donde realmente se necesita, y ubicadas por debajo del piso falso.

Figura 50. Instalación de placas subterráneas.



Fuente: <http://www.appsilan.com/solution/eziblank-airflow-control/eziblank-ezitherm-eziflute-underfloor-panels/>, Año 2021.

Después de que sean instaladas donde se necesiten se vería un flujo gestionado y aprovechado, tal como lo representa la siguiente figura.

Figura 51. Sistema de placas subterráneas en un data center.



Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=VdFqyE4DRA>, Año 2017.

El proveedor Eziblack cuenta con las siguientes especificaciones del producto [35]:

- 10 paneles cada uno con una medida de 6 ru(26.67 cm),es decir que si se llegaran a juntar tendrían un largo total de 2.66 mts.
- Retardador de llama, resistente a los arañazos, la luz y resistente.
- Tienen los 10 paneles un peso total de 3.85 Kg.
- Color negro.
- Fácil instalación, sin necesidad de alguna herramienta externa.
- El valor del producto es de US 135, equivalente a **500.580 COP**.

4.1.2. Sensores de temperatura

En cuanto a los sensores de temperatura solo será necesario adquirir un dispositivo extra, el cual será instalado en uno de los pasillos confinado y el otro podrá seguir operando con normalidad en la ubicación que se encuentra actualmente, midiendo así la temperatura ambiente que se tiene fuera de los pasillos confinados. Por tal motivo se seguirá trabajando con la misma referencia y marca que se tiene actualmente, es decir un Comet Web Sensor (Figura 23).Un sensor que ha funcionado correctamente durante estos años y además ya se encuentra configurado con el equipo de monitoreo del data center.

Este sensor distribuido por la marca Comet tiene un valor de US 365, equivalente a **1.353.420 COP** [36].

4.1.3. Cepillo pasacables

Estos cepillos evitan que al momento de pasar el cable por una perforación el aire se escape por ahí. El modelo que se escoge es el “Rack Mount Grommet” y se representa en la siguiente figura.

Figura 52.Cepillo pasacables marca Hotlok.



Fuente: <https://www.dataclean.com/p-244-round-4-rack-mount-grommet.aspx>, Año 2021.

El proveedor Data Clean vende este elemento por unidad a un precio de: US 34.95 equivalente a **129.594 COP** [37].

4.1.4. Puertas para los pasillos

Estas puertas serán de tipo corredizas y son necesarias dos, una para cada pasillo. La puerta cotizada corresponde a la siguiente figura:

Figura 53. Puerta corrediza para los pasillos.



Fuente: <https://www.rackmountsolutions.net/aislelok-42u-to-45u-4ft-sliding-doors-black/>

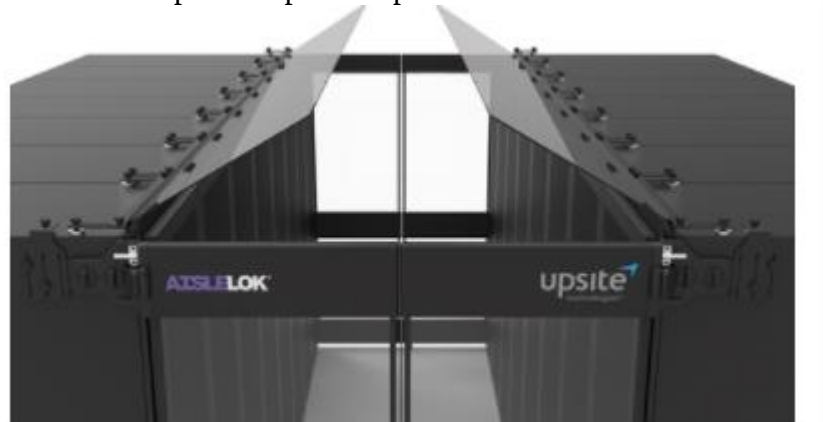
El proveedor Rackmount Solutions proporciona las siguientes características para este elemento [38]:

- Puede ser instalada a una altura máxima de 2.159 mts.
- Puede ser instalada a un ancho máximo de 1.55 mts, y adaptable hasta una medida mínima de 1.37 mts.
- El material por el cual está hecho es Policarbonato transparente.
- Color negro.
- Garantía de un año.
- El valor en conjunto de la puerta (Izquierda y derecha) es de US 3.124, equivalente a **11.583.792 COP**

4.1.5. Reflectores para la parte superior del pasillo

Estos reflectores son los encargados de asegurar el encerramiento total del pasillo por la parte superior, tienen una fácil instalación ya que se adhieren al rack y se puede ir poniendo en fila sin ningún tipo de inconveniente. La siguiente figura representa como sería la implementación.

Figura 54. Reflectores superiores para los pasillos.



Fuente: <https://www.rackmountsolutions.net/pair-of-top-angle-server-rack-baffles-aiselok-10160-24/>, Año 2021.

