



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL
ECUADOR**

**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGÍAS
APLICADAS**

**Diseño e implementación de un sistema de climatización para el
Data Center de la corporación CENACE**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
MECATRÓNICA**

WASHINGTON CRISTÓBAL MEDINA SEVILLA

DIRECTOR: ING. OMAR FLOR

Quito, octubre 2014

DECLARACIÓN

Yo, Washington Cristóbal Medina Sevilla; declaro en honor a la verdad que el presente proyecto de fin de carrera aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Internacional del Ecuador.

Washington C. Medina S.

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. Washington Cristóbal Medina Sevilla, bajo mi supervisión.

Ing. Omar Flor
Director de Proyecto

DEDICATORIA

El presente proyecto de fin de carrera lo dedico a Dios por brindarme la oportunidad de obtener mi carrera; a mi madre Anabel Sevilla, quien me ha sabido inculcar principios y valores, que permitieron siga en pie a lo largo del camino universitario, quien supo darme amor incondicional y confianza en todo momento; y, también a mi hermano Raúl Fante, quien ha sido un soporte incondicional y el motor que me da fuerza para continuar. Gracias a su aliento y apoyo incondicional ha sido posible la presentación de este requisito, previo a mi formación profesional, les amo.

Washington C. Medina S.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme guardado, guiado y concedido la sabiduría necesaria para enfocarme y luchar sin desmayar en ningún momento y así culminar uno de los retos más grandes en mi vida.

Washington C. Medina S.

CONTENIDO

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.3 FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.4 OBJETIVOS	2
1.4.1 OBJETIVOS GENERAL	2
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.5 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
1.5.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	2
1.5.2 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	3
1.5.3 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	3
1.6 MARCO REFERENCIAL	3
1.6.1 MARCO TEÓRICO	3
1.6.1.1 Transferencia de calor.....	4
1.6.1.2 Mecánica de fluidos	4
1.7 MARCO CONCEPTUAL	4
1.7.1 Aire acondicionado	4
1.7.2 Elementos finitos (MEF)	4
1.7.3 FlowSimulation.....	4
1.7.4 Conveccion forzada	5
1.7.5 CAD (Computer-Aided Design)	5
1.7.6 Adquisición de datos.....	5
1.7.7 Normas TIER	5
1.8 HIPÓTESIS DE TRABAJO	6
1.9 ASPECTOS METODOLÓGICOS	6
1.9.1 MÉTODO ANALÍTICO	6
1.9.2 MÉTODO SINTÉTICO	6
1.10 PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIAMIENTO	6

CAPÍTULO 2

2. DEFINICIÓN, FUNCIÓN Y TIPOS DE DATA CENTER.....	7
2.1 Descripción de un data center	7
2.2 Componentes de un data center	7
2.3 Requerimientos de un data center	8
2.3.1 Requerimientos físicos.....	8
2.3.2 Requerimiento energético	9
2.3.3 Requerimiento de un sistema HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning)9	
2.4 Seguridad de un data center	9
2.5 Clasificación de la infraestructura de data center - TIA-942.....	12
2.6 Niveles de un data center	13
2.6.1 Tier I: Data center básico.....	13
2.6.2 Tier II: Componentes redundantes.....	14
2.6.3 Tier III: Mantenimiento concurrente	14
2.6.4 Tier IV: Tolerante a fallas.....	15
2.7 Consideraciones de diseño de un data center.....	15
2.7.1 Espacio y diagrama de distribución	16
2.7.2 Diagrama de distribución.....	16
2.8 Parámetros para la distribución en el centro de datos: TIA-942.....	17
2.9 Elementos de un data center: TIA-942.....	18
2.9.1 Cuarto de entrada	18
2.9.2 Área de distribución principal.....	18
2.9.3 Área de distribución horizontal.....	19
2.9.4 Área de distribución de zonas	19
2.9.5 Área de distribución de los equipos	20
2.10 Climatización	20
2.11 Refrigeración.....	20
2.12 Criterios de modelado de un data center.....	22
2.12.1 Diseño conceptual.....	22
2.12.2 Diseño detallado	23
2.12.3 Diseño de la infraestructura de ingeniería mecánica	23
2.12.4 Diseño de la infraestructura de ingeniería eléctrica.....	23

2.12.4 Diseño de la infraestructura de tecnología.....	24
2.13 Expectativas de disponibilidad.....	24
2.14 Selección de sitio para un data center.....	25
2.15 Modularidad y flexibilidad de un data center	25
2.16 Control ambiental.....	26
2.17 Seguridad.....	27
2.18 Eficiencia energética.....	27
2.18.1 Análisis de usos de energía	28
2.18.2 Potencia y análisis de enfriamiento.....	28
2.18.3 Análisis de eficiencia energética.....	29
2.19 Dinámica de fluido computacional (CFD).....	29
2.20 Tendencia a los Green data center	30

CAPÍTULO 3

3. CONCEPTOS GENERALES.....	31
3.1 Aire acondicionado	31
3.1.1 Acondicionador de aire	32
3.1.2 Energía del aire acondicionado.....	32
3.2 Ciclo de refrigeración.....	33
3.3 Ventilación.....	33
3.3.1 Ventilación mecánica o forzada.....	34
3.3.2 Ventilación natural.....	35
3.4 Filtrado	35
3.5 Enfriamiento y deshumectación (secado de aire)	36
3.6 Circulación	36
3.7 Estándares de climatización en la industria.....	37
3.7.1 ISO 16813	37
3.7.2 ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers)	38
3.8 Dinámica de Fluidos Computacional (CFD).....	38
3.9 Metodología.....	39
3.10 Metodos de discretización	40

3.10.1 Método de Elementos Finitos (FEM)	40
3.11 Transferencia de calor.....	43
3.12 Métodos de transferencia de calor	44
3.12.1 Conducción o difusión	44
3.12.1.1 <i>Conducción en estado estacionario</i>	45
3.12.1.2 <i>Conducción transitoria</i>	45
3.12.2 Convección	45
3.12.3 Radiación	46
3.13 Enfoque del modelado	46
3.13.1 Ecuación del calor.....	46
3.13.2 Declaración de la ecuación	47
3.13.3 Descripción general	48
3.13.4 Problema físico de la ecuación	48
3.13.4.1 <i>Derivación en una dimensión</i>	48
3.13.4.2 <i>Problema tridimensional</i>	52
3.14 Simulación computacional.....	53
3.15 Simulación vs. Modelado	54
3.15.1 Preparación de datos	55
3.15.1 Tipos de modelos computacionales	56

CAPÍTULO 4

4. DESARROLLO DEL PROYECTO	58
4.1 Parámetros utilizados para el estudio.....	58
4.1.1 Arquitectura - Diseño.....	58
4.1.2 Proceso y soporte técnico	58
4.1.3 Disminución de riesgos.....	59
4.1.4 Mayor desempeño.....	59
4.2 Características destacadas de los equipos	59
4.2.1 Componentes con los elementos correctos y mejores en su clase	59
4.2.1.1 <i>Crecimiento escalado</i>	61
4.2.1.2 <i>Diseño modular - escalable</i>	62
4.2.2 Close - Coupled Cooling.....	62

4.2.3 Contención	63
4.2.4 Gestión de capacidad	64
4.3 Características de equipos seleccionados	66
4.3.1 Unidad de aire acondicionado.....	66
4.3.2 Unidad de distribución de energía PDU´s trifásico APC PD60F6K1- 60kW	67
4.3.3 Unidad de distribución de energía PDU´s trifásico APC PD60F6K1 - 40kW	68
4.4 Módulo de adquisición de datos	70
4.4.1 Hardware de adquisición de datos	70
4.4.2 Controladores de dispositivos de adquisición de datos	71
4.4.3 Elementos del módulo de adquisición de datos	72
4.4.3.1 <i>ATmega2560</i>	72
4.4.3.2 Pantalla TFT LCD 3.2	75
4.4.3.3 Sensor de temperatura y humedad DHT11	76
4.4.3.4 Módulo SD.....	78
4.4.3.5 Módulo Xbee	79
4.4.4 Creación del módulo de adquisición de datos	80
4.4.4.1 Configuración del microcontrolador ATmega2560.....	80
<i>Fuente de alimentación externa</i>	80
<i>Pin de reset</i>	80
<i>Pin Vin</i>	80
<i>Pines analógicos</i>	80
4.4.4.2 Configuración del software.....	81
<i>Menú</i>	81
<i>Editor de texto</i>	82
4.4.4.3 Configuración y centralización de sensores.....	83
4.4.4.4 Configuración de interfaz y comunicación	83
<i>Puerto serie virtual</i>	84
4.4.4.5 Montaje del módulo de adquisición de datos.....	85
4.4.4.6 Funcionamiento	86
4.4.4.7 Pruebas de operación	88
4.4.4.8 Correcciones y ajustes técnicos	89
4.4.4.9 Validación de información del módulo de adquisición de datos	91

4.4.4.10 Esquema funcionamiento	93
4.4.4.11 Esquema de distribución de dispositivos en el data center	94

CAPÍTULO 5

5. MODELADO Y SIMULACIÓN	95
5.1 Herramientas utilizadas para el análisis y simulación	95
5.1.1 SolidWorks	95
5.1.2 SolidWorks FlowSimulation.....	95
5.2 Proceso de Diseño en SolidWorks	96
5.2.1 Problemas actuales en el data center.....	96
5.2.2 Razones para efectuar una redistribución de quipos en el data center.....	97
5.2.3 Propuesta técnica de redistribución de equipos, red e infraestructura	97
5.2.3.1 <i>Pre-moving</i>	97
5.2.3.2 <i>Moving</i>	98
5.2.3.3 <i>Post-moving</i>	98
5.3 Condiciones iniciales para el analisis y simulacion de SolidWorks	99
5.4 Proceso inicial del estudio, análisis y simulación en SolidWorks	104
5.4.1 Plano del data center y distribución de equipos.....	104
5.4.2 Chequeo geométrico del ensamblaje	105
5.4.3 Temperatura del data center en vista frontal.....	107
5.4.4 Temperatura del data center en vista lateral	108
5.4.5 Temperatura del data center en vista superior	108
5.4.6 Flujo de corrientes de aire vista frontal	109
5.4.7 Flujo de corrientes de aire vista superior	110
5.5 Validación de datos.....	110
5.5.1 Recopilación de datos	111
5.4.1 Comprobación de datos en software de simulación.....	111
5.6 Proceso final del estudio, análisis y simulación en SolidWorks	113
5.6.1 Plano del data center y distribución de equipos.....	113
5.6.2 Chequeo geométrico del ensamblaje	113
5.6.3 Temperatura del data center en vista frontal.....	116
5.6.4 Temperatura del data center en vista lateral	116

5.6.5 Temperatura del data center en vista superior	117
5.6.6 Flujo de corrientes de aire vista frontal	118
5.6.7 Flujo de corrientes de aire vista superior	118

CAPÍTULO 6

6. ANÁLISIS Y RESULTADOS	120
6.1 Resultado del desarrollo del producto y proceso.....	120
6.2 Comparación de resultados iniciales vs. finales del estudio	122
6.2.1 Problemas encontrados previos al estudio	122
6.2.1.1 <i>Reporte mensual de operación previo a la redistribución de equipos</i>	<i>123</i>
6.2.2 Análisis de resultados obtenidos.....	123
6.2.2.1 <i>Resultados físicos.....</i>	<i>123</i>
6.2.2.2 <i>Resultados de avance.....</i>	<i>125</i>
6.2.2.3 <i>Reporte mensual de operación posterior a la redistribución de equipos.....</i>	<i>126</i>
6.3 Conclusiones.....	126
6.4 Recomendaciones.....	127
6.5 Bibliografía.....	128
ANEXOS	130
Planos y fichas técnicas de equipos adquiridos para la actualización del data center	130
Fotos de la creación e implementación del módulo de adquisición de datos.....	133
Fotos de la actualización del data center de la Corporación CENACE	134
Código de programación del módulo de adquisición de Datos en formato digital	

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de fin de carrera está orientado a fortalecer el funcionamiento de los equipos albergados en el data center del Centro Nacional de Control de Energía CENACE, mediante el estudio térmico de los dispositivos y análisis de flujo de aire. También trata del diseño e implementación de un módulo de adquisición de datos que permitirá analizar, monitorear y generar un registro de información del comportamiento de la temperatura y humedad de manera ininterrumpida. Aportando de esta manera a la implementación de normas internacionales y nacionales de calidad para el óptimo desempeño de esta importante sala de trabajo.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El incremento de temperatura dentro un data center, disminuye el rendimiento computacional de los equipos, los cuales siempre deben funcionar en óptimas condiciones.

El sistema de refrigeración actual no se realizó técnicamente, razón por la cual se registran temperaturas elevadas.

1.3 FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo se puede controlar la temperatura y mejorar el rendimiento de los equipos en el data center?

¿Cómo lograr un proceso de rediseño en un data center?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema de climatización para el data center de la corporación CENACE.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar equipos actuales de temperatura y humedad del data center.
2. Simular parámetros y condiciones ambientales utilizando software especializado.
3. Diseñar y construir un sistema de adquisición y almacenamiento de datos.
4. Analizar e implementar sensores y dispositivos para el monitoreo de funcionamiento del sistema.
5. Analizar la factibilidad de redistribución de equipos para la implementación en el proyecto.
6. Evaluar tipos de aire acondicionados existentes en el mercado.
7. Elaborar planos de HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning).
8. Implementar normas TIER.

1.5 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1.5.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Para este proyecto se utilizarán las siguientes áreas de conocimiento en la ingeniería:

El aire acondicionado regula la temperatura de los equipos mediante el movimiento de un fluido (*Mecánica de Fluidos*), el cual es enfriado para tal efecto (*Transferencia de Calor*) lo que permite regular la temperatura a un valor determinado por el usuario.

Mediante el modelamiento en un software CAD-3D del data center y el uso de un software de simulación, se puede reordenar los equipos y sistemas de aire acondicionado, obteniendo distintas configuraciones las cuales permitirán elegir la más adecuada, optimizando recursos rigiéndose a las normas TIER.

1.5.2 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Para este trabajo se empleará el método analítico sintético que implica la combinación de elementos, conexiando relaciones y formando un todo o conjunto, procediendo a condensar la información para su máximo aprovechamiento. Apuntando hacia un aprendizaje significativo, relacionando los nuevos conocimientos con sus conocimientos previos. (*Ausubel, Novak*)

1.5.3 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Para este proyecto se recopilarán datos ambientales históricos existentes del data center, los cuales son tomados de sensores de humedad y temperatura, mismos que están ubicados en su interior, estos se analizarán para determinar las condiciones iniciales para su posterior simulación.

1.6 MARCO DE REFERENCIAL

En este segmento de la investigación se incluyen términos previos para el desarrollo del proyecto, tomando como base una estructura teórica existente.

1.6.1 MARCO TEÓRICO

En el presente proyecto toma en cuenta el método de refrigeración de compresión mecánica puesto que se emplean usualmente para la actuación del proceso cíclico de transferencia térmica desde el interior de una habitación hacia el exterior.

1.6.1.1 Transferencia de calor

Este proceso es fundamental ya que revela el paso de energía térmica desde un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura.

1.6.1.2 Mecánica de fluidos

“La mecánica de fluidos es el estudio del comportamiento de los fluidos, ya sea que estén en reposo (*Estática de Shigley Fundamentals of HVAC Systems Fluidos*) o en movimiento (*Dinámica de Fluidos*).”

1.7 MARCO CONCEPTUAL

1.7.1 AIRE ACONDICIONADO

Será utilizado en el proceso de tratamiento del aire ambiente de los locales habitados ya que regula las condiciones en cuanto a la temperatura (*calefacción o refrigeración*), humedad, limpieza (*renovación, filtrado*) y el movimiento del aire dentro del data center.

1.7.2 ELEMENTOS FINITOS (MEF)

Es un método numérico general para la aproximación de soluciones de ecuaciones diferenciales parciales utilizado en problemas de ingeniería y física.

1.7.3 FLOWSIMULATION

Es la herramienta que con facilidad puede simular flujos de fluidos, transferencia de calor y fuerzas de fluido que son críticos para un óptimo diseño, la misma que será aplicada en este proyecto.

Los puntos de ajuste operativos consecuentes (*temperatura*) están basados tanto en el riesgo de disponibilidad continua y costo operativo de las *Normas Tier I, II, III, IV*.

1.7.4 CONVECCIÓN FORZADA

Se suscita cuando una fuerza cinética externa tiene la capacidad para mover un fluido con una velocidad (v), sobre una zona a una temperatura T_s superior o inferior que la del fluido T_f , como el fluido posee una mayor velocidad en convección forzada a diferencia de la convección natural, se transfiere de esta manera mayor cantidad de calor para una determinada temperatura. (*Ley de enfriamiento de Newton*).