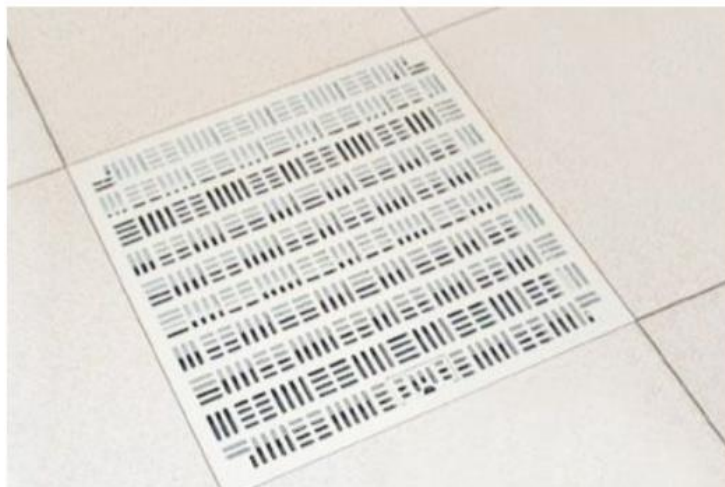
El proveedor Rackmount Solutions cuenta con las siguientes características referente a este elemento [39]:

- Se monta por medio de una aplicación magnética.
- Cuenta con las siguientes medidas: Altura de 27.68 cm, Anchura 59.94 cm, y una profundidad de 57.15 cm.
- Está hecho de policarbonato transparente.
- Su color es transparente con bases negras.
- Su valor por unidad es de US 300, equivalente a **1.112.400 COP**.

4.1.6. Baldosas perforadas

Teniendo en cuenta que el data center ya cuenta con un piso falso establecido, solo se cotiza la actualización de las baldosas perforadas, es decir que se retiraran las que están actualmente y se pondrán unas totalmente nuevas. Estas nuevas son de la siguiente forma:

Figura 55. Nuevas baldosas perforadas.



Fuente: <https://www.accessfloorsystems.com/index.php/products/air-flow-options/high-velocity-grates/infinity-air-grate/infinityr-air-grate-for-steel-w-levelers-used.html>, Año 2021.

Y el proveedor Access Floor Systems al vender este producto tiene las siguientes características del mismo [40]:

- El aspecto más importante en cuanto a esta baldosa es que permite hasta un 55% de flujo de aire.
- Tiene las medidas de 60.96cm x 60.96cm.
- Peso de 12.7 Kg.
- Adaptable a prácticamente cualquier piso falso.
- Resistente a grandes cantidades de peso.
- Cada baldosa tiene un valor de US 155.98, equivalente a **578.373 COP**.

4.1.7. Nuevo equipo de precisión Mini Space EC

Tal como se argumentó anteriormente, específicamente en el capítulo 3 numeral 3.2.1 (Elección del nuevo equipo de precisión) el equipo a adquirir es el Mini Space EC (Figura 41). Este equipo es fabricado por la reconocida empresa estadounidense **Stulz** la cual se dedica a la producción de nuevas tecnologías en los sistemas de aires acondicionados a nivel mundial por más de 40 años, adicionalmente tiene presencia en 130 países, cerca de 5.000 empleados a nivel mundial, 6 plantas de producción en 5 países, entre otras reconocidas características [41].

El proveedor encargado de distribuir este producto es la empresa mexicana “Energía y Redes” el cual tiene el equipo de: “Aire acondicionado de precisión Stulz modelo MiniSpace” a un valor de US 13.002 sin IVA, equivalente a **48.211.416 COP** [42] aproximadamente.

4.2. RESUMEN PRESUPUESTO

Por medio de la siguiente tabla se resume los elementos a usar, el proveedor que lo proporciona, y el costo que tiene respecto a la cantidad necesaria, dando así un costo total final en pesos colombianos.

Teniendo en cuenta el diseño planteado (Figura 44) se asumen 4 racks por fila, es decir un total de 16.

Tabla 14. Resumen presupuesto.

Elemento	Cantidad	Proveedor	Precio por unidad	Precio total
Paneles ciegos o placas (Pack 10)	Respecto a este elemento no se puede determinar una cantidad exacta ya que puede ir variando. Sin embargo, se hará la suposición de que se necesitarán 10 packs para los racks y para la adecuación del fluido del aire por debajo del piso falso.	Eziblack	500.580	5.005.800
Sensores de temperatura	Se instalarán 2 dispositivos: Uno para medir la temperatura fuera del pasillo y el otro para medir la temperatura dentro del pasillo confinado.	Comet	1.353.420	2.706.840
Cepillo pasacables	Respecto a este elemento tampoco se puede determinar una cantidad exacta, pero se hará la suposición que cada rack necesitará 4 cepillos, para dar un total de 64.	Data Clean	129.594	8.294.016
Puertas para los pasillos	Dos puertas especiales para pasillos confinados, cada una para proporcionar accesos a los pasillos fríos.	Rackmount Solutions	11.583.792	23.167.584
Reflector para la parte superior del pasillo	Teniendo en cuenta que cada reflector puede tapar la parte superior de un rack, se necesitaran 8 para el confinamiento del primer pasillo y 8 para el segundo, para un total de 16.	Rackmount Solutions	1.112.400	17.798.400

Baldosas perforadas	Se tendrán un total de 3(Ancho)x5(Largo), es decir 15 baldosas perforadas por pasillo confinado, para dar un total de 30. El resto del data center puede continuar con las baldosas normales (Cerradas).	Access Floor Systems	578.373	17.351.190
Mini Space EC	1	Energía y Redes	48.211.416	48.211.416
TOTAL				122.535.246

Fuente: Autor, Año 2021.

Capítulo 5

Método Delphi

En este capítulo número 5 se aplica todo lo que corresponde al método Delphi, es por eso que la propuesta es compartida con personas que conozcan del tema y puedan responder preguntas orientadas con base al desarrollo de la propuesta, y así poder obtener diferentes puntos de vista.

5.1. FORMULARIO

A cada persona de los encuestados se les envió el siguiente formulario, donde se solicitan algunos datos personales y se proponen 5 preguntas orientadas al desarrollo de la propuesta.

Nombre: _____

Empresa: _____

Cargo: _____

Profesión: _____

Después de leer el documento responda las siguientes preguntas:

1era Pregunta: ¿Considera que la propuesta aborda una oportunidad de mejoramiento apropiada y pertinente para el data center?

R/ _____

2da Pregunta: ¿Considera que los objetivos fueron cumplidos satisfactoriamente y a cabalidad?

R/ _____

3ra Pregunta: ¿Considera que el desarrollo de la propuesta fue acorde a la metodología planteada inicialmente?

R/ _____

4ta Pregunta: ¿Considera que en un futuro esta propuesta podría servir de referencia a la hora de implementar pasillos confinados en el data center “BOGH 01”?

R/ _____

5ta Pregunta: ¿Considera que los diseños, elementos a usar, especificaciones, y presupuesto son claros y dan solución a la propuesta?

R/ _____

Observaciones y/o comentarios adicionales:

R/ _____

5.2 RESPUESTA AL FORMULARIO #1

Nombre: Alexander Pinillos Rodríguez

Empresa: Orange Bussines Services

Cargo: Services Engineer

Profesión: Ing. Electrónico

Después de leer el documento responda las siguientes preguntas:

1era Pregunta: ¿Considera que la propuesta aborda una oportunidad de mejoramiento apropiada y pertinente para el data center?

R/Si, después de evaluar la propuesta se sustenta en que realmente es una oportunidad de mejoramiento ya que podría llegar a traer diferentes beneficios tanto ambientales como económicos para la empresa. Aspecto que antes no se había contemplado ni desarrollado en la empresa.

2da Pregunta: ¿Considera que los objetivos fueron cumplidos satisfactoriamente y a cabalidad?

R/ Los 4 objetivos se cumplieron a cabalidad, resaltando que se tiene un orden secuencial para desarrollar cada uno de estos (Divididos por capítulos) y fueron desarrollados satisfactoriamente.

3ra Pregunta: ¿Considera que el desarrollo de la propuesta fue acorde a la metodología planteada inicialmente?

R/ Si, ya que para desarrollar cualquier proyecto es importante tener una metodología acorde planteada desde un inicio, la cual este proyecto la sigue en su totalidad. Destacando el uso del calendario para conocer las actividades que se propone, las fuentes de información, diagrama de Gantt, etc.

4ta Pregunta: ¿Considera que en un futuro esta propuesta podría servir de referencia a la hora de implementar pasillos confinados en el data center “BOGH 01”?

R/ En un caso hipotético donde se llegará a desarrollar dicha implementación, esta propuesta si serviría de referencia ya que marca todas las pautas iniciales necesarias. Además, aparte de trabajar en un desarrollo también contiene una parte teórica, que ayuda a identificar conceptos técnicos los cuales pueden orientar a las personas que desconocen del tema.

5ta Pregunta: ¿Considera que los diseños, elementos a usar, especificaciones, y presupuesto son claros y dan solución a la propuesta?

R/ Si, en cuanto a los diseños me parecen muy apropiados y fáciles de entender para lo que se quiere llegar a hacer, el uso de tablas, imágenes ayuda a entender mucho mejor todas las especificaciones técnicas, y el presupuesto contiene los elementos necesarios para llevar a cabo la implementación y con precios actuales en pesos colombianos.

Observaciones y/o comentarios adicionales:

R/ Me pareció interesante como el estudiante abordó esta oportunidad de mejoramiento y pudo desarrollar una propuesta completa. Además, cabe resaltar que el modelo que tiene el documento está organizado, es secuencial y tiene coherencia algo muy importante para el lector. Esta propuesta se guarda en los archivos internos de la empresa por si en algún momento se llegara a necesitar.