1.7.5 CAD (COMPUTER-AIDED DESIGN)

Es un conjunto de herramientas computacionales que ayudan a ingenieros, arquitectos y diseñadores. El CAD es empleado en procesos de administración y supervisión del ciclo de vida de productos, partiendo desde un dibujo a un diseño asistido por computador.

1.7.6 ADQUISICIÓN DE DATOS

Adquisición de datos, es la recepción de muestras del mundo real (*sistema analógico*) para crear datos que puedan ser operados por computadoras (*sistema digital*). Es decir, tomar un conjunto de señales físicas para transformarlas en tensiones eléctricas, para luego ser digitalizadas y procesadas por un computador.

1.7.7 NORMAS TIER

Es una clasificación ideada por el *Uptime Institute* que se plasmó en el estándar ANSI/TIA-942 y que básicamente establece 4 categorías, en función del nivel de redundancia de los componentes que soportan el data center.

1.8 HIPÓTESIS DE TRABAJO

Con el diseño, modelación y simulación utilizando un software dedicado, se podrá considerar la implementación de un sistema de climatización, así como también un sistema de generación de reportes permitiendo verificar que la temperatura del data center esté en un rango de 15° a 25°C.

1.9 ASPECTOS METODOLÓGICOS

La presente investigación se enmarca en un método analítico sintético.

1.9.1 MÉTODO ANALÍTICO

Este método implica el análisis (*descomposición*), esto es la separación de un todo en sus partes o en sus elementos constitutivos. Se apoya en que para conocer un fenómeno es necesario descomponerlo en sus partes.

1.9.2 MÉTODO SINTÉTICO

Implica la síntesis (*reunión*), esto es, unión de elementos para formar un todo. En el proyecto el método analítico se empleará en el modelado ya que es necesario conocer el comportamiento individual de cada uno de los elementos que conforman el data center. Así como también se aplicará el método sintético en la simulación y revisión de resultados obtenidos de los elementos en conjunto.

1.10 PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Mediante Memorando CENACE-DSI 299 de 28 de junio de 2013, esta dirección presentó para aprobación de la Dirección Ejecutiva el Proyecto de Modernización del data center de la Corporación.

CAPÍTULO 2

2. DEFINICIÓN, FUNCIÓN Y TIPOS DE DATA CENTER

2.1 Descripción de un data center

Es el espacio físico destinado para albergar los recursos necesarios para el procesamiento de información de una empresa; estos recursos están ubicados en dependencias apropiadamente acondicionadas para redes de comunicaciones y computadores.

Un data center o centro de procesamiento de datos (CPD), es una habitación de considerable tamaño empleada para amparar en ella una gran cantidad de elementos electrónicos. Generalmente son construidos y mantenidos por grandes empresas con el fin de tener acceso a la información necesaria para sus procedimientos.

Los principales elementos que influyen para la construcción de un data center son recalcar y avalar la continuidad del servicio para el trabajo de funcionarios, clientes y empresas socias, ya que en estos espacios es muy importante la protección física de los dispositivos informáticos y comunicación, así como servidores de bases de datos que puedan almacenar información crítica.¹

2.2 Componentes de un data center

Los data center constan de un sistema de comunicaciones de red para funcionamiento en alta demanda y velocidad de información, tienen la capacidad de operar SAN (*Storage Area Networks*), NAS (*Network Attached Storage*), así como también con servidores, aplicaciones web, y demás componentes ubicados en una zona de

¹ "¿Qué es un data center? | BuyTek." 2013. 3 Feb. 2014 <<http://www.buyteknnet.com/blog/que-es-un-data-center>>

control. El control ambiental toma en cuenta consideraciones importantes como la temperatura, humedad, fugas de agua (inundación), generadores de electricidad, sistemas y control contraincendios, y acceso físico para el personal autorizado. La comunicación que se posee el centro de datos es provista por enlaces WAN, CAN/MAN y LAN en múltiples configuraciones de acuerdo a las necesidades.

Un data center creado adecuadamente suministrará disponibilidad, accesibilidad, escalabilidad, y confiabilidad 24 horas al día, 7 días a la semana, 365 días al año.²

2.3 Requerimientos de un data center

Los requerimientos que debe cumplir un data center para un adecuado funcionamiento son:

2.3.1 Requerimientos físicos: Es el conjunto de todos los dispositivos necesarios que permiten el funcionamiento del data center, como sistemas de almacenamiento, espacios de servidores, sistema HVAC, dispositivos de red, breakers, paneles de control y la infraestructura.

Es importante la correcta distribución del espacio físico, realizando los cálculos tanto del largo, ancho y alto de los dispositivos y contenedores que serán albergados por el data center permitiendo de esta forma poseer:

- Una mejor movilidad para un mejor mantenimiento de los equipos.
- Una mejor distribución del calor generado por los equipos.
- Una planificación de cómo distribuir los nuevos equipos según el crecimiento organizativo con respecto al área física del data center.

Es notable la cantidad de espacio ocupado por equipos, notando evidentemente que los racks y stand-alone hardware ocupan aproximadamente el 50% del espacio

² "Solución para Centros de Datos Siemon 10G ip™." 2004. 3 Feb. 2014 <http://www.siemon.com/la/white_papers/SD-03-06-Centros-de-Datos.asp>

total del data center, como se muestra en la figura 2.1



Figura 2.1 Gabinetes y racks en un data center.

FUENTE: Wiley Administering Data Centers Servers Storage and Voice over IP

2.3.2 Requerimiento energético: Es denominado como el corazón del data center, ya que es necesario saber el consumo de energía generado, la demanda energética de los dispositivos y la importancia de tener elementos electrónicos que mantengan continuo el flujo de voltaje, conservando la energía por un lapso considerable de tiempo como por ejemplo los UPS's (*Uninterruptible Power Supplies*) así como también el uso de una planta generadora para suplir la energía en grandes lapsos de tiempo.

2.3.3 Requerimiento de un sistema HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning): El sistema de climatización es el encargado de mantener la temperatura y humedad adecuada para que los equipos que se encuentran albergados en el data center trabajen de una manera óptima, teniendo en cuenta número adecuado de las unidades térmicas necesarias para instalar un sistema HVAC que contrarreste la carga térmica producida por los dispositivos.

2.4 Seguridad de un data center

La rápida evolución de la tecnología informática y comunicación ha producido un reto sin antecedentes al momento de certificar la protección de un nuevo activo tan

importante para las empresas como es la manipulación y almacenamiento de información.

La *Ley de Moore* hace hincapié en la duplicación de la capacidad de procesamiento que incrementa cada 18 meses, las redes se planifican hasta el infinito sin variaciones entre un medio ambiente local o global revelando que la comunidad informática se ha situado permanente, y las necesidades de acopio aumentan exponencialmente incrementando la cantidad de soporte para la información a niveles nunca antes vistos.

Los peligros exceden actualmente en el mundo tecnológico aumentando día a día revisando a tecnologías defensivas como hackers, ciberterrorismo, sustracción de información, virus, sabotajes, y otras contingencias que acechan en todo momento contra el *Uptime* o tiempo disponible de sistemas trascendentales para las empresas actuales. El mundo está siempre conectado y del otro lado de la línea tiene que haber respuesta 24x7 con una efectividad del 99.99 % como se muestra en la figura 2.2 donde se puede apreciar el grado de exposición al riesgo de un sistema de información por sector de actividad.



Figura 2.2 Niveles de exposición de un data center.

FUENTE: <http://www.aredata.com.ar/Seguridad.html>

Frente a este problema el objetivo de los CIOs “*Chief Information Officer*” es hacer que las tecnologías actuales se rijan a normas establecidas por el estado. Disminuyendo considerablemente el margen de error ya que siempre está latente la ley de *Murphy* que indica: “*Si algo puede fallar va a fallar*”. Teniendo como única opción estar preparado ante un imprevisto o falla informática.

En la actualidad se han creado nuevas leyes que hacen legítimamente responsables a los directores de las empresas si no resguardan sus activos de información bajo un ultimátum de sanción. La prontitud sensata de los comprometidos o gerentes está en iniciar el interés y la sensatez para valorar el peligro y las medidas oportunas para reducirlo o eliminarlo.

Según el área de aplicación, que se muestra a continuación el CENACE está contemplado en la legislación de Gramm – Leach – Bliley Act de 1999, a continuación se indican más detalles en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 En el ámbito local y en el marco estatal, la Decisión Administrativa DA 669/2004 establece un Modelo de Política de Seguridad basado en la Norma ISO / IRAM 17799.

Legislación reciente	¿A quién se aplica ?	¿ Qué cubre?
Sarbanes-Oxley Act de 2002	A toda compañía registrada bajo el Exchange Act o que tiene una declaración de inscripción en espera bajo Security Act.	Obliga a los jefes de dirección y a directores financieros a prestar juramento que sus declaraciones financieras son completas y exactas.
Gramm- Leach - Bliley Act de 1999	A las instituciones financieras	Asegura la protección de las informaciones personales no públicas para la distribución fuera de la red de la institución financiera.
Health Insurance Portability and Accountability Act (HIPAA)	A toda entidad implicada en la información digitalizada por los cuidados de salud, incluyendo entre otros los proveedores, los empleados y los aseguradores.	Garantiza la portabilidad, la protección de la vida privada y la seguridad de la información médica de los individuos.
LOPD (Ley Orgánica de Protección de Datos) Ámbito europeo	Cualquier compañía que capture, guarde o trate datos de terceros	Asegura la protección de la información personal (no pública) y el derecho a la rectificación y cancelación de los datos por el ciudadano.
Basilea II	A las instituciones financieras.	Calcula el riesgo operativo de negocio por motivo del mal funcionamiento o indisponibilidad de las TI.

FUENTE: <http://www.areadata.com.ar/Seguridad.html>

2.5 Clasificación de la infraestructura de data center - TIA-942

Un data center no sólo está conformado por infraestructura, hardware, software y telecomunicaciones. El espacio físico de un centro de datos está compuesto por un conjunto de subsistemas entre los cuales se destacan el de climatización, eléctrico y protección contra incendios.

De la misma manera también se deben tomar en consideración otros aspectos como los recursos humanos y los métodos asociados para producir la capacidad de operación incluso cuando se produzcan accidentes o desastres naturales.

El standard TIA-942 (*Telecommunication Infrastructure Standard for Data Centers*) hace referencia a los Grados de Disponibilidad (*Tier*) con los que se puede clasificar a los data centers. Los Tiers están fundamentados en información desarrollada por el *Uptime Institute*, que es un sociedad cuya función es proveer a los clientes conocimientos y benchmarks para optimizar la programación y gerenciamiento de los data centers. En el siguiente anexo se muestra detalladamente que cada uno de los Tiers posee recomendaciones para la infraestructura, seguridad eléctrica, mecánica y telecomunicaciones. Tomando en cuenta que mientras mayor sea el número de Tier, mayor será el grado de disponibilidad del centro de datos, como se muestra en la tabla 2.2

Tabla 2.2 Nivel de disponibilidad TIER.

	Tier I	Tier II	Tier III	Tier IV
Building Type	Tenant	Tenant	Stand-alone	Stand-alone
Staffing	None	1 Shift	1 + Shifts	"24 by Forever"
Useable for Critical Load	100% N	100% N	90% N	90% N
Initial Gross Watts per Square Foot (W/ft²) (typical)	20-30	40-50	40-60	50-80
Ultimate Gross W/ft² (typical)	20-30	40-50	100-150 ^{1,2,3}	150+ ^{1,2}
Uninterruptible Cooling	None	None	Maybe	Yes
Support Space to Raised-Floor Ratio	20%	30%	80-90% ²	100+%
Raised-Floor Height (typical)	12"	18"	30-36" ²	30-36" ²
Floor Loading lbs/ft² (typical)	85	100	150	150
Utility Voltage (typical)	208, 480	208, 480	12-15 kV ²	12-15 kV ²
Single Points-of Failure	Many + human error	Many + human error	Some + human error	None + human error
Annual Site-Caused IT Downtime (actuals)	28.8 hours	22.0 hours	1.6 hours	0.4 hours
Site Availability	99.671%	99.749%	99.982%	99.995%
Months to Implement	3	3-6	15-20	15-20
Year First Deployed	1965	1970	1985	1995
Construction Cost (±30%)^{1,2,3}				
Raised Floor	\$220/ft ²	\$220/ft ²	\$220/ft ²	\$220/ft ²
Useable UPS Output	\$10,000/kW	\$11,000/kW	\$20,000/kW	\$22,000/kW

FUENTE: © 2001-2006 The Uptime Institute, Inc.

A su vez la infraestructura de un data center se divide en cuatro subsistemas que son:

- Telecomunicaciones
- Arquitectura
- Sistema Eléctrico
- Sistema Mecánico

Dentro de cada subsistema el estándar desarrolla una serie de ítems como se muestran a continuación en la tabla 2.3.³

Tabla 2.3 Áreas que el estándar desarrolla

Telecomunicaciones	Arquitectura	Eléctrica	Mecánica
Cableado de racks	Selección del sitio	Cantidad de accesos	Sistemas de climatización
Accesos redundantes	Tipo de construcción	Puntos únicos de falla	Presión positiva
Cuarto de entrada	Protección ignífuga	Cargas críticas	Cañerías y drenajes
Área de distribución	Requerimientos NFPA 75	Redundancia de UPS	Chillers
Backbone	Barrera de vapor	Topología de UPS	CRAC's y condensadores
Cableado horizontal	Techos y pisos	PDU's	Control de HVAC
Elementos activos redundantes	Área de oficinas	Puesta a tierra	Detección de incendio
Alimentación redundante	NOC	EPO (Emergency Power Off)	Sprinklers
Patch panels	Sala de UPS y baterías	Baterías	Extinción por agente limpio (NFPA 2001)
Patch cords	Sala de generador	Monitoreo	Detección por aspiración (ASD)
Documentación	Control de acceso	Generadores	Detección de líquidos
	CCTV	Transfer switch	

FUENTE: Estándar TIA-942

2.6 Niveles de un data center

2.6.1 Tier I: Data center básico

Un data center Tier I permite complicaciones planificadas como no planificadas. Este nivel posee sistemas de aire acondicionado, distribución de energía, UPS o generador eléctrico, con la característica de poseer obligatoriamente piso técnico y

³ "El standard TIA 942 -vds-11-4.pdf - Area Data." 2007. 4 Feb. 2014 <<http://www.ar-eadata.com.ar/pdf/El%20standard%20TIA%20942%20-vds-11-4.pdf>>

si lo tiene puede haber múltiples puntos de falla. La carga máxima de los sistemas en escenarios críticos es del 100%. La infraestructura del data center es capaz de estar en inactividad o fuera de servicio al menos una vez al año por motivos de mantenimiento y/o correcciones. Las fallas de operación o errores de los componentes de la infraestructura son los que provocan la interrupción del data center. La tasa de disponibilidad máxima del data center es **99.671%** del tiempo.

2.6.2 Tier II: Componentes redundantes

Es un data center que posee componentes redundantes siendo así menos sensibles a complicaciones, tanto planificadas como las no planificadas. Estos data centers tienen piso falso, UPS y generadores eléctricos los mismos que se encuentran conectados a una sola línea de distribución eléctrica. Su diseño es N+1, lo que representa que tiene al menos un duplicado de cada elemento de la infraestructura. La carga máxima de los sistemas en escenarios críticos es del 100%. Al momento de ejecutar el mantenimiento en la línea de distribución eléctrica así como también en otros componentes de la infraestructura, se puede ocasionar una paralización del servicio. La tasa de disponibilidad máxima del data center es **99.741%** del tiempo.

2.6.3 Tier III: Mantenimiento concurrente

El nivel de este data center permite ejecutar una actividad planificada sobre cualquier elemento de la infraestructura sin dificultades en la operación. La planificación de actividades contempla el mantenimiento preventivo, reparaciones o sustitución de componentes, añadir o excluir elementos y ejecutar pruebas del sistema. Para las infraestructuras que emplean métodos de refrigeración mediante agua es necesario que posean doble conjunto de tuberías. Debe constar con suficiente capacidad y doble línea de distribución para funcionamiento de los dispositivos, de manera que sea posible efectuar mantenimientos o pruebas en línea y al mismo tiempo que la otra línea soporte toda la carga. En este grado las actividades no planificadas como fallas de maniobra o errores esporádicos en la infraestructura pueden aún provocar una paralización del data center. La mayoría de los data centers Tier III

son creados para actualizarse posteriormente a Tier IV, cuando las necesidades de la empresa argumenten el costo. La tasa de disponibilidad máxima del data center es **99.982%** del tiempo.