5.3 RESPUESTA AL FORMULARIO #2

A cada persona de los encuestados se les enviará el siguiente formulario, donde se solicitan algunos datos personales y se proponen 5 preguntas orientadas al desarrollo de la propuesta.

Nombre: Mario Andrés Proaño Navas

Empresa: Orange Business Services Colombia S.A.

Cargo: Regional Field Manager

Profesión: Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones

Después de leer el documento responda las siguientes preguntas:

1era Pregunta: ¿Considera que la propuesta aborda una oportunidad de mejoramiento apropiada y pertinente para el data center?

R/ En efecto la propuesta tiene lugar y es pertinente, ya que le apunta a la mejora continua a la que está comprometida la compañía

2da Pregunta: ¿Considera que los objetivos fueron cumplidos satisfactoriamente y a cabalidad?

R/ Desde el punto de vista técnico, los objetivos se cumplen a cabalidad, creemos que las sugerencias del confinamiento de pasillos es una alternativa que garantizaría el suministro del aire acondicionado sin perjuicio del desperdicio en el ambiente, lo que atraería mayores ahorros en cuanto a energía eléctrica se refiere. Adicionalmente las opciones de los front panel para las unidades de rack sin utilizar, pasa cables de escobilla y alternativas como los paneles debajo de piso falso para enductar el aire a las filas deseadas, también suponen una inversión baja y un gran resultado en ahorro y por supuesto un incremento en el performance del HVAC System.

3ra Pregunta: ¿Considera que el desarrollo de la propuesta fue acorde a la metodología planteada inicialmente?

R/ Es acorde, puesto que el estudio radica en la exploración de alternativas que le permitan a la empresa conllevar una mejora sustancial del performance del centro de cómputo y que le represente ahorros en el mediano y largo plazo, la documentación es bastante clara y congruente con la realidad del centro de cómputo, por tal razón considero que los acercamientos de soluciones y propuestas utilizando el enfoque documental y brindando las alternativas y acercamientos presupuestales básicos ofrecen un panorama más claro para la empresa, lo que supone tener una base bastante sólida para poder implementar la mayor parte de soluciones exploradas en el documento.

4ta Pregunta: ¿Considera que en un futuro esta propuesta podría servir de referencia a la hora de implementar pasillos confinados en el data center “BOGH 01”?

R/ Si bien es cierto, la alternativa de pasillos confinados es bastante llamativa por alcanzar un nivel óptimo en la utilización del sistema HVAC, tendría que ser implementada en un largo plazo, porque requiere aspectos de coordinación con los clientes, no solo en los aspectos meramente físicos que supone instalar compuertas, plexiglass y demás componentes que hacen parte de esta solución, sino que se ha evidenciado que algunos clientes tienen en una posición errada sus equipos; en esta solución se debe garantizar que el 100% de los equipos instalados queden con su parte de toma de aire en la parte frontal y sus ventiladores en la parte trasera, allí se implica un apagado de equipos de los clientes y adicionalmente en muchos caso un nuevo cableado, ya que varios de ellos son switches que por practicidad del cliente en sus conexiones internas, fueron instalados de manera contraria a la toma de aire dentro de cada rack. No obstante, la propuesta es muy buena y de gran probabilidad de ser implementada en un futuro.

5ta Pregunta: ¿Considera que los diseños, elementos a usar, especificaciones, y presupuesto son claros y dan solución a la propuesta?

R/ El autor del documentos tuvo unos acercamientos bastante claros sobre los diseños y todos los elementos que se utilizarían en los diferentes escenarios; a nivel presupuestal creemos que es una base para tener en cuenta, sobre todo en la adquisición del equipo Stultz; sin embargo creemos que allí podrían incrementarse estos costos debido a que lo mejor será no reutilizar la infraestructura eléctrica de los equipos de confort, sino que se deberá realizar un nuevo cableado desde el centro de cómputo hasta la subestación donde se encuentra la transferencia eléctrica.

Observaciones y/o comentarios adicionales:

R/ Es importante resaltar la manera investigativa de tan buena calidad que tuvo el autor del documento, puesto que las limitaciones de confidencialidad y la restricción al sitio, no impidieron que se tomara este acercamiento a las necesidades que tiene la empresa y a las oportunidades de mejora en su infraestructura.

5.4 ANALISIS DE LAS RESPUESTAS

Después de recibir las respuestas por parte de ingenieros pertenecientes a OBS y que por tal motivo conocen muy bien el data center “BOGH 01”, se destacan respuestas muy aceptables respecto a las preguntas. El documento en términos generales fue claro, preciso y organizado, los diseños y las especificaciones fueron fáciles de entender, el presupuesto es realista a los precios que se manejan hoy en día. Y finalmente si la propuesta hipotéticamente se llevara a cabo en un futuro este documento si podría llegar a servir de referencia, teniendo en cuenta que se deben contemplar otros aspectos que no son tan fáciles de gestionar, como lo especifico el ingeniero Mario Navas en el punto de observación y/o comentarios adicionales.