2.6.4 Tier IV: Tolerante a fallas

Un data center con este grado suministra la capacidad necesaria para realizar cualquier acción planificada sin paralizaciones en el servicio, poseyendo la tolerancia a errores permitiendo que la infraestructura siga funcionando frente a un suceso crítico no planificado. Estos data center emplean dos líneas de distribución paralelamente activas, generalmente en una configuración *System+System*, lo que representa dos sistemas de UPS independientes, cada sistema con un nivel de redundancia N+1. La carga máxima de los sistemas en situaciones críticas es de 90%. Soporta un alto nivel a fallas, ya sea por la ejecución de una alarma de incendio o porque se ha iniciado un modo de apagado de emergencia (*EPO*), el que debe costar en un data center para el cumplimiento de los códigos de seguridad. La tasa de disponibilidad máxima del data center es **99.995%** del tiempo.⁴

2.7 Consideraciones de diseño de un data center

Un data center es un recurso primordial para las empresas, tomando en cuenta esta consideración el diseño y construcción del mismo, no es una tarea simple ya que se deben comprender consideraciones claves como:

- Espacio
- Diagrama de distribución
- Administración de cables
- Energía
- Refrigeración

⁴ "Area Data - Seguridad TI - Seguridad." 2006. 4 Feb. 2014 <<http://www.areadata.com.ar/Seguridad.html>>

En donde se hará hincapié, en la distribución de equipos y especialmente en la refrigeración por la importancia que brinda este elemento en el desarrollo del presente proyecto.⁵

2.7.1 Espacio y diagrama de distribución

El data center es una propiedad con un alto valor económico, por lo que su diseño debe garantizar que exista el espacio necesario y prudentemente para su uso. Tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Garantizar que el espacio calculado sea suficiente para el centro de datos, tomando en cuenta expansiones de infraestructura en el futuro, ya que usualmente el área que se necesita al inicio puede ser escaso en el futuro.
- Garantizar que el diagrama de distribución contenga considerables zonas de espacio flexible en blanco, es decir una zona libre dentro del data center donde se pueda reestablecer a una función en específica, como una zona exclusiva para nuevos equipos.
- Garantizar que existan zonas para expandir el data center en el caso que supere sus límites actuales. Esto se consigue exclusivamente al certificar que el área que rodea al data center pueda asociarse de manera sencilla y módica.

2.7.2 Diagrama de distribución

Un data center perfectamente diseñado debe contar con áreas funcionales que garanticen:

- Fácil reasignación del espacio para cubrir las necesidades de cambio, específicamente de crecimiento.

⁵ "Cómo diseñar un centro de datos óptimo." 2011. 4 Feb. 2014 <http://ecaths1.s3.amazonaws.com/auditoriainformatica/1167828372.Norma_ANSI_EIA_TIA_942.pdf>

- Sencillo manejo de cableado, de forma que los tendidos no sobrepasen las recomendaciones y que las modificaciones no sean dificultosas.

2.8 Parámetros para la distribución en la data center: TIA-942

La norma TIA-942, es el conjunto de estándares de infraestructura de telecomunicaciones para los data center, que brinda orientación acerca del diagrama de distribución como se muestra en la figura 2.3. Según el estándar, se deben tener las siguientes áreas:

- Uno o más cuartos de entrada.
- Un área de distribución principal (*MDA, por sus siglas en inglés: Main Distribution Area*).
- Una o más áreas de distribución horizontal (*HDA, por sus siglas en inglés: Horizontal Distribution Areas*).
- Un área de distribución de zona (*ZDA, por sus siglas en inglés: Zone Distribution Area*).
- Un área de distribución de equipos⁶.

⁶ "Cómo diseñar un centro de datos óptimo." 2011. 4 Feb. 2014 <http://ecaths1.s3.amazonaws.com/auditoriainformatica/1167828372.Norma_ANSI_EIA_TIA_942.pdf>

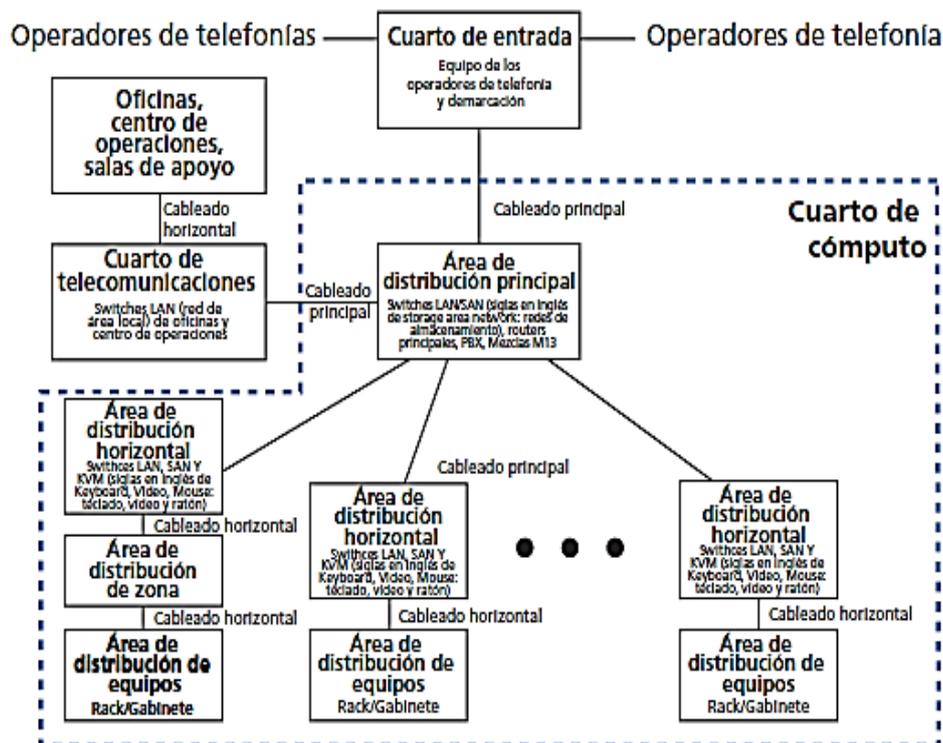


Figura 2.3 Data center que cumple con Estándar TIA-942

FUENTE: Norma ANSI EIA TIA-942

2.9 Elementos de una data center: TIA-942

2.9.1 Cuarto de entrada

El cuarto de entrada aloja el equipo de los operadores y el punto de demarcación. Este elemento puede estar dentro del cuarto de cómputo, pero el estándar norma recomienda que se ubique en una habitación aparte por motivos de seguridad. Si está situado en la sección de cómputo, debe estar incluido dentro del área de distribución principal.

2.9.2 Área de distribución principal

El área de distribución principal aloja el punto de conexión central para el sistema de cableado estructurado del data center. Este espacio debe estar ubicado en una zona central para evitar sobrepasar las distancias del cableado preestablecidas y de esta manera poseer una conexión horizontal para un área de distribución de un

dispositivo contiguo. El estándar señala que se deben implementar racks separados para cables coaxiales, UTP, y fibra.

2.9.3 Área de distribución horizontal

El área de distribución horizontal es el sitio de las interconexiones horizontales para el cableado hacia las áreas de repartimiento de los dispositivos. Pueden existir una o más áreas de distribución horizontal, dependiendo del tamaño del data center y los requerimientos de cableado. Un criterio para un área de distribución horizontal detalla un máximo de 2000 cables UTP de 4 pares o terminaciones coaxiales.

2.9.4 Área de distribución de zonas

Como se muestra en la figura 2.4 es el área del suelo donde se ubican los equipos con la característica de no poder aceptar paneles de parcheo, como por ejemplo, las computadoras centrales y servidores.



Figura 2.4 Data center con espacio libre flexible

FUENTE: Norma ANSI EIA TIA-942

2.9.5 Área de distribución de los equipos

Es el área destinada para el alojamiento de los gabinetes y racks. La norma específica que estos deben estar colocados en una configuración "hot aisle/cold aisle" ("pasillo caliente/pasillo frío") para que disipen de forma óptima el calor generado por aparatos electrónicos.⁷

2.10 Climatización

Consiste en crear unas condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire adecuadas para la comodidad dentro de los espacios habitados. Así pues, la climatización comprende tres cuestiones fundamentales: la ventilación, la calefacción, o climatización de invierno, y la refrigeración o climatización de verano.

A partir de esta definición se desprende que el concepto climatización equivale a lo que en inglés se llama Heating, Ventilating and Air Conditioning, o por sus siglas HVAC, expresión en la que aparecen tres conceptos separados: ventilación y calefacción por un lado y aire acondicionado

2.11 Refrigeración

Los dispositivos de almacenamiento, servidores y equipos de comunicación cada vez son más potentes y de menos tamaño. La preferencia es usar mayor cantidad de dispositivos en áreas más pequeñas, provocando de esta manera una cantidad considerable de calor, convirtiéndose en un gran reto la disipación de este calor. La solución principal es tener dispositivos de enfriamiento apropiados, siendo esta una forma para solucionar el inconveniente; tomando en cuenta que la circulación de aire igualmente es transcendental.

⁷ "Cómo diseñar un centro de datos óptimo." 2011. 4 Feb. 2014 <http://ecaths1.s3.amazonaws.com/auditoriainformatica/1167828372.Norma_ANSI_EIA_TIA_942.pdf>

Para beneficiar la circulación de aire, la industria ha desarrollado un procedimiento conocido como "hot aisle/cold aisle" ("pasillo caliente/pasillo frío") como se muestra en la figura 2.5. En una distribución hot aisle/cold aisle, los racks de los dispositivos se colocan en filas alternas de pasillos calientes y fríos. En el pasillo frío, los racks de los dispositivos se disponen frente a frente. En el pasillo caliente, se ubican dorso contra dorso. Las placas perforadas en el piso elevado de los pasillos fríos permiten que llegue aire frío al frente de los dispositivos. Este aire frío rodea al dispositivo y se desaloja por la parte trasera hacia pasillo caliente. En el pasillo caliente, efectivamente, no existen placas perforadas para impedir que se mezclen el aire caliente con el frío. Para de esta forma conseguir mejores resultados con este método, los pasillos deben tener dos cerámicas de ancho para permitir el uso de placas perforadas en ambas filas, si fuera obligatorio.

Si es necesario implementar mayores exigencias, se pueden intentar:

- Distribuir los equipos por las partes sin usar del piso elevado, siendo esta una opción admitida.
- Incrementar la altura del piso elevado, ya que al doblar la altura del piso se ha demostrado un incremento de la corriente de aire hasta un 50%.
- Emplear racks abiertos en lugar de gabinetes, se pueden utilizar gabinetes con una malla en los dorsos y al frente como alternativa.
- Incrementar la corriente de aire debajo del piso al taponar las salidas de aire innecesarios.
- Sustituir las placas perforadas con otras que posean aberturas más grandes. La mayoría de las placas vienen con 25% de agujeros, pero algunos tienen entre 40 y 60% de agujeros.⁸

⁸ "Cómo diseñar un centro de datos óptimo." 2011. 4 Feb. 2014 <http://ecaths1.s3.amazonaws.com/auditoriainformatica/1167828372.Norma_ANSI_EIA_TIA_942.pdf>

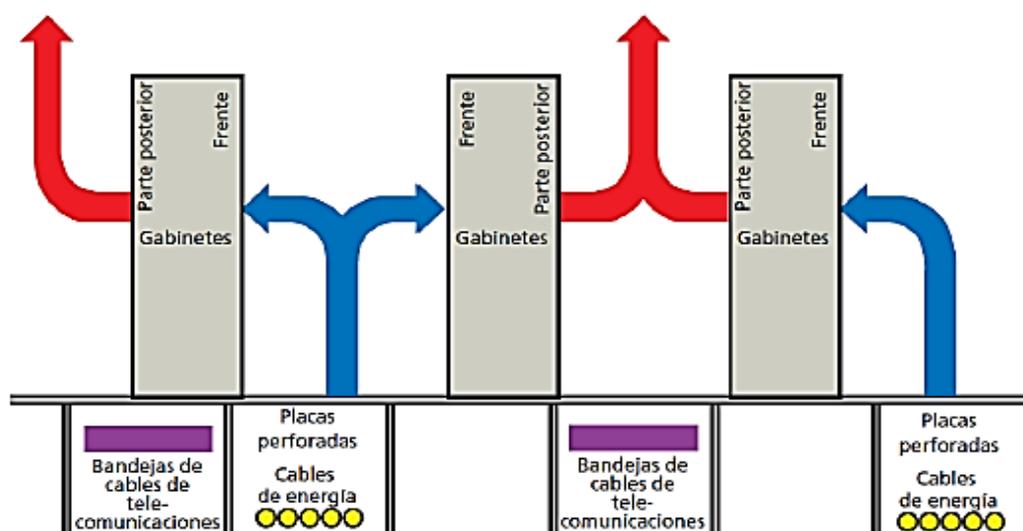


Figura 2.5 Configuración de pasillos “calientes y fríos”

FUENTE: ADC Informe Técnico

2.12 Criterios de modelado de un data center

Son parámetros empleados para desarrollar futuros escenarios relacionados con el espacio, climatización, energía y costos. La finalidad de este criterio es la elaboración de un plan maestro con importantes directrices tales como número de equipos, tamaño de equipos, ubicaciones de equipos, topología, suministro de energía y configuraciones de refrigeración.⁹

2.12.1 Diseño conceptual

Engloba las recomendaciones de planificación y diseño que se deben tomar en cuenta con los posibles escenarios para tener la seguridad que todos los requerimientos estén operando correctamente brindando estabilidad a la corporación.

Este diseño debe ser realizado bajo requisitos del estándar de *Technology Infrastructure* TI , relacionados con la eficiencia energética, requisitos de funcionamiento, eficiencia de costos y disponibilidad que debe poseer el data center, incluyendo

⁹ "Romonet Offers Predictive Modeling Tool For Data center Planning -." 2012. 5 Feb. 2014 <<http://www.networkcomputing.com/data-center/romonet-offers-predictive-modeling-tool/231000669>>

parámetros fundamentales como la modularidad ya que a menudo se efectúan expansiones de espacio físico.¹⁰

2.12.2 Diseño detallado

Esta etapa se lleva a cabo después que el diseño conceptual sea el adecuado, incluyendo una prueba de concepto. Esta fase debe incorporar el desarrollo de planos de instalaciones y documentos de construcción, así como también la infraestructura de tecnología, diseño de detalle de infraestructura de TI, y documentación de infraestructura TI.¹¹

2.12.3 Diseño de la infraestructura de ingeniería mecánica

El diseño de la infraestructura de ingeniería mecánica enmarca sistemas mecánicos relacionados con el mantenimiento del ambiente interno del data center, como la ventilación, calefacción y aire acondicionado (HVAC); humidificación, equipos de deshumidificación, presurización, etc.¹²

Esta fase del diseño debe estar orientada al ahorro de espacio y costo, garantizando los objetivos de la corporación y la certeza que los mismos se ejecuten. En la actualidad los diseños modernos incorporan factores de diseño de gran importancia como la modularización y expansión de cargas informáticas, haciendo un gasto adecuado de capital en la construcción de un data center óptimo.¹³

2.12.4 Diseño de la infraestructura de ingeniería eléctrica

El diseño de la infraestructura de ingeniería eléctrica se enfoca en el diseño de configuraciones eléctricas, las que se acoplan a distintas condiciones de tamaños

¹⁰ "Diseño conceptual de Data center - TRC." 5 Feb. 2014 <<http://www.trc.es/TRCSoluciones-126-Diseno-Conceptual.aspx>>

¹¹ "Qué es un diseño conceptual de un Data center » PQC." 2013. 5 Feb. 2014 <<http://www.pqc.es/que-es-un-diseno-conceptual-de-un-cpd/>>

¹² "High Performance Data Centers: A Design Guideline Sourcebook." 2009. 5 Feb. 2014 <http://hightech.lbl.gov/documents/data_centers/06_datacenters-pge.pdf>

¹³ "BICSI News Magazine - May/June 2010." 5 Feb. 2014 <http://www.nxtbook.com/nxtbooks/bicsi/news_20100506/>

y la fiabilidad con la que contarán los data center. En esta etapa de diseño se debe adjuntar la planificación, distribución, variación y desviación de suministro eléctrico desde las fuentes de energía, como son los UPS`s y fuentes de suministro ininterrumpido.¹⁴

Este diseño debe comprender los estándares de energía necesarios para la eficaz operación de la empresa. Las configuraciones eléctricas deben poseer un rendimiento óptimo y ser compatibles con los requerimientos de modularidad del data center, teniendo una disponibilidad conveniente.¹⁵

2.12.5 Diseño de la infraestructura de tecnología

El diseño de la infraestructura de tecnología hace hincapié en los sistemas de cableado de telecomunicaciones que se efectúan en el data center. Existen sistemas de cableado para todo tipo de entornos físicos, que incorporan múltiples factores como son cableado horizontal, servicio de telecomunicaciones, espacio de equipos de conmutación, gestión de telecomunicaciones, conexiones informáticas y de datos, este diseño está estrechamente vinculado con el sistema de señalización como, HVAC, incendios, climatización, energía, seguridad.¹⁶