PARTE IV

Conclusiones

Capítulo 1

Conclusiones y recomendaciones

1.1. CONCLUSIONES

Después de haber realizado todo el desarrollo correspondiente para conocer el estado actual del data center “BOGH 01” se determina que efectivamente tiene una infraestructura adecuada en general, y presenta buenas características en cuanto al sistema de HVAC (Heating, Ventilation, Air Conditioning) gracias a su equipo de aire acondicionado, su sensor de temperatura, su equipo de monitoreo, sus ductos de ventilación, el uso de baldosas perforadas, etc. A pesar no tener ninguna problemática que afecte la operación de del data center, se encuentra una posibilidad de mejoramiento para el desempeño de este espacio. Todo esto a partir de las recomendaciones propuestas en la norma ANSI/TIA 942 en el apartado para sistemas de HVAC, específicamente con la separación de los dos tipos de aire: Caliente y frío.

Gracias a los beneficios que puede llegar a traer la separación del aire caliente y frío, detallados en el capítulo número 2 del desarrollo, se establece que una de las acciones de mejoramiento más importante es la de implementar todo un sistema de contención de pasillos fríos (CACS), esta implementación es mucho más rápida y económica que la contención de pasillos calientes (HACS). También gracias a otra acción de mejora como es el cambio de equipo de confort del data center, se suple una de las necesidades que tiene actualmente la empresa y se establece un nuevo sistema de equipos de refrigeración redundante, en el cual se le disminuye la carga de trabajo que tiene actualmente el equipo de precisión y se es mucho más tolerante a cualquier falla que se pueda presentar en un futuro.

A pesar de que el presupuesto presente algunas suposiciones en las cantidades de algunos elementos, ya que estos pueden ir variando en función de operación que vaya teniendo el data center. Se presenta un presupuesto completo en el que se contemplan costos que se tienen actualmente en el mercado y proveedores que pueden distribuir los elementos necesarios para llevar a cabo la implementación, teniendo en su catálogo todo lo necesario para mejorar la ventilación y ambientación en un data center. Y también que estos proveedores sirvan de referencia por si en algún momento se necesitará cotizar algún elemento o adquirir uno nuevo.

Por medio del método Delphi se logró conocer la percepción que tiene conocedores en el tema con base a la propuesta, lo cual ayuda a tener diferentes percepciones técnicas en cuanto al desarrollo planteado. Adicionalmente teniendo en cuanto los resultados expuestos en el apartado 5.2 y 5.3 del capítulo del método Delphi, se llega a la conclusión de que en términos generales la propuesta tuvo una gran aceptación y un visto bueno por parte de ingenieros internos, hasta tal punto de posiblemente contemplar la propuesta en un futuro si llegase a ser necesario.

1.2. RECOMENDACIONES

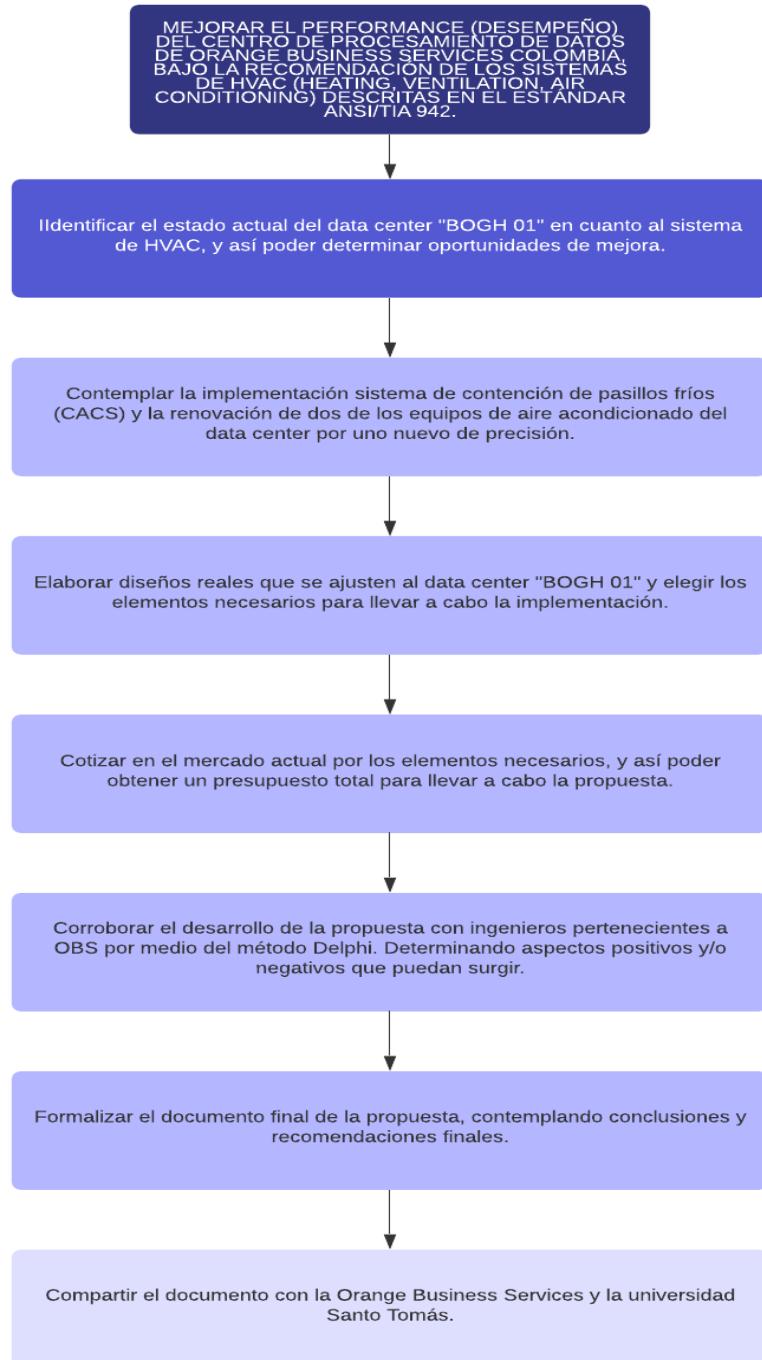
Cabe resaltar que a modo de recomendación el data center si las situaciones en un futuro lo permiten se recomienda la implementación de contención de pasillos calientes, ya que a pesar de ser una solución un poco más costosa puede llegar a traer mayores beneficios en el ahorro del costo energético (43% Anual) en comparación del sistema CACS [43].

Adicionalmente, seguir teniendo en cuenta implementaciones de actividades eco ambientales, ya que aparte de reducir costos económicos para la empresa también se pueden llegar a tener beneficios ambientales a nivel global, todo esto gracias a las reducciones de consumos energéticos y de emisiones de gases. Es por eso que se debería apuntar a una certificación como la que otorga la entidad CEEDA (Certificación de eficiencia energética para data centers), la cual otorga un prestigio a nivel internacional para el data center y por ende para la empresa Orange Business Colombia.

1.3. SINTESIS DE LA PROPUESTA

Por medio del siguiente diagrama se resume las etapas por las que se desarrollo la propuesta.

Figura 56. Síntesis de la propuesta.



Fuente: Autor, Año 2021.

Referencias Electrónicas

- [1] **Productos Orange Business Services**, Orange Business Services, Visto Abril 2021, <<https://www.orange-business.com/en/products?solutions=All>>
- [2] **The carbon footprint of streaming video: fact-checking the headlines**, George Kamiya, 11-Dic-2020, Visto Abril 2021, <<https://www.iea.org/commentaries/the-carbon-footprint-of-streaming-video-fact-checking-the-headlines>>
- [3] **Data Centres and Data Transmission Networks**, George Kamiya, Jun-2020, Visto Abril 2021, <<https://www.iea.org/reports/data-centres-and-data-transmission-networks>>
- [4] **Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers (TIA-942)**, ANSI TIA, Abril-2005, Visto Abril 2021 <<https://manuais.iessanclemente.net/images/9/9f/Tia942.pdf>>
- [5] **Diseño de un sistema de monitoreo y control de temperatura y humedad para datacenter**, Erinson Espinosa Escobar, 2015, Visto Abril 2021, <<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2379/Espinosaerinson2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>
- [6] **Diseño de un data center tipo tier I para el gobierno autónomo descentralizado municipal de Otavalo bajo la norma ANSI/TIA-942**, Gabriela Alexandra Juma Pinango, 2017, Visto Abril 2021, <<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6982/2/ARTICULO.pdf>>
- [7] **Estudio sobre la creación y explotación de un centro de proceso de datos**, Vilar Reyes, Josep, 2007-07-03, Memoria 1, Visto Abril 2021, <<https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/5381>>
- [8] **Impacto de la contención de pasillos calientes y fríos en la temperatura y la eficiencia de los centros de datos**, John Niemann, Kevin Brown, Victor Avelar, Visto Abril 2021, <https://download.schneider-electric.com/files?p_File_Name=DBOY-7EDLE8_R3_LS.pdf&p_Doc_Ref=SPD_DBOY-7EDLE8_LS>
- [9] **The Effect of Data Center Temperature on Energy Efficiency**, Michael K Patterson, Visto Abril 2021 <<https://ieeexplore-ieee-org.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4544393&tag=1>>
- [10] **Seguridad y Alta Disponibilidad**, Jesús Costas Santos, pág 47-48, Visitado Abril 2021, <<https://books.google.com.co/books?id=QI-fDwAAQBAJ&pg=PA47&dq=centro+de+procesamiento+de+datos&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjor pGupvAvAhVOXq0KHVwODhQQ6AEwAHoECAQQAg#v=onepage&q=centro%20de%20procesamiento%20de%20datos&f=false>>
- [11] **Estudio sobre la creación y explotación de un centro de proceso de datos**, Vilar Reyes, Josep, 2007-07-03, pág 27-28, Visto Abril 2021, <<https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/5381>>
- [12] **Diseño de un data center tipo tier I para el gobierno autónomo descentralizado municipal de Otavalo bajo la norma ANSI/TIA-942**, Gabriela Alexandra Juma Pinango, 2017, pág 3, Visto Abril 2021, <<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6982/2/ARTICULO.pdf>>
- [13] **Definición Aire Acondicionado**, Oxford Léxico, Visto Abril 2021, <https://www.lexico.com/es/definicion/aire_acondicionado>
- [14] **Aire acondicionado ¿Qué es un BTU en un aire acondicionado y calcular el tamaño correcto?**, Samsung Electronics Colombia, 2020-09-06, Visto Abril 2021, <<https://www.samsung.com/co/support/home-appliances/air-conditioning-what-is-btu-in-an-air-conditioning-and-how-to-calculate-the-correct-size/>>
- [15] **Estudio sobre la creación y explotación de un centro de proceso de datos**, Vilar Reyes, Josep, 2007-07-03, Memoria 3-pág 139, Visto Abril 2021,