2.13 Expectativas de disponibilidad

Mientras mayor sea la necesidad de disponibilidad de un data center, los costos operativos de construcción y gestión también aumentarán. Los requisitos que las empresas requieren deben darse a conocer indicando el grado de disponibilidad que necesitan, teniendo la obligación de evaluación de las características críticas de los sistemas de TI, esto significa que debe existir un apropiado nivel de disponibilidad, que cumpla con criterios de diseño para disminución de riesgos operativos

¹⁴ "BICSI News Magazine - May/June 2010." 2010. 5 Feb. 2014 <http://www.nxtbook.com/nxt-books/bicsi/news_20100506/>

¹⁵ "Hedging Your Data center Power - The Data center Journal." 2012. 5 Feb. 2014 <<http://www.datacenterjournal.com/design/hedging-your-data-center-power/>>

¹⁶ "BICSI News Magazine - May/June 2010." 2010. 5 Feb. 2014 <http://www.nxtbook.com/nxt-books/bicsi/news_20100506/>

y financieros en un lapso de inactividad.¹⁷

2.14 Selección de sitio para un data center

Al momento de realizar una correcta selección del espacio físico para un data center, se deben tomar en cuenta factores importantes como la proximidad a las redes de energía, infraestructura de telecomunicaciones, líneas de transporte, servicio de redes y emergencia, los mismos que inciden directamente en el costo, seguridad, riesgos y demás elementos a ser considerados para un aceptable desempeño. El lugar donde será ubicado el data center, afecta de manera directa el diseño del mismo puesto que las condiciones de clima son cruciales para el uso de tecnologías de climatización y refrigeración a ser implementados, generando un impacto en el costo y actividad asociados con el sistema de climatización.¹⁸

2.15 Modularidad y flexibilidad de un data center

La modularidad y flexibilidad son componentes esenciales en un data center, ya que brindan la posibilidad de crecimiento y modificación con el transcurso del tiempo.¹⁹ Los módulos que se emplean en la construcción de los data center son prediseñados puesto que deben cumplir con estándares básicos los mismos que se pueden configurar o trasladar de una ubicación a otra sin complicación y cuando sea necesario.²⁰

Un data center modular puede estar conformado por un equipo de centralización de datos ubicado dentro de contenedores de transporte o contenedores portátiles, pero también se lo puede detallar como un estilo de diseño en que los elementos

¹⁷ "The Data Center Journal: Where IT, Design and Facilities Meet." 2003. 5 Feb. 2014
<<http://www.datacenterjournal.com/>>

¹⁸ Linda Tucci. "Five tips on selecting a data center location - SearchCIO.com." 2010. 5 Feb. 2014
<<http://searchcio.techtarget.com/news/1312614/Five-tips-on-selecting-a-data-center-location>>

¹⁹ "Standardization and modularity as the foundation of data center ..." 2013. 5 Feb. 2014
<[http://www05.abb.com/global/scot/scot379.nsf/veritydisplay/315021027ef7b424c1257c28004001c8/\\$file/WhitePaper_Advantages_of_modular_and_standardized_UPS.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot379.nsf/veritydisplay/315021027ef7b424c1257c28004001c8/$file/WhitePaper_Advantages_of_modular_and_standardized_UPS.pdf)>

²⁰ "Strategies for the Containerized Data center | Data center Knowledge." 2011. 5 Feb. 2014
<<http://www.datacenterknowledge.com/archives/2011/09/08/strategies-for-the-containerized-data-center/>>

del data center son prefabricados y normalizados, de forma que se puedan construir, desplazar o incorporar a medida que las necesidades vayan cambiando.²¹

2.16 Control ambiental

En un data center el entorno físico debe ser controlado estrictamente, por lo general se emplea aire acondicionado para poder obtener una temperatura y humedad adecuada para el perfecto funcionamiento de los sistemas informáticos que están ubicados en esta sala.

Los parámetros y directrices recomendables para una temperatura adecuada según ASHRAE, deben oscilar entre los 18-27°C (64-81°F), así como también un intervalo de punto de rocío de 5-15°C (41-59°F) y una humedad relativa máxima del 60% para un entorno óptimo de un data center.²² La temperatura lógicamente por la potencia eléctrica utilizada, provocando el calentamiento del aire en la habitación, ante lo cual se deben tener consideraciones mediante un control de temperatura del aire evitando daños en los equipos electrónicos.²³

Se debe considerar que un exceso de humedad y agua pueden generar condensación en los componentes internos de los equipos, ante este fenómeno es donde el sistema de aire acondicionado ayuda al control de humedad generado por el enfriamiento del espacio de aire de retorno que se encuentra debajo del punto de rocío. De igual manera en el caso de una atmósfera seca, el sistema de humidificación es el encargado de añadir vapor de agua cuando la humedad en el data center sea muy baja, provocando electricidad estática la que se puede descargar en los componentes electrónicos ocasionando su daño. En la actualidad los data center, buscan emplear una refrigeración económica, donde se utiliza aire del exterior para mantener este espacio fresco.

²¹ "HP says prefab data center cuts costs in half | Green IT - InfoWorld." 5 Feb. 2014 <<http://www.infoworld.com/d/green-it/hp-says-prefab-data-center-cuts-costs-in-half-837>>

²² "ASHRAE Standard 189.1 Published - Contracting Business." 2010. 6 Feb. 2014 <http://contractingbusiness.com/news/ashrae_standard_189_published_0124>

²³ "ServersCheck's Blog: Why monitor humidity in computer rooms?." 2013. 6 Feb. 2014 <<http://blog.serverscheck.com/2008/07/why-monitor-humidity-in-computer-rooms.html>>

Existen diversas clases de plantas en el mercado las cuales brindan una extensa variedad en cuanto a resistencia estructural y capacidad de carga, las que dependen de la construcción de componentes y materiales utilizados en el data center.²⁴

2.17 Seguridad

La seguridad juega un papel fundamental en los data center, ya que se deben tomar consideraciones como la restricción del acceso físico con mamparas o puertas de seguridad y solo facultar el ingreso a personal autorizado. En la actualidad se han implementado sistemas de cámaras de video vigilancia de manera permanente monitoreadas por guardias de seguridad, y accesos biométricos, ya que esta sala es considerada un punto crítico de información confidencial.²⁵

2.18 Eficiencia energética

Se define como la potencia total de entrada en el data center dividida por la energía que es utilizada por los equipos informáticos, como se muestra a continuación en la ecuación 2.1.

Ecuación 2.1

$$PUE = \frac{\text{Total Facility Power}}{\text{IT Equipment Power}}$$

Donde PUE, es utilizada para los equipos de apoyo o respaldo es referida como carga aérea, la que consiste primordialmente en sistemas de refrigeración - climatización, suministro de energía eléctrica y demás estructuras como instalaciones de iluminación.

²⁴ "ServersCheck's Blog: Why monitor humidity in computer rooms?." 2013. 6 Feb. 2014
<<http://blog.serverscheck.com/2008/07/why-monitor-humidity-in-computer-rooms.html>>

²⁵ "19 Ways to Build Physical Security into a Data Center - CSO Online ..." 2010. 6 Feb. 2014
<<http://www.csoonline.com/article/220665/19-ways-to-build-physical-security-into-a-data-center>>

Un data center promedio tiene un PUE de 2.0²⁶, lo que representa que utiliza un vatio de potencia por encima de cada vatio otorgado a los equipos de TI. La eficiencia energética de un data center en “*State-of-the-art*” tiene un valor aproximado de 1.2.²⁷

Existe una calificación “*Energy Star*” para los data center dependientes o de gran tamaño que se mantengan en el cuartil superior de la eficiencia energética de todas las instalaciones reportadas, dicha etiqueta ecológica es impartida por la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU.²⁸

2.18.1 Análisis de uso de energía

Frecuentemente, lo primero que se realiza para detener el consumo eléctrico en un data center es un control de energía; a partir de esta consideración existen varios tipos de análisis para la medición del consumo energético, estos aspectos no actúan sólo en la energía utilizada por los equipos de TI, sino a su vez por los equipos de las instalaciones del data center, como ventiladores y enfriadores.²⁹

2.18.2 Potencia y análisis de enfriamiento

Tomando en cuenta que el costo es una particularidad importante para el usuario del data center, una potencia y análisis de enfriamiento hacen mención a una evaluación térmica, que mide las temperaturas relativas en zonas primordiales, así

²⁶ ENERGY, S. "Data center Report to Congress -FINAL 7-25-07 - Energy Star." 2007. <http://www.energystar.gov/ia/partners/prod_development/downloads/EPA_Datacenter_Report_Congress_Final1.pdf>

²⁷ "Data Center Energy Forecast - Accenture." 2011. 6 Feb. 2014 <<http://www.accenture.com/SiteCollectionDocuments/PDF/Accenture-Data-Center-Energy-Forecast.pdf>>

²⁸ Patrick McLaughlin. "Few data centers earn Energy Star label - Cabling Install." 2012. 6 Feb. 2014 <<http://www.cablinginstall.com/articles/print/volume-19/issue-5/features/few-data-centers-earn-energy-star-label.html>>

²⁹ "Reducing Data center Power and Energy Consumption: - UNICOM ..." 6 Feb. 2014 <http://unicomgov.com/index.php/download_file/72//>

como también la capacidad de tolerancia ante temperaturas específicas en el ambiente.³⁰

Por lo cual un sistema de recopilación y análisis de información pueden ayudar a la identificación de puntos calientes y una climatización en zonas donde se puede manejar diversas situaciones como una mayor densidad de energía, puntos de ruptura de equipos de carga, eficacia de levantamiento de piso y posicionamiento óptimo de equipos; para de esta manera obtener un equilibrio de temperaturas en todo el data center.³¹

2.18.3 Análisis de eficiencia energética

Este análisis evalúa el consumo energético del data center, es muy frecuente puesto que muestra los factores de importancia como el consumo de potencia energética (*PUE*), fuentes mecánicas-eléctricas de ineficiencia y métricas de gestión de aire.³²

2.19 Dinámica de fluidos computacional (CFD)

Esta clase de análisis maneja herramientas y técnicas complejas para conocer las condiciones térmicas que se presentan en un data center, prediciendo fenómenos como la temperatura, flujo de aire y comportamiento de presión, lo que permite por medio de modelos numéricos evaluar el rendimiento y consumo energético.

Al realizar la predicción de estos efectos de condiciones ambientales se puede pronosticar el impacto que se genera entre bastidores de alta y baja densidad, lo que provoca un efecto negativo en los recursos de climatización - refrigeración, mala

³⁰ "Data Center Site Selection - Cisco Systems." 2008. 6 Feb. 2014
<http://www.cisco.com/web/about/ciscoitwork/trends/tr_2008_09_article011_dc_site_selection.html>

³¹ "HP's Green Data Center Portfolio Keeps Growing - InternetNews." 2007. 6 Feb. 2014
<<http://www.internetnews.com/ent-news/article.php/3690651>>

³² "HP Shows Companies How to Integrate Energy Management and ..." 2011. 6 Feb. 2014
<<http://www.triplepundit.com/2011/04/hp-launches-program-companies-integrate-manage-energy-carbon-reduction-strategies/>>

gestión de infraestructura y ausencia de auto apagado del aire acondicionado en la programación de mantenimiento.

El mapeo de la zona térmica usa modelos computacionales y sensores, para la elaboración de una imagen tridimensional de los puntos calientes y fríos en el data center.

Esta información impulsa a la identificación de un óptimo posicionamiento de los equipos en el data center, tomando en cuenta que los puntos críticos deben ser situados en una zona fría con impacto directo de las unidades de aire acondicionado.³³

2.20 Tendencia a los Green data center

Los data center comúnmente utilizan una considerable cantidad de suministro eléctrico, que es consumido principalmente por dos demandas; la potencia necesaria para el funcionamiento del equipo real y la potencia que se requiere para el enfriamiento de los equipos.

Estos componentes son considerados en el diseño de los equipos y sistemas de almacenamiento que buscan el mayor porcentaje de eficiencia energética disminuyendo el costo de enfriamiento aprovechando recursos naturales para climatizar el ambiente. Los data center de vanguardia están siendo situados en lugares donde el aire es demasiado frío como por ejemplo zonas árticas, obteniendo de esta manera la disminución de costes en los elementos de refrigeración y electricidad.³⁴

³³ Mark Fontecchio. "HP Thermal Zone Mapping plots data center hot spots." 2010. 7 Feb. 2014 <<http://searchdatacenter.techtarget.com/news/1265634/HP-Thermal-Zone-Mapping-plots-data-center-hot-spots>>

³⁴ James Holloway. "Fjord-cooled data center in Norway claimed to be world's ... - Gizmag." 2011. 7 Feb. 2014 <<http://www.gizmag.com/fjord-cooled-data-center/20938/>>

CAPÍTULO 3

3. CONCEPTOS GENERALES

3.1 Aire acondicionado

El acondicionamiento es el proceso de alteración de las propiedades del aire como se muestra en la figura 3.1, siendo por lo general temperatura y humedad, provocando de esta manera mantener condiciones favorables dentro de un determinado espacio físico. Usualmente el acondicionamiento de aire hace referencia a cualquier configuración tecnológica de calefacción, refrigeración o ventilación que modifique las condiciones del aire interior.³⁵

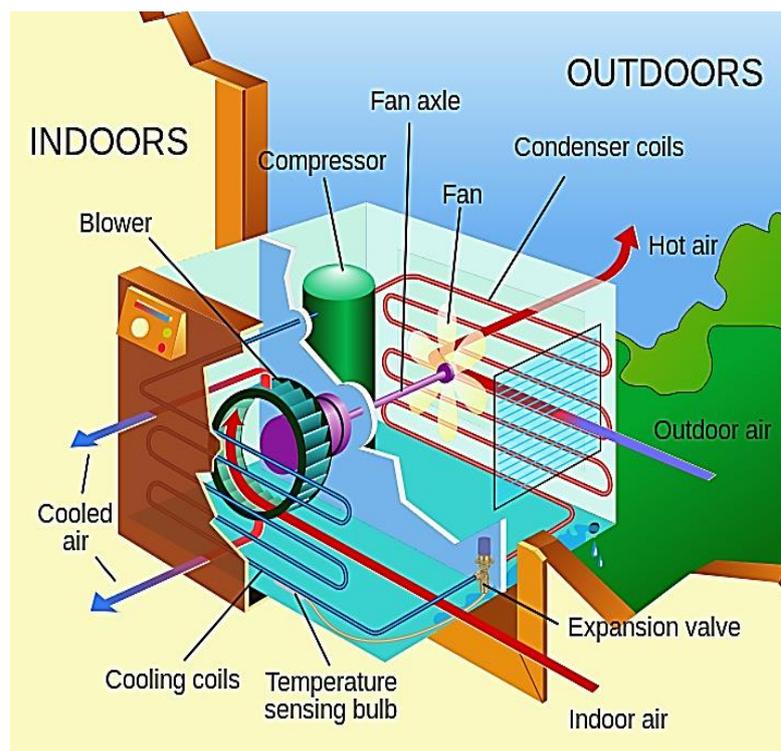


Figura 3.1 Unidad de aire acondicionado tipo ventana

FUENTE: Own work by uploader; The New Book of Knowledge 1997. p. 102

³⁵ "Fundamentals of HVAC Systems : [A Course Reader]." 2013. 10 Feb. 2014
<http://kntu.ac.ir/DorsaPax/userfiles/file/Mechanical/OstadFile/dr_sayadi/Funda.PDF>

3.1.1 Acondicionador de aire

Es un sistema o mecanismo diseñado para el cambio de temperatura del aire y humedad dentro de un área física específica, dedicado a la calefacción o refrigeración dependiendo de las propiedades del aire en un instante determinado.

El proceso de refrigeración se lo efectúa empleando un ciclo de refrigeración o evaporación, buscando así comodidad de refrigeración en salas de edificios o automotores.

El acondicionamiento de aire asimismo puede ser efectuado por un proceso simple denominado refrigeración libre, la misma que utiliza bombas para crear una circulación de refrigerante que usualmente es agua o una mezcla de glicol a partir de una fuente de frío, la que al mismo tiempo tiene la función de disipador de calor para la energía retirada de la habitación.