- <<https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/5381>>
- [16] **Impacto de la contención de pasillos calientes y fríos en la temperatura y la eficiencia de los centros de datos**, John Niemann, Kevin Brown, Victor Avelar, pág 3 y 6, Visto Abril 2021,
<https://download.schneider-electric.com/files?p_File_Name=DBOY-7EDLE8_R3_LS.pdf&p_Doc_Ref=SPD_DBOY-7EDLE8_LS>
- [17] **Importancia del Piso Falso**, Logisa, Visto Abril 2021,
<<https://www.logisa.com/piso-falso-data-center>>
- [18] **Baldosas Perforadas**, AB Group, Visto Abril 2021,
<<http://abgroup.com.pe/producto/baldosa-perforadas/>>
- [19] **Data Center: El Estándar TIA 942**, Grupo Cofitel C3, Febrero 14, 2014, Visto Abril 2021,
<<https://www.c3comunicaciones.es/data-center-el-estandar-tia-942/>>
- [20] **Folleto de certificación de eficiencia energética**, Certificación de Eficiencia Energética para Data Centers (CEEDA), Visto Abril 2021,
<https://www.ictec.com.bo/archivos/DataCenter/CEEDA_PartnerAprobado.pdf>
- [21] **Recursos Uptime Institute**, Uptime Institute (UI), Visto Abril 2021,
<<https://es.uptimeinstitute.com/resources>>
- [22] **La importancia de las certificaciones en un datacenter**, Jose Carlos García, Visto Abril 2021,
<<https://www.claro.com.co/empresas/sectores/noticias-interes/certificaciones-datacenter/>>
- [23] **¿Qué es la norma ISO 14000 y para qué sirve?**, CTMA Consultores, 21 Junio 2019, Visto Abril 2021,
<<https://ctmaconsultores.com/normas-iso-14000/>>
- [24] **Método Delphi: Qué es y cómo se aplica**, Betancourt Diego Fernando, 19 de diciembre de 2015, Visto Abril 2021,
<<https://www.ingenioempresa.com/metodo-delphi/>>
- [25] **Importancia de la climatización de un data center**, Kio Networks, Julio 28 2020, Visto Mayo 2021,
<<https://www.kionetworks.com/blog/data-center/importancia-de-la-climatizaci%C3%B3n-de-un-data-center>>
- [26] **Renewable energy for data centers**, David Mytton, Febrero 12-2021, pág 4, Visto Mayo 2021,
<https://uptimeinstitute.com/uptime_assets/135e9f7edc5bec6d207ef4de6a34b1ecc3f916610467b6d096160a54fb8bb59a-renewable-energy-for-data-centers.pdf>
- [27] **¿Qué es la humedad relativa? Conceptos e importancia**, Sanysec, Enero 22-2021, Visto Mayo 2021,
<<https://sanysec.com/blog/que-es-la-humedad-relativa/>>
- [28] **Estudio sobre la creación y explotación de un centro de proceso de datos**, Vilar Reyes, Josep, 2007-07-03, Memoria 3-pág 142, Visto Mayo 2021,
<<https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/5381>>
- [29] **Impacto de la contención de pasillos calientes y fríos en la temperatura y la eficiencia de los centros de datos**, John Niemann, Kevin Brown, Victor Avelar, pág 2, Visto Mayo 2021,
<https://download.schneider-electric.com/files?p_File_Name=DBOY-7EDLE8_R3_LS.pdf&p_Doc_Ref=SPD_DBOY-7EDLE8_LS>
- [30] **Impacto de la contención de pasillos calientes y fríos en la temperatura y la eficiencia de los centros de datos**, John Niemann, Kevin Brown, Victor Avelar, pág 1, Visto Mayo 2021,
<https://download.schneider-electric.com/files?p_File_Name=DBOY-7EDLE8_R3_LS.pdf&p_Doc_Ref=SPD_DBOY-7EDLE8_LS>
- [31] **Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers (TIA-942)**, ANSI TIA, Abril-2005, pág 38, 106 y 107, Visto Mayo 2021
<<https://manuais.iessanclemente.net/images/9/9f/Tia942.pdf>>
- [32] **Comparativa de los climatizadores de precisión y de confort**, Stulz, Visto Mayo 2021,
<<https://www.stulz.com.mx/es/productos/detalle/minispace-ec/#c140186>>
- [33] **Brochure MiniSpace (Manual)**, Stulz, Visto Mayo 2021,
<https://www.stulz.com.mx/fileadmin/user_upload/products/Brochures_Manuals/MiniSpace_EC/STU_LZ_MiniSpace_Brochure_1912_ES.pdf>