En la etapa de construcción, un sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado es conocido como "HVAC" (*Heating, Ventilation, and Air-Conditioning*).³⁶

3.1.2 Energía del aire acondicionado

La energía del aire acondicionado refiere la limitación del ciclo de refrigeración por leyes de la termodinámica. Los dispositivos de aire acondicionado y bombas de calor son los encargados de transportar el calor a un determinado espacio sin modificarlo, por lo que la eficiencia térmica no se traza de manera eficaz para estos elementos. El rendimiento se lo mide utilizando el coeficiente (COP), pero dicha medición no es aceptada, a diferencia del "Índice de Eficiencia Energética (EER) basado en un rango de 35°C (95°F) de temperatura exterior."³⁷

³⁶ "CHAPTER 7: HEATING, VENTILATION, AIR CONDITIONING (HVAC)." 2009. 12 Feb. 2014 <<http://www.bae.uky.edu/energy/residential/guide/english/Chapter%207%20Heating%20Ventilation%20Air%20Conditioning.pdf>>

³⁷ "Air-conditioning: Keeping cool and green | The Economist." 2010. 12 Feb. 2014 <<http://www.economist.com/node/16588677>>

3.2 Ciclo de refrigeración

El ciclo de refrigeración, es la trasportación del calor generado desde una fuente de temperatura mayor hacia una temperatura menor, es decir que posee la función de disipador de calor, como se muestra en la figura 3.2.

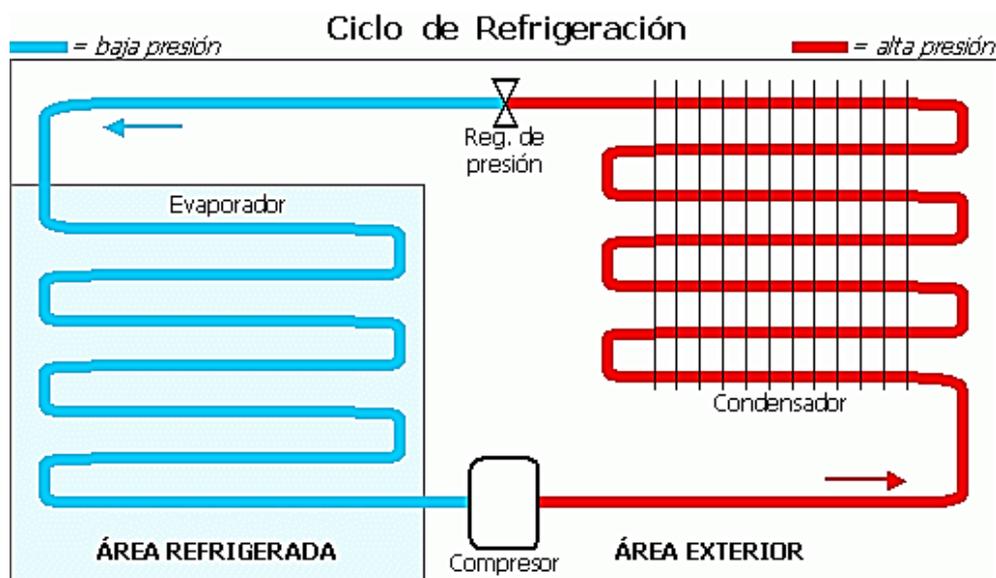


Figura 3.2 Elementos del ciclo de refrigeración

FUENTE: [Http://datateca.unad.edu.co/contenidos/332569/MODULO_332569_EXE/procesos_terminicos.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/332569/MODULO_332569_EXE/procesos_terminicos.html)

El ciclo de refrigeración se caracteriza por aprovechar los cambios de fase de operación, donde el denominado calor latente es dispersado como gas o líquido a una temperatura constante, se debe tomar en cuenta que el cambio de presión de la sustancia seleccionada para la refrigeración también modifica su punto de ebullición o condensación.

3.3 Ventilación

La ventilación es el proceso de reemplazo de aire en un espacio con la finalidad de controlar la temperatura o disminuir humedad, humo, polvo, calor, olores, bacterias del ambiente o dióxido de carbono, para restituir el oxígeno, como se muestra en la figura 3.3.

Dentro del proceso de ventilación se añade el intercambio de aire del con el exterior, así como la circulación del aire dentro de la edificación. Este factor es muy importante dentro la calidad del aire interior en fase de mantenimiento.³⁸

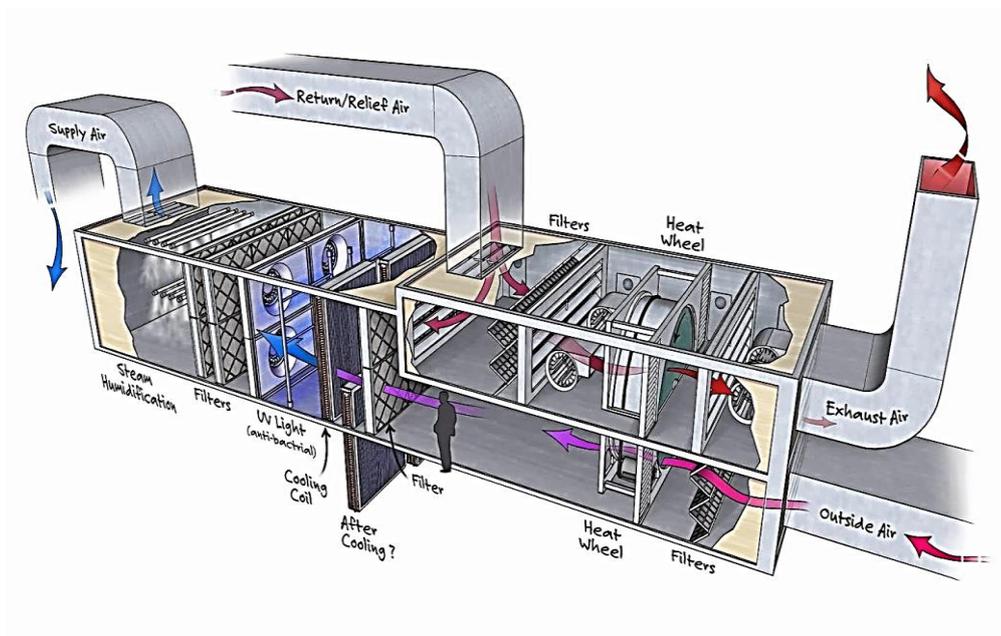


Figura 3.3 Unidad de tratamiento de aire

FUENTE: Instalaciones Térmicas y Certificación Energética

Existen dos métodos para la ventilación de un ambiente los cuales son:

3.3.1 Ventilación mecánica o forzada

Este método de ventilación es generada por un controlador de aire que se emplea para monitorear y verificar la calidad del aire interior evitando excesiva humedad, olores y contaminantes que habitualmente son controlados por medio del reemplazo con el aire exterior o por dilución, no obstante se debe considerar que en climas húmedos se necesita de más suministro eléctrico para la disminución de humedad del aire de ventilación.

³⁸ "2009 Fundamentals." 2013. 12 Feb. 2014 <http://kntu.ac.ir/DorsaPax/userfiles/file/Mechanical/OstadFile/dr_sayadi/19337425502009AshraeFundamentals.pdf>

3.3.2 Ventilación natural

Es el método natural de ventilación de un edificio, utilizando aire del exterior sin necesidad de ventiladores o sistemas mecánicos, esto se consigue con ventanas que se abran y respiraderos en el caso de que el espacio a ser ventilado sea muy pequeño. En sistemas más completos, se puede aceptar el incremento del aire caliente en la edificación puesto que son eliminadas hacia el exterior por aberturas “*efecto chimenea*”, provocando de esta manera que el aire fresco ingrese en el edificio de forma natural por medio de aberturas ubicadas en áreas bajas de la edificación, caracterizándose así por el ahorro de energía.³⁹

3.4 Filtrado

El proceso de filtrado es el tratamiento del aire utilizando filtros con el objetivo de eliminar el polvo, partículas en suspensión e impurezas. El nivel de filtrado está delimitado por la clase de equipos acondicionadores seleccionados, para la limpieza frecuentemente se utilizan filtros mecánicos que están conformados por un material poroso que obliga a que el aire pase por ella depurando partículas de polvo. Comúnmente en las instalaciones se emplean filtros de poliuretano, microfibra sintética, metal de alambre (acero/aluminio) humectados con aceite, como se muestra en la figura 3.4.

Este componente es el primero a ser colocado en el proceso de circulación de aire puesto que se encarga de resguardar al edificio sino también al mismo dispositivo acondicionador.⁴⁰

³⁹ "Plantilla ATECOS - Miliarium." 2012. 12 Feb. 2014 <http://www.miliarium.com/ATECOS/HTML/Soluciones/Fichas/Tecnicas_basicas_ventilacion.pdf>

⁴⁰ "El secreto del filtro de aire - Mantenimiento Mundial." 2009. 12 Feb. 2014 <<http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/w70.pdf>>

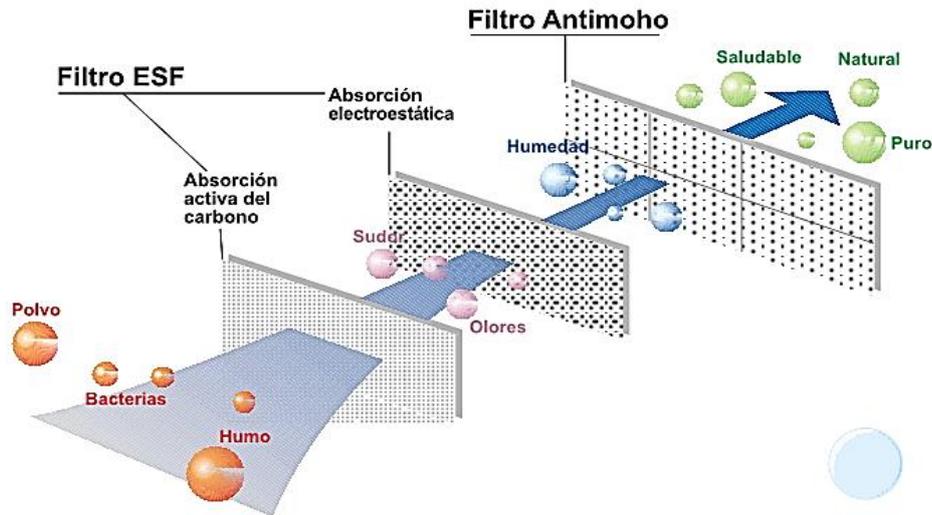


Figura 3.4 Esquema de un filtro de aire acondicionado

FUENTE: Tecnologías usadas Haier en Sistemas de Aire Acondicionado

3.5 Enfriamiento y deshumectación (Secado de Aire)

Las técnicas de enfriamiento y deshumectación se desarrollan por lo general en modo paralelo en la batería de refrigeración, con el propósito de reducir en lo posible la sensación de pesadez y malestar, cuando la humedad relativa incrementa considerablemente.⁴¹

3.6 Circulación

El objetivo del proceso de circulación es brindar movimiento de aire en zonas donde se originan estancamientos evitando de esta forma que se produzcan corrientes energéticas negativas, utilizando ventiladores de tipo centrífugo que se encargan de la circulación de caudal de aire necesario, reduciendo las resistencias de frotamiento producidas en el sistema con un mínimo ruido.

⁴¹ "Ahorro y recuperación de energía en instalaciones de climatización." 2012. 12 Feb. 2014 <http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Climatizacion_%20Ahorro_y_Recup_Inst_Climatizacion_09.pdf>

3.7 Estándares de climatización en la industria

3.7.1 ISO 16813

Una de las normas primordiales es la ISO 16813: 2006⁴² que trata de los requisitos ambientales del edificio, estableciendo los fundamentos de diseño de la construcción con el medio ambiente.

El fin del estándar es generar un ambiente interior saludable protegiendo al mismo tiempo el medio ambiente para futuras generaciones e impulsar la cooperación entre los sectores involucrados en la construcción de diseño ambiental para la sustentabilidad, convirtiéndose de esta forma en una aplicación para la modernización y construcción de actuales edificaciones.⁴³

El presente estándar de diseño ambiental tiene como objetivos:

- Otorgar restricciones relativas a los problemas de sostenibilidad, con el ciclo de vida de la planta, costo de operación o la construcción en la etapa preliminar del diseño.
- Analizar el diseño propuesto para la comodidad térmica, acústica, visual, condición del aire interior y controles del sistema de aire acondicionado en todas las fases de diseño.
- Reiterar las evaluaciones y decisiones de diseño del proceso hasta conseguir cumplir los requisitos necesarios de funcionamiento.

⁴² Yates, JA. "Coordinating International Standards: The Formation of the ISO - MIT." 2006. <<http://web.mit.edu/iandeseminar/Papers/Fall2006/Yates.pdf>>

⁴³ "ISO 16813:2006 - Building environment design -- Indoor ..." 2009. 13 Feb. 2014 <http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=41300>

3.7.2 ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers)

Es un conjunto de normas y directrices concernientes a sistemas de climatización, haciendo referencia a útiles códigos de construcción usado por ingenieros mecánicos, consultores, contratistas y arquitectos.

Las normas ASHRAE de que se adaptan a este proyecto son:

- Norma 34: Designación y clasificación de seguridad de los refrigerantes.
- Norma 55: Condiciones térmicas ambientales para el trabajo humano.
- Norma 62.1: Calidad del aire interior y ventilación.
- Norma 62.2: Ventilación y aceptable calidad del aire interior en edificios residenciales de baja altura.
- Norma 90.1: Estándar de energía para edificios (excepto edificios residenciales "Low-Rise").
- Norma 135: BACnet, es un protocolo de comunicación de datos para la el desarrollo de automatización y control de redes.
- Norma 189.1: Estándar para el diseño de alto rendimiento, edificios verdes (excepto edificios residenciales "Low-Rise").

3.8 Dinámica de fluidos computacional (CFD)

Es una división de la mecánica de fluidos que aplica métodos numéricos y algoritmos para analizar y solucionar problemas relacionados con el flujo de fluidos.

Esta rama de la mecánica de fluidos, usa computadoras con un alto nivel de procesamiento utilizando generalmente superordenadores logrando mejores soluciones al momento de realizar los cálculos necesarios de la simulación con interacción de líquidos o gases en superficies establecidas por las condiciones de entorno, como se muestra en la figura 3.5.

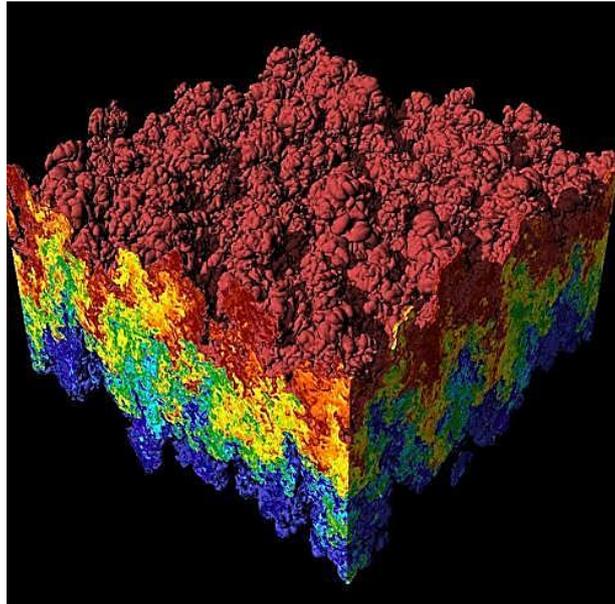


Figura 3.5 Física computacional, (Inestabilidad Raleigh-Taylor causada por mezcla de fluidos).

FUENTE: https://wci.llnl.gov/codes/visit/gallery_02.html

3.9 Metodología

En todos los planteamientos se siguen el mismo procedimiento:

- En la etapa de pre procesamiento
 - Los límites físicos del problema están establecidos (Distribución Geométrica).
 - El volumen habitado por el fluido es dividido en células discretas (malla), la misma que puede ser uniforme o no uniforme.
 - El modelamiento físico es definido; es decir ecuaciones de movimiento, entalpía y conservación de radiación.
 - Se establecen condiciones de entorno, lo que provoca que el comportamiento de los fluidos y sus propiedades sea limitado en determinada zona. En caso de problemas transitorios es necesario establecer también condiciones iniciales.

- La simulación se inicia empleando la resolución de las ecuaciones de manera iterativa en un estado de equilibrio o transitorio.
- Finalmente se efectúa el post-procesamiento para el análisis y visualización del resultado obtenido.

3.10 Métodos de discretización

El método de discretización se caracteriza por brindar estabilidad numérica en lugar de analítica a diferencia de los problemas lineales simples.

Matemáticamente se define como un proceso con el cual se consiguen resultados aproximados de la ecuación diferencial del problema.⁴⁴

3.10.1 Método de elementos finitos (FEM)

El método de elementos finitos se aplica para el análisis estructural de los sólidos, pero también es utilizada para los fluidos. Sin embargo este método requiere de atención para aseverar una solución conservadora. La formulación FEM ha sido adaptada para un uso con la dinámica de fluidos rigiéndose a sus ecuaciones.⁴⁵

Este método genera una ecuación residual descrita a continuación:

Ecuación 3.1
$$R_i = \iiint W_i Q d V^e$$

Donde R_i es el elemento residual de la ecuación en un vértice i , Q es la ecuación de conservación expresada sobre un elemento de base, W_i es el factor de peso, y V^e es el volumen del elemento.

⁴⁴ "Método de discretización." 2014. 14 Feb. 2014 <http://webs.um.es/jmz/IntroFisiCompu/Alumnos/06_Pozo_de_Potencial/archivos/discretizacion.pdf>

⁴⁵ Surana, KS. "High-Order Global Differentiability Numerical Solutions in ... - AIAA." 2003. <<http://arc.aiaa.org/Doi/abs/10.2514/6.2003-3686>>

En otras palabras el método de elementos finitos es una técnica numérica que consiste en hallar soluciones aproximadas a problemas de valores con límites para ecuaciones diferenciales utilizando métodos variacionales para minimizar la función de error y generar una función estable.

FEM comprende todos los métodos conectando las ecuaciones de elementos simples durante varios subdominios pequeños nombrados elementos finitos, aproximando de esta manera una ecuación complicada entre un mayor dominio.⁴⁶

Este método se lo comprende mejor desde su aplicación práctica, conocido como *Análisis de Elementos Finitos (FEA)*, siendo empleado en ingeniería como una herramienta de computación para la ejecución de análisis, incluyendo el usos de la generación de mallas para dividir el problema complejo en pequeños elementos, como se muestra en la figura 3.6.

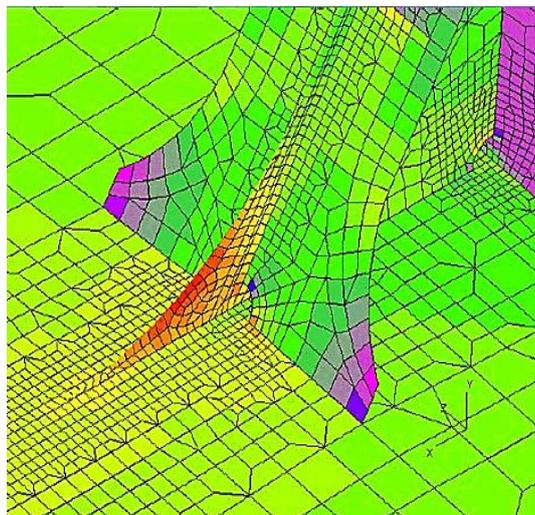


Figura 3.6 Ejemplo de mallado utilizando FEA

FUENTE: <http://www.engissol.com/analysis-libraries.html>

FEA, es una buena alternativa para el análisis de problemas de dominios complejos, por ejemplo en el instante que el dominio sufre una modificación durante una reacción de estado sólido con un determinado límite de movilidad, cuando existe variación la presión a lo largo de todo el dominio o existe suavidad de crecimiento

⁴⁶ "Elementos Finitos.pdf." 2012. 14 Feb. 2014 <[http://www.unav.es/adi/UserFiles/File/4000002130/Elementos%20Finitos\(2\).pdf](http://www.unav.es/adi/UserFiles/File/4000002130/Elementos%20Finitos(2).pdf)>

en la solución como se muestra en las figuras 3.7 y 3.8.⁴⁷

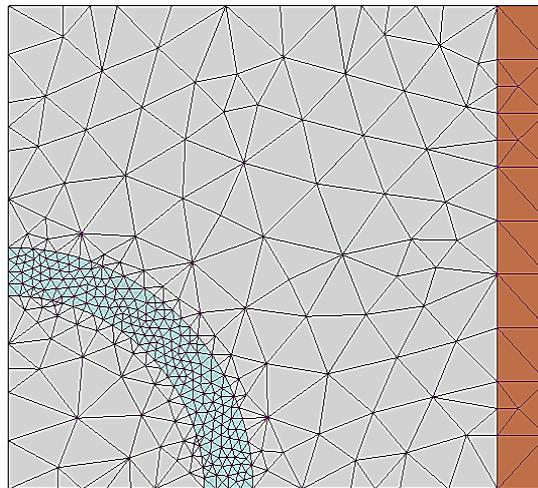


Figura 3.7 Ejemplo FEM (Método de Elementos Finitos) en dos dimensiones, de una malla cilíndrica que forma un escudo magnético

FUENTE: Self-made using Infolytica Corporation's MagNet Software.

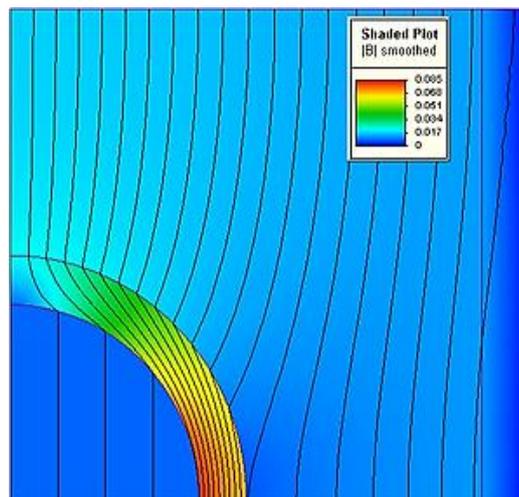


Figura 3.8 Solución FEM al problema de la gráfica superior, mostrando el ferromagnético cilíndrico que protege el área dentro del campo magnético creado por una bobina (área rectangular de la derecha). La zona interior del cilindro es de baja amplitud (color azul oscuro, con líneas de flujo magnético muy distantes), lo que asegura que el escudo funciona correctamente de acuerdo a su diseño. El color representa la amplitud de la densidad de flujo magnético como se indica en la leyenda.

FUENTE: Self-made using Infolytica Corporation's MagNet Software.

⁴⁷ Esparza, FP. "Fundamentos Matemáticos del Método de los Elementos Finitos." 2013. <http://www.dmae.upct.es/~fperiago/libros/resumen_comunicacion_periago.pdf>

3.11 Transferencia de calor

Es una especialidad de la ingeniería térmica que estudia la generación, uso, transformación e intercambio de energía térmica y calor entre sistemas físicos; la transferencia de calor está implicada en todos los fenómenos físicos y está clasificada en distintos mecanismos como la conducción térmica, convección térmica, radiación térmica, y la transferencia de energía por cambios de fase como se muestra a continuación en la figura 3.9.

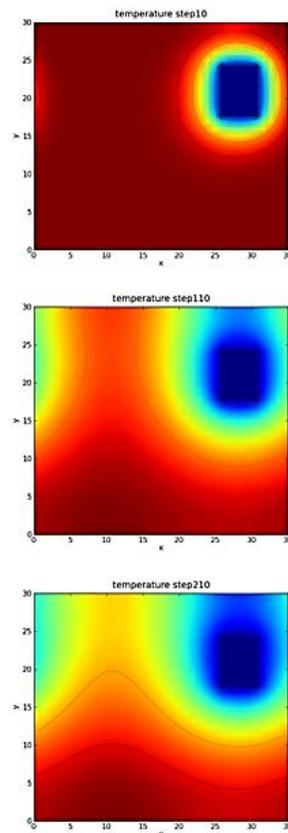


Figura 3.9 Difusión de calor

FUENTE: Trabajo realizado por Bertaklerta

El calor

Se define físicamente como la transferencia de energía térmica de una zona a otra en un cuerpo o entre distintos cuerpos, a través de un límite determinado alrededor de un sistema termodinámico; es decir el calor es energía de movimiento que fluye de un área de mayor temperatura a otra de menor temperatura, provocando el aumento de temperatura de la segunda área y disminución de la primera (*nunca fluye*

desde un cuerpo de temperatura baja hacia uno de temperatura alta), con la condición que el volumen de los cuerpos sea constante como muestra la figura 3.10.⁴⁸

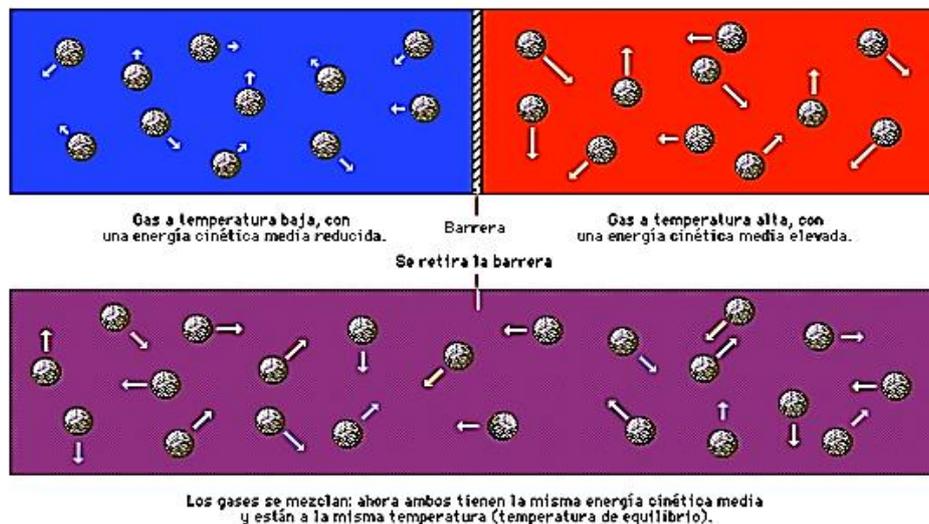


Figura 3.10 Ilustración del fenómeno físico del calor

FUENTE: <http://www.hezkuntza.ejgv>

Actualmente se han desarrollado varios métodos matemáticos para la resolución y aproximación de los resultados de sistemas, tomando en cuenta que la transferencia de calor es una función de trayectoria o proceso que es totalmente distinta a las funciones de estado, por lo que la cantidad de calor transferido es un proceso térmico que modifica el estado de un sistema, provocando una diferencia neta entre el estado inicial y final del proceso.⁴⁹

3.12 Métodos de transferencia de calor

3.12.1 Conducción o difusión

Es la energía térmica que se transfiere (*calor*), cuando los átomos cercanos vibran uno contra otro. La conducción es el frecuente medio de transmisión de calor en

⁴⁸ "CALOR. Introducción. En física, transferencia de energía de una ..." 2009. 18 Feb. 2014 <http://www.hezkuntza.ejgv.euskadi.net/r43-573/eu/contenidos/informacion/dia6/eu_2027/adjuntos/natur_zientziak/DBH1Z-03-BEROA_TENP/1-DBH1Z-03-IRAKASLE/Beroa.pdf>

⁴⁹ "A Heat Transfer Textbook, Third Edition. Version 1.31 - MIT." 2010. 18 Feb. 2014 <<http://web.mit.edu/lienhard/www/ahttv131.pdf>>

cuerpo o entre cuerpos sólidos en contacto térmico.

3.12.1.1 Conducción en estado estacionario: Es la conducción que se suscita cuando el diferencial de temperatura es constante, de forma que luego de un tiempo de estabilidad, la distribución espacial de las temperaturas en determinado cuerpo no sufran más variaciones. (*Ley de Fourier*)

3.12.1.2 Conducción transitoria: Es generada cuando la temperatura dentro de un cuerpo se modifica en función del tiempo, el estudio de este tipo de conducción es más dificultoso y a menudo necesita de la aplicación de teorías de aproximación o análisis numérico computarizado. (*Ecuación del Calor*)⁵⁰

3.12.2 Convección

Es la transferencia de calor de una zona a otra por medio de movimiento del fluido, este proceso es producido por el traslado de energía a través de una determinada masa. La circulación del fluido aumenta la transferencia de calor en varias situaciones físicas, por lo general la convección es el modo autoritario de transferencia de líquidos y gases.⁵¹

La convección es producida cuando existe movimiento de fluidos (*corrientes y vapores*) que son provocadas por fuerzas de flotación que provienen de variaciones de densidad debido a fluctuaciones de temperatura en el líquido.

La convección forzada, hace referencia a corrientes y flujos que son inducidos de manera externa, utilizando elementos como ventiladores, agitadores y bombas de corrientes artificiales.

⁵⁰ "Introductory Chemical Engineering - Pearsoncmg.com." 2012. 18 Feb. 2014 <<http://ptgmedia.pearsoncmg.com/images/9780136068549/samplepages/0136068545.pdf>>

⁵¹ "Heat Transfer; A Practical Approach [2nd Edition] - catatanabimanyu." 2011. 18 Feb. 2014 <http://catatanabimanyu.files.wordpress.com/2011/09/heat-transfer-_yunus-a-cengel_-2nd-edition.pdf>

La refrigeración o calefacción por convección es puntualizado por la *Ley de Enfriamiento de Newton*, "El índice de pérdida de calor de un cuerpo es proporcional a la diferencia de temperaturas entre el cuerpo y su entorno", demostrando que la convección no es linealmente dependiente del gradiente de temperatura.⁵²

3.12.3 Radiación

Es la energía térmica emitida por la materia a manera de ondas electromagnéticas, debido a la acumulación de temperatura por encima del cero absoluto, posee la característica de ser propagada sin la necesidad de materia a través del vacío del espacio.⁵³

La radiación es el producto de los movimientos aleatorios por parte de los átomos y moléculas, puesto que los mismos están compuestos de partículas cargadas (*electrones y protones*), provocando la emisión de radiación electromagnética encargada de llevar la energía hacia la superficie.⁵⁴

3.13 Enfoque del modelado

La transferencia de calor es uno de los fenómenos más complejos, y se lo puede modelar utilizando la *Ecuación del Calor*.

3.13.1 Ecuación del calor

Es definida como una ecuación diferencial que describe variación de temperatura en un lapso de tiempo determinado, como se indica en la figura 3.11.

⁵² "Convection Review Heat Transfer - Engineers Edge." 2004. 18 Feb. 2014 <http://www.engineersedge.com/heat_transfer/convection.htm>

⁵³ "Thermal-FluidsPedia | Radiation | Thermal-Fluids Central." 2010. 18 Feb. 2014 <<https://www.thermalfluidscentral.org/encyclopedia/index.php/Radiation>>

⁵⁴ Inenes, AG. "Spectral Beam Splitting for Increased Conversion Efficiency in Solar ..." 2013. <<http://solar.org.au/papers/02papers/1b3.pdf>>

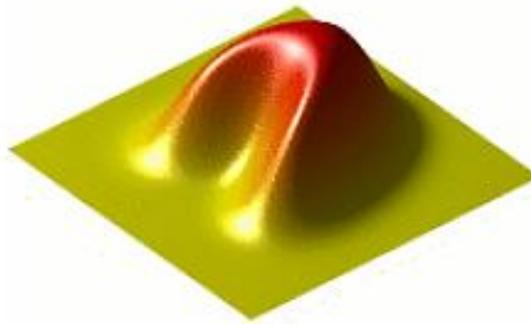


Figura 3.11 Ilustración de la ecuación del calor en dos dimensiones.

Calentamiento de una placa de metal, prediciendo que con el tiempo el área disminuirá gradualmente, iniciando en el borde hacia el interior, al final toda la placa conseguirá una misma temperatura uniforme.

FUENTE: Trabajo de Oleg Alexandrov

3.13.2 Declaración de la ecuación

Se detalla mediante una función $u(x, y, z, t)$ con tres variables espaciales (x, y, z) y tiempo variable t , la ecuación del calor es descrita a continuación.

Ecuación 3.3

$$\frac{\partial u}{\partial t} - \alpha \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) = 0$$

De una forma más general también se la puede representar

Ecuación 3.4

$$\frac{\partial u}{\partial t} - \alpha \nabla^2 u = 0$$

Donde α es una constante positiva y, Δ o ∇^2 expresan el operador de Laplace.

En la representación del fenómeno físico de variación de temperatura, $u(x, y, z, t)$ es considerada la temperatura y α la difusividad térmica, que en el caso matemático es considerado igual a 1.

3.13.3 Descripción general

Se posee una función u que describe la temperatura en una zona determinada (x, y, z) , la misma que va a variar con el tiempo de manera que el calor se vaya extendiendo por el espacio.

El objetivo principal de la ecuación de calor es determinar dicho cambio en la función u a través del tiempo, como se muestra en la figura 3.12.

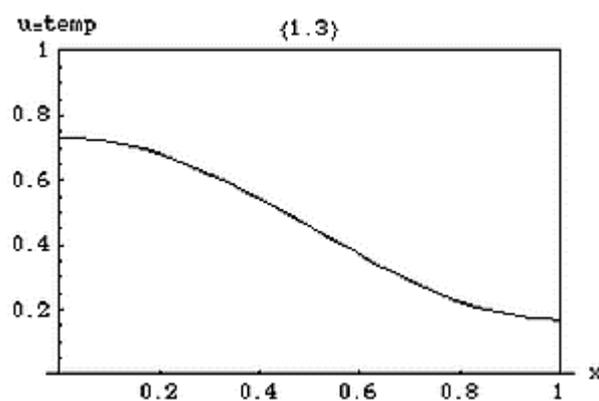


Figura 3.12 Detalle de la variación del calor en una barra de metal en función del tiempo.

FUENTE: Trabajo de Wtt

Una propiedad característica de la ecuación del calor es el principio del máximo, que señala al valor máximo de u , como una temperatura proveniente de una fuente o desde un lapso anterior en el tiempo.