- [34] **Descripción del producto MiniSpace EC**, Stulz, Visto Mayo 2021,
<<https://www.stulz.com.mx/es/productos/detalle/minispace-ec/#c140186>>
- [35] **Blanking Panels negros 19" – 10 hojas de 6U por caja de cartón**, Amazon, Visto Mayo 2021,
<<https://www.amazon.com/Black-Blanking-Panels-Tool-less-Installation/dp/B078HM7M9G>>
- [36] **Comet T0510 Sensor de temperatura web**, Amazon, Visto Mayo 2021,
<<https://www.amazon.com/-/es/Comet-T0510-Sensor-temperatura-web/dp/B074XF1S6K>>
- [37] **Round 4" Rack Mount Grommet**, Data Clean, Visto Mayo 2021,
<<https://www.dataclean.com/p-244-round-4-rack-mount-grommet.aspx>>
- [38] **AisleLok 10155 42U to 45U 4ft Sliding Doors Black**, Rackmount Solutions, Visto Mayo 2021,
<<https://www.rackmountsolutions.net/aislelok-42u-to-45u-4ft-sliding-doors-black/>>
- [39] **Pair of Aiselok 10160 24in Top Angle Server Rack Baffles**, Rackmount Solutions, Visto Mayo 2021,
<<https://www.rackmountsolutions.net/pair-of-top-angle-server-rack-baffles-aiselok-10160-24/>>
- [40] **Used Infinity AirStream Grate 55% Perforated Panel**, Access Floor Systems, Visto Mayo 2021,
<<https://www.accessfloorsystems.com/index.php/products/air-flow-options/high-velocity-grates/infinity-air-grate/infinityr-air-grate-for-steel-w-levelers-used.html>>
- [41] **Compañía Stulz**, Stulz, Visto Mayo 2021
<<https://www.stulz-usa.com/en/company/stulz-usa/>>
- [42] **Aire acondicionado de precisión Stulz modelo Minispace**, Energía y Redes, Visto Mayo 2021,
<<https://energiayredes.com/producto/aire-acondicionado-de-precision-stulz-modelo-minispace-capacidad-2-tr-2-bultos-ccd71a-ksv012a11p/>>
- [43] **Impacto de la contención de pasillos calientes y fríos en la temperatura y la eficiencia de los centros de datos**, John Niemann, Kevin Brown, Victor Avelar, pág 15, Visto Junio 2021,
<https://download.schneider-electric.com/files?p_File_Name=DBOY-7EDLE8_R3_LS.pdf&p_Doc_Ref=SPD_DBOY-7EDLE8_LS>

PARTE V

Anexos

Anexo 1

Registro de corrientes

En este anexo se exponen el consumo que se tiene registrado de diferentes corrientes alternas RST para el sistema de UPS y el de aires acondicionados por meses.

A.1. REGISTRO DE CORRIENTES RST PARA EL MES DE ENERO

	FASE R	FASE S	FASE T
UPS	77AMP	78AMP	82AMP
AIRE ACONDICIONADO	38AMP	42AMP	40AMP.

A.2. REGISTRO DE CORRIENTES RST PARA EL MES DE FEBRERO

	FASE R	FASE S	FASE T
UPS	81AMP	81AMP	83AMP.
AIRE ACONDICIONADO	48AMP	46AMP	48AMP

A.3. REGISTRO DE CORRIENTES RST PARA EL MES DE MARZO

	FASE R	FASE S	FASE T
UPS	81AMP	84AMP	85AMP
AIRE ACONDICIONADO	50AMP	52AMP	50AMP