Otra propiedades que incluso si la función u posee discontinuidad en un tiempo inicial $t = t_0$, la temperatura se vuelve fluida en el momento que $t > t_0$.

3.13.4 Problema físico en la ecuación

3.13.4.1 Derivación en una dimensión

La ecuación del calor es el resultado de la *Ley de Fourier* y la conservación de la energía.

La *Ley de Fourier* hace referencia a la tasa de flujo de energía de calor por medio de una superficie siendo ésta proporcional al gradiente negativo temperatura a través de dicha superficie, como se muestra a continuación.

Ecuación 3.5
$$q = -k \nabla u$$

Donde k se denomina como la conductividad térmica y u es la temperatura.

En una dimensión el gradiente es la derivada parcial, por lo que la *Ley de Fourier* se denota de la siguiente manera.

Ecuación 3.6
$$q = -k u_x$$

donde se puede deducir,

Ecuación 3.7
$$u_x = \frac{\partial u}{\partial x}$$

Es necesario mencionar que cuando existe carencia de trabajo, se produce un cambio de energía interno en el volumen del material ΔQ , el mismo que es proporcional a la variación de temperatura ΔU ,

Ecuación 3.8
$$\Delta Q = C_p \rho \Delta u$$

Donde C_p es la capacidad del calor específico

ρ es la densidad de masa del material

En el caso de que el valor de la energía sea cero a una temperatura cero puede ser expresada como

Ecuación 3.9
$$Q = C_p \rho u$$

El incremento de energía interna en una pequeña zona del material puede ser expresado

Ecuación 3.10
$$x - \Delta x \leq \varepsilon \leq x + \Delta x$$

en un periodo de tiempo,

Ecuación 3.11
$$t - \Delta t \leq \tau \leq t + \Delta t$$

siendo demostradas por la siguiente expresión,⁵⁵

Ecuación 3.12

$$C_p \rho \int_{x-\Delta x}^{x+\Delta x} [u(\varepsilon, t + \Delta t) - u(\varepsilon, t - \Delta t)] d\varepsilon = C_p \rho \int_{t-\Delta t}^{t+\Delta t} \int_{x-\Delta x}^{x+\Delta x} \frac{\partial u}{\partial \tau} d\varepsilon d\tau$$

Donde se emplea el teorema de cálculo fundamental señalando que si no existen fuentes de calor ni sumideros no se efectuará ningún trabajo, produciéndose una variación de energía en el intervalo $[x - \Delta x, x + \Delta x]$ por el flujo de calor a través de sus fronteras, siendo representada de la siguiente manera por *Ley de Fourier*,

Ecuación 3.13

$$k \int_{t-\Delta t}^{t+\Delta t} \left[\frac{\partial u}{\partial x}(x + \Delta x, \tau) - \frac{\partial u}{\partial x}(x - \Delta x, \tau) \right] d\tau = k \int_{t-\Delta t}^{t+\Delta t} \int_{x-\Delta x}^{x+\Delta x} \frac{\partial^2 u}{\partial \varepsilon^2} d\varepsilon d\tau$$

tomando en cuenta la conservación de la energía

Ecuación 3.14

$$\int_{t-\Delta t}^{t+\Delta t} \int_{x-\Delta x}^{x+\Delta x} [C_p \rho u_\tau - k u_{\varepsilon\varepsilon}] d\varepsilon d\tau = 0$$

Por el teorema fundamental del cálculo de variaciones esto es aplicable para cualquier rectángulo $[t - \Delta t, t + \Delta t] \times [x - \Delta x, x + \Delta x]$, e integrando se obtiene la siguiente forma

Ecuación 3.15
$$C_p \rho u_t - k u_{xx} = 0$$

⁵⁵ "The heat equation - Aerostudents." 2009. 25 Feb. 2014 <<http://aerostudents.com/files/partialDifferentialEquations/theHeatEquation.pdf>>

la misma que puede ser expresada también de las siguientes maneras

Ecuación 3.16
$$u_t = \frac{k}{C_p \rho} u_{xx}$$

Ecuación 3.17
$$\frac{du}{dt} = \frac{k}{C_p \rho} \left(\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \right)$$

De esta manera se genera la ecuación del calor, identificando el coeficiente α que representa la difusividad térmica.

Ecuación 3.18
$$\alpha = \frac{k}{C_p \rho}$$

Es posible la inclusión de un término adicional en la ecuación de calor, la misma que representa la pérdida de calor por la radiación, la que depende de la temperatura excesiva $u = T - T_s$ en un punto determinado en comparación con el entorno.

De igual manera en bajas temperaturas, la pérdida por radiación es aproximadamente μU , expresado en una ecuación de transferencia de calor en una sola dimensión de la siguiente forma

Ecuación 3.19

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{k}{C_p \rho} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \right) - \mu u$$

Sin embargo en temperaturas excesivamente altas, la Ley de Stefan-Boltzmann señala una pérdida proporcional neta de calor por radiación a $T^4 - T_s^4$, mostrando de esta manera que la anterior ecuación es inexacta, entonces para una gran temperatura $T^4 - T_s^4 \approx u^4$, teniendo en cuenta la ecuación de transferencia de calor se define como

Ecuación 3.20

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \alpha \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \right) - \mu u^4$$

Obteniendo así,

Ecuación 3.21
$$m = \epsilon \sigma \rho / \rho A C_p$$

Donde σ es la constante de Stefan

ϵ es una constante característica del material

ρ es el perímetro en una zona de la barra

A área de sección transversal

3.14.4.2 Problema tridimensional

En el caso específico de la propagación de la onda de calor en un medio isotrópico y homogéneo en un espacio tridimensional, se obtiene la siguiente ecuación

Ecuación 3.22

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \alpha \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) = \alpha (u_{xx} + u_{yy} + u_{zz})$$

Donde

$u = u(x, y, z, t)$ es la temperatura en función del espacio y el tiempo.

$\frac{du}{dt}$ es la velocidad de variación de temperatura en un punto en el tiempo.

u_{xx}, u_{yy}, u_{zz} son las segundas derivadas parciales de la temperatura (conducciones térmicas) en las direcciones x, y, z .

$\alpha = k / (c_p \rho)$ es la difusividad térmica, es decir una cantidad determinada del material en función de la conductividad térmica k .

ρ es la densidad.

c_p es la capacidad de calor específico a presión constante.

Como se mencionó anteriormente, la ecuación de calor es una consecuencia de la *Ley de Fourier* que hace referencia a la conducción.

Se debe hacer una importante acotación, considerando que el espacio no es el medio en el cual se va a resolver la ecuación, por lo que se deben especificar las condiciones de contorno para u , para así asegurar la obtención de resultados reales en todo el espacio destinado para el crecimiento exponencial de soluciones.

Las soluciones de la ecuación del calor se caracterizan por propagar una distribución gradual suave de la temperatura del flujo de calor de unas zonas más calientes a zonas más frías de un elemento.

3.14 Simulación computacional

Es la simulación que se efectúan en una o varias computadoras, para generar la recreación del comportamiento de un sistema utilizando un modelo computacional.

En la actualidad la simulación por ordenador se ha instaurado como una herramienta de gran utilidad como parte de la modernización matemática-física. La simulación de un sistema puede ser representado como el funcionamiento de un modelo que puede ser empleado para explorar y obtener nuevos conocimientos, por consiguiente desarrollar nuevas tecnologías para evaluar y producir soluciones analíticas del rendimiento de sistemas complejos.⁵⁶

El tiempo de simulación puede variar dependiendo del programa con el cual se vaya a ejecutar el trabajo, puesto que se puede obtener resultados en pocos minutos así como también generarlos en días, sin embargo el grado de importancia que posee la simulación computacional frente a diferentes acontecimientos ha superado de gran manera los métodos tradicionales de modelación matemática, como se muestra a continuación en las siguientes figuras.

⁵⁶ "The End of Insight - What is your dangerous idea?" 2006. 27 Feb. 2014

⁵⁶ <<http://www.edge.org/response-detail/11385>>



Figura 3.13 Diseño de una válvula de latón

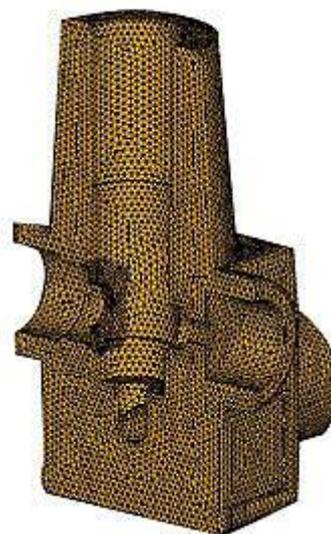


Figura 3.14 Modelo computacional

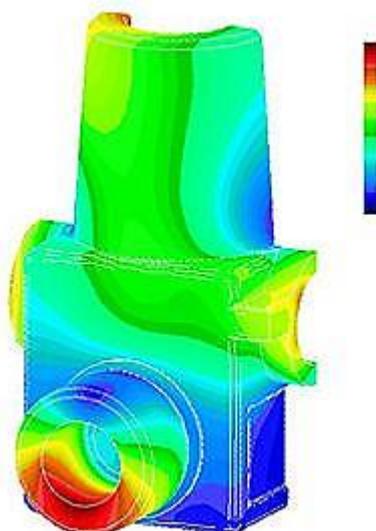


Figura 3.15 Simulación computacional



Figura 3.16 Rediseño de fundición modular

FUENTE: INTI, Instituto Nacional de Tecnología Industrial - Argentina

3.15 Simulación vs. Modelado

El modelado computacional hace referencia a los algoritmos y ecuaciones empleadas para conocer el comportamiento de un determinado sistema que está siendo estudiado, mientras que una simulación computacional describe el funcionamiento

real de un programa que contiene algoritmos y ecuaciones, en otras palabras la simulación expone el resultado de la ejecución de un modelo.

3.15.1 Preparación de datos

La simulación y el modelado tienen requisitos que varían ampliamente, pudiendo ser datos numéricos “*simulación de una forma de onda*” o como también demanda de información “*modelos climáticos-meteorológicos*”.

Las fuentes de datos pueden variar, siendo estos adquiridos por:

- Sensores y otros dispositivos físicos acoplados al modelo.
- Superficies de control empleadas para dirigir un proceso de simulación.
- Datos antiguos o actuales introducidos de manera manual.
- Valores obtenidos como subproducto de otros procesos.
- Valores de salida para la ejecución de otras simulaciones, modelos y procesos.

Una vez obtenidos los datos, estos se disponen como

- Datos “invariantes” son adquiridos frecuentemente por un modelo a base de código, ya sea porque el valor es significativo como el valor de π , o porque los diseñadores lo consideran de esta manera para un caso de interés específico.
- Los datos pueden ser introducidos al inicio de la simulación, por citar un ejemplo la lectura de un o varios archivos por parte de un procesador.
- Los datos pueden ser suministrados durante la ejecución de la simulación, por ejemplo adquisición de datos por red de sensores.

Teniendo en cuenta que los sistemas reciben datos de diferentes fuentes externas se debe prestar atención en la verificación de los mismos, constatando que esta información sea la que se necesitan. Para las computadoras es una operación sen-

cilla la lectura de valores de texto o archivos binarios, lo dificultoso es saber determinar la precisión de datos con una resolución de medición, de esta manera se produce efecto llamado *“barra de error”* que representa una desviación mínima o máxima en un rango de valores, esto es provocado puesto que la matemática del ordenador no es perfecta, redondea cifras y acumula errores de truncamiento, multiplicando un “error” de manera considerable, ante lo cual es útil efectuar un *“análisis de error”* para constatar que los valores de salida de la simulación sean apropiados.

3.15.2 Tipos de modelos computacionales

Los tipos de modelos están clasificados de la siguiente tabla 3.1 de acuerdo a sus atributos

Tabla 3.1 Clasificación de modelos computacionales

Tipo	Descripción
Dinámico	Son simulaciones que emplean cambios en las señales de entrada de un sistema para verificar que cambios se producen a la salida.
Estocástico	Son modelos que emplean generadores de números aleatorios para obtener configuraciones de sucesos aleatorios o al azar.
De eventos discretos DES	Son modelos de simulación que gestionan eventualidades en el tiempo, generalmente se las realiza en un computador utilizando una lógica de prueba y error, para así detectar fallas de lógica en el diseño.
Dinámica continua	Esta simulación desarrolla una solución numérica a partir de ecuaciones diferenciales ya sean están parciales u ordinarias, resolviendo estas ecuaciones de manera periódica utilizando números para variar el estado y salida de la simulación.
Distribuida	Estos modelos funcionan en una red de computadoras, estas hacen referencia a una simulación distribuida,

	<p>donde se incluyen varios estándares como protocolos de nivel de simulación, entre los más importantes están el Protocolo de Nivel Agregado de Simulación (ALSP), Simulación Interactiva Distribuida (DIS), Simulación de Alto Nivel de Arquitectura (HLA), y la Simulación de Prueba, Entrenamiento y Habilitación de Arquitectura (TENA).</p>
--	---

Otra manera de clasificación, es según las estructuras de datos subyacentes. Para simulaciones en tiempo continuo existen dos clases principales que son

- Las simulaciones que almacenan datos en cuadrículas rectangulares y únicamente requieren acceso de su vecino próximo para generar un código de plantilla.
- Si el gráfico subyacente no posee la forma de una malla rectangular, el modelo puede ser encasillado en la clase del método “mesh free”.

Las mencionadas utilidades de las ecuaciones definen las relaciones entre elementos del sistema modelado, tratando de encontrar un estado en el que el sistema se encuentre en equilibrio. Dichos modelos se usan por lo general en sistemas físicos, como un caso más sencillo de modelación antes de la simulación dinámica, en donde el sistema varía en respuesta a determinadas señales de entrada.

CAPÍTULO 4

4. DESARROLLO DEL PROYECTO

Este capítulo describe las consideraciones de los equipos que van a ser adquiridos posteriormente para la remodelación del data center, dichas características se detallan a continuación.

4.1 Parámetros considerados para el estudio

Los equipos mencionados van a ser seleccionados deben poseer varios parámetros que son de vital importancia en el funcionamiento del data center como los que se detallan a continuación:

4.1.1 Arquitectura - diseño

- Deben poseer una plataforma estable.
- Deben ser de instalación metodológica sin importancia de la ubicación geográfica.
- Deben Incorporar un sistema predecible de sucesos para un funcionamiento óptimo ininterrumpido.
- Debe tener agilidad en reacondicionamiento y reuso de equipamiento.

4.1.2 Proceso y soporte técnico

- La manufacturación debe constar con normas de alto nivel como son ITIL/CMM.
- Debe provenir de un proceso de mejora continua.
- Debe brindar soporte técnico adecuado para las operaciones que conllevan un óptimo funcionamiento del data center a nivel nacional.
- Debe garantizar el acceso a una amplia gama de repuestos.

4.1.3 Disminución de riesgos

- Debe minimizar el exceso de capacidad.
- Debe minimizar las paradas imprevistas de funcionamiento.
- Debe minimizar el desperdicio de energía.
- Debe minimizar los movimientos innecesarios de aire acondicionado.

4.1.4 Mayor desempeño

- Debe brindar disponibilidad 24/7 en los quipos.
- Debe poseer mayor eficiencia eléctrica.
- Debe tener acceso a una gran instrumentación en sus equipos.

4.2 Características destacadas de los equipos

Dentro de la infraestructura de un data center los equipos adquiridos poseen ciertas consideraciones indispensables como las que se muestran a continuación:

4.2.1 Componentes con los elementos correctos y mejores en su clase, promoviendo modularidad y escalabilidad lo que garantiza una mayor eficiencia, manejo ágil y crecimiento ordenado de equipos como se muestran en la figuras 4.1 y 4.2.



Figura 4.1 Indicador de mejor eficiencia en su clase.

FUENTE: Data center Eficiente, Rafael Alarcón, Enterprise District Manager Venezuela y Colombia APC by Schneider Electric

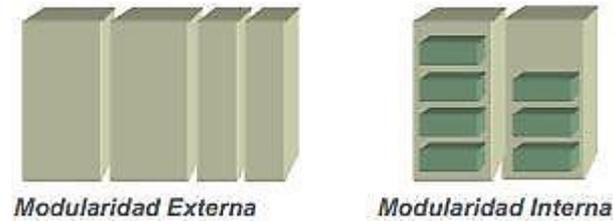


Figura 4.2 Diseño de componentes modular y escalable.

FUENTE: Data center Eficiente, Rafael Alarcón, Enterprise District Manager Venezuela y Colombia APC by Schneider Electric

El principal problema que se debe tomar en cuenta es la carga baja, puesto que un data center habitual, más de la mitad del gasto eléctrico de la infraestructura de enfriamiento y potencia es establece y no disminuye cuando la carga de TI es baja, como se indica en la figura 4.3.⁵⁷

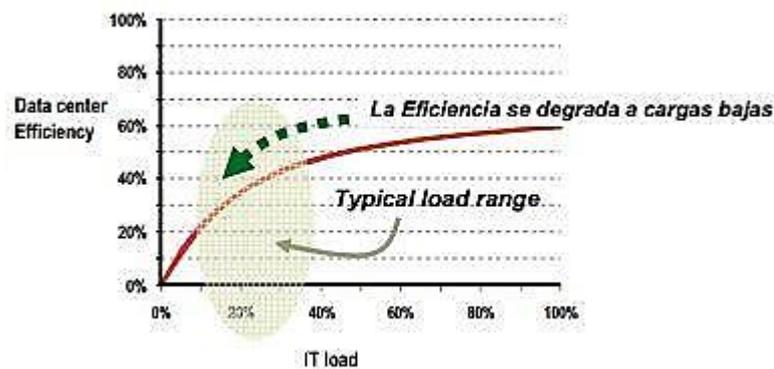


Figura 4.3 La eficiencia se degrada a medida que la carga de TI decrece así como, la carga baja es el principal contribuyente de la ineficiencia.

FUENTE: Data center Eficiente, Rafael Alarcón, Enterprise District Manager Venezuela y Colombia APC by Schneider Electric

La solución al problema antes mencionado, es un dimensionamiento adecuado mediante una eficiencia ganada por la implementación modular y escalable evitando sobredimensionamiento y cargas bajas, como muestra la figura 4.4.

⁵⁷ Fukumoto, Kunio, Nobuyuki Tamura, and Hideki Ishibashi. "Optimization of IT Load and Facility Energy in Data centers." *FUJITSU Sci. Tech. J* 46.4 (2010): 376-382.

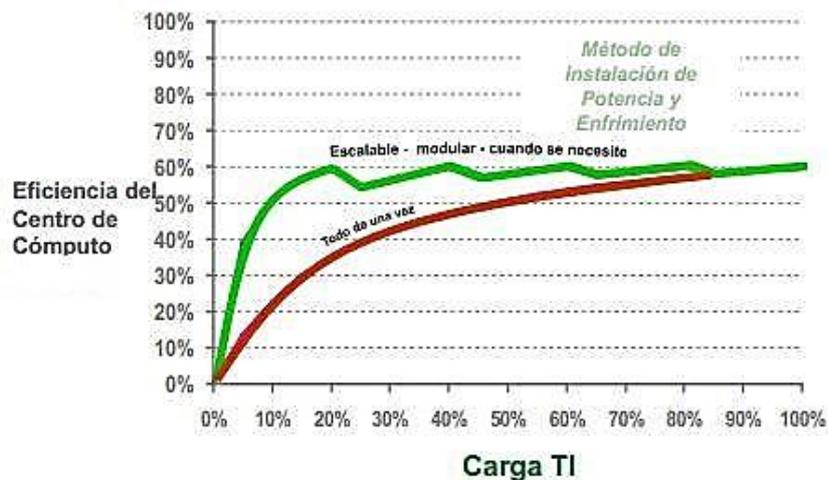


Figura 4.4 Ventajas de la implementación modular y escalable frente a la carga TI.

FUENTE: Data center Eficiente, Rafael Alarcón, Enterprise District Manager Venezuela y Colombia APC by Schneider Electric

4.2.1.1 Crecimiento escalado: El principal beneficio de emplear estándares métricos como PUE y TCO⁵⁸ radica en realizar un correcto dimensionamiento de los equipos de un data center es producir una vida útil de 10 años como mínimo, como se muestra a continuación en la figura 4.5.

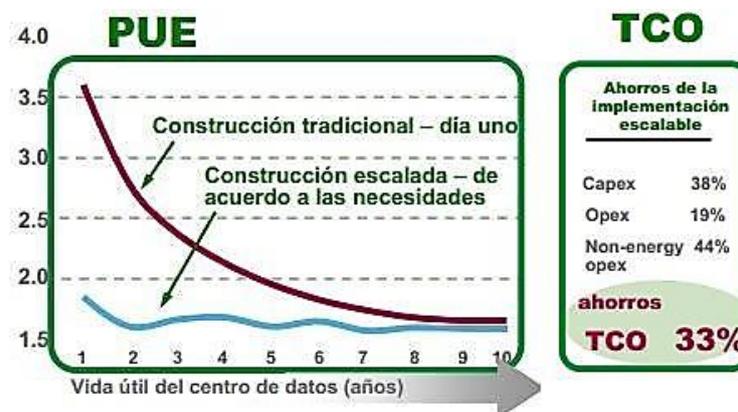


Figura 4.5 Ventajas entre estándares métricos PUE vs. TCO.

FUENTE: Data center Eficiente, Rafael Alarcón, Enterprise District Manager Venezuela y Colombia APC by Schneider Electric

⁵⁸ "Metrics for data center TCO and energy efficiency - Eurotech." 2011. 28 Apr. 2014
<<http://www.eurotech.com/en/hpc/hpc+solutions/metrics>>

4.2.1.2 *Diseño modular - escalable*: Optando por esta implementación se puede llegar a reducir hasta un 30% del consumo eléctrico al dimensionar de manera conveniente la infraestructura de potencia y refrigeración, obviando cargas bajas por ende generando un funcionamiento eficiente, como se indica en la figura 4.6.



Figura 4.6 Comparación de infraestructuras antigua frente a la modular.

FUENTE: Data center Eficiente, Rafael Alarcón, Enterprise District Manager Venezuela y Colombia APC by Schneider Electric

4.2.2 *Close-Coupled Cooling*: Brinda un enfriamiento “estrechamente-acoplado” con unidades de aire actuando de manera directa en las áreas críticas de generación de calor como se muestra en la figura 4.7.

Se puede disminuir el gasto de potencia hasta un 20% con la arquitectura de enfriamiento InRow (en fila), produciendo grandes beneficios como:

- Un enfriamiento estrechamente ensamblado previendo la recirculación de aire, tomando el calor directamente desde donde se produce.
- Los ventiladores usan menos energía a diferencia de un sistema habitual con la variación del piso falso.
- Las diferentes temperaturas de los dispositivos son continuamente ajustadas a las condiciones de set-point.
- Los costos operativos son menores, al momento de monitorear la temperatura de entrada a los dispositivos de TI y al modular la capacidad de refrigeración establecida en la demanda de refrigeración.



Figura 4.7 Esquema Close-coupled cooling

FUENTE: Data center Eficiente, Rafael Alarcón, Enterprise District Manager Venezuela y Colombia APC by Schneider Electric

4.2.3 Contención: Frena y estabiliza los flujos térmicos de aire evitando ambientes de alta densidad.

4.2.3.1 Minimiza la contaminación cruzada de temperatura con selecciones de contención térmica, generando efectos tales como:

- Simplificación del análisis del ambiente térmico.
- Favorece a la predicción de operación del sistema de refrigeración.
- Incrementa la capacidad y la eficiencia de refrigeración al regresar el aire lo más caliente posible.
- Garantiza una adecuada distribución de aire al separar los trayectos de suministro y regreso del aire.

4.2.3.2 Contención de rack:

- La contención ubicada en la parte trasera del rack impide que el aire caliente se disipe, como se indica en la figura 4.8.
- La totalidad del aire que surge de los equipos de TI, vuelve a la unidad InRow.

- La sujeción frontal destina el aire enfriado al frente de los servidores como muestra la figura 4.9.
- Soporta hasta más de 60 kW por rack (45 kW con N+1 de redundancia).

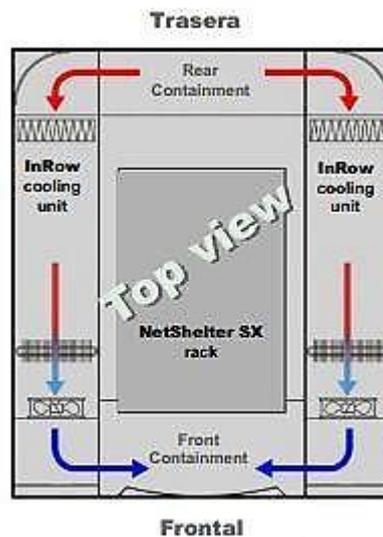


Figura 4.8 Diagrama de contención de Rack.

FUENTE: Data center Eficiente, Rafael Alarcón, Enterprise District Manager Venezuela y Colombia APC by Schneider Electric

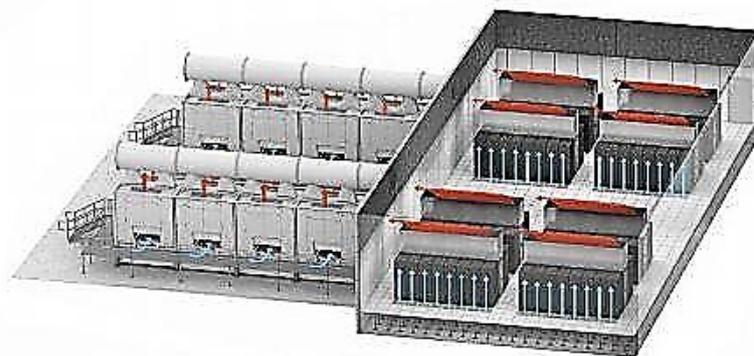


Figura 4.9 Ilustración de economizador "free cooling".

FUENTE: Data center Eficiente, Rafael Alarcón, Enterprise District Manager Venezuela y Colombia APC by Schneider Electric

4.2.4 Gestión de capacidad: Inteligencia fomentada para mejorar el uso del contenido de potencia y enfriamiento.

- Incrementa la eficacia del personal de TI con administración anticipada a la capacidad de equipos para el trabajo apropiado y ahorro de recursos económicos.
- Se acoplan ágilmente al cambio con datos en tiempo real, así como también de que elemento energizar y en qué zona enfriar.

4.3 Características de los equipos seleccionados

Nombre	Especificaciones técnicas	Gráfico
<p>4.3.1 Unidad de Aire Acondicionado</p>	<p>Tipo: Precisión Marca: HIREF Modelo: TREF0281 Capacidad: 27,1 KW Refrigerante: R-140A Servicio Eléctrico: 220V/60Hz/3Ph Tipo de Expansión: Directa - Dowflow</p> <p>Versiones DX (Expansión directa): A Unidad condensada por aire con condensador remoto D Unidad Dual Cooling condensada por aire con condensador remoto F Unidad para Free-Cooling indirecto condensada por agua Q Unidad Dual Cooling condensada por agua W Unidad condensada por agua de torre o dry cooler Z Unidad condensada por agua para agua de pozo</p> <p>Circuito frigorífico:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conexiones Rotalock para facilitar el montaje • Válvula de expansión con ecualización externa • Filtro deshidratador y visor de líquido • Relé de secuencia de fases • Presostato de alta manual y de baja automático <p>Versiones CW (para agua enfriada):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Válvula de 3 vías modulante 	 <p>Figura 4.10 Unidad de Climatización de Precisión.</p>

	<p>Configuración de aire:</p> <p>D Impulsión a falso suelo</p> <p>U Impulsión ambiente</p> <p>X Desplazamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bandeja de condensados en acero inoxidable AISI 403 • Paneles de chapa galvanizada pintada al polvo en RAL7016 (gris antracita) o RAL9002 (blanco) con las esquinas redondeadas • Tratamiento hidrofílico en batería evaporadora • Interruptor de Ú ujo de aire • Filtros G4 • Sondas de temperatura de impulsión y retorno • Ventiladores con palas curvadas hacia atrás y motores sin bobinado de serie • Total accesibilidad frontal para el mantenimiento • Compartimento del compresor separado del Ú ujo de aire • Microprocesador de control • Automáticos de protección 	
<p>4.3.2 Unidad de Distribución de Energía PDU´s Trifásico APC PD60F6K1 60kW</p>	<p>Salida</p> <p>Tensión de salida nominal: 120V, 208V 3PH</p> <p>Total máximo de corriente extraída: 167A</p> <p>Entrada</p> <p>Entrada de voltaje: 208V 3PH</p> <p>Frecuencia de entrada: 60 Hz + / - 3 Hz</p> <p>Número de cables de alimentación: 1</p> <p>Corriente de línea máxima: 167A</p> <p>Físico</p> <p>Peso neto: 460 Kg</p>	

	<p>Altura Máxima: 2057 mm Anchura máxima: 610 mm</p> <p>Profundidad máxima: 914 mm Peso del producto: 470 Kg Altura de embalaje: 2184 mm Anchura de embalaje: 914 mm Profundidad de envío: 1219 mm Color: Negro</p> <p>Ambiental Condiciones de trabajo: 0 - 40 ° C Humedad relativa de funcionamiento: 0 - 95% Altitud de funcionamiento: 0 a 999,9 metros Temperatura de almacenamiento: -15 - 45 ° C Humedad relativa de almacenamiento: 0 - 95% Elevación de almacenamiento: 0-9000 metros</p> <p>Conformidad Aprobaciones: UL 60950 Garantía estándar: 1 año de reparación o reemplazar</p>	 <p>Figura 4.11 PDU Trifásico APC PD60F6K1</p>
<p>4.3.3 Unidad de Distribución de Energía PDU's Trifásico APC PD60F6K1 40kW</p>	<p>Salida Tensión de salida nominal: 208V 3PH</p> <p>Entrada Entrada de voltaje: 208V 3PH Frecuencia de entrada: 60 Hz +/- 3 Hz Cantidad de cables de alimentación: 1</p> <p>Físico Peso neto: 230 Kg</p>	

	<p>Dimensiones de altura máxima: 2057 mm Dimensiones de anchura máxima: 610 mm Dimensiones de profundidad máxima: 914 mm</p> <p>Peso de embarque: 240 Kg</p> <p>Altura de envío: 2184 mm Anchura de envío: 914 mm Profundidad de envío: 1219 mm Color: Negro Unidades por tarima: 1</p> <p>Ambiental Ambiente operativo: 0 - 40 °C Humedad relativa de operación: 0 - 95% Elevación de operación: 0-999.9 metros Temperatura de almacenamiento: -15 - 45 °C Humedad relativa de almacenamiento: 0 - 95% Elevación de almacenamiento: 0-3000 metros Conformidad Garantía estándar: Reparación o reemplazo por 1 año</p>	 <p>Figura 4.12 PDU Trifásico APC PD60F6K1</p>
--	--	--

FUENTES: Página Web HIREF <http://www.aclimat.es/wp-content/uploads/2012/06/TREF.pdf>
 Página Web APC <https://www.apc.com/products/moreimages.cfm?partnum=PD60F6FK1&aPos=1>
 Página Web APC <http://www.apc.com/products/moreimages.cfm?partnum=PDRPPNX10-M&aPos=1>

4.4 Módulo de adquisición de datos

El proceso de adquisición de datos inicia con la identificación del fenómeno físico a ser medido, en este caso temperatura y humedad. Independientemente del tipo de propiedad que se va a medir, se debe tomar en cuenta la manera unificada con que se puede obtener la muestra para conseguir el dato enviados por el sensor.

Entonces se podría definir como un sistema de adquisición de datos a la interacción entre software y hardware permitiendo así, medir o controlar características físicas del entorno real. En este sistema DAQ se incluyen sensores y actuadores, hardware de accionamiento de señal, y el software que permitirá la recopilación de señales medidas a la PC.

El sensor es el dispositivo de tipo transductor, encargado de convertir una propiedad física en una señal eléctrica, por ejemplo termistor o un medidor de deformación.

El sistema de adquisición de datos es empleado para medir distintos atributos, su precisión varía dependiendo de los sensores utilizados, mientras más precisos existirá mayor exactitud.

El acondicionamiento de señal es inevitable cuando la señal del sensor no es muy precisa o adecuado para el hardware de adquisición de datos, donde se emplean filtros o amplificadores de señales para solucionar este problema.

4.4.1 Hardware de adquisición de datos

Es el hardware capaz de interactuar entre una señal y una computadora,⁵⁹ normalmente poseen forma de módulo para facilitar la conexión a los puertos (paralelo, serial, USB, etc.) o a su vez a ranuras de tarjetas. Las tarjetas DAQ por lo general

⁵⁹ "LOG Storm – Advanced information « Byte Paradigm." 2013. 5 May. 2014 <<http://www.byteparadigm.com/products/log-storm/log-storm-advanced-information/>>

están conformadas por componentes como multiplexores, ADC, DAC, TTL-IO, temporizadores de alta velocidad y memoria RAM, los mismos que son asequibles por medio de un microcontrolador en donde se ejecutan los programas con la misma lógica de PC.

En este caso las señales que serán tomadas para el estudio del comportamiento físico serán la temperatura y humedad, los mismos que serán almacenados en una tarjeta de memoria removible para fácil manejo de la información recopilada, misma tarjeta tendrá la función de backup del reporte diario del data center.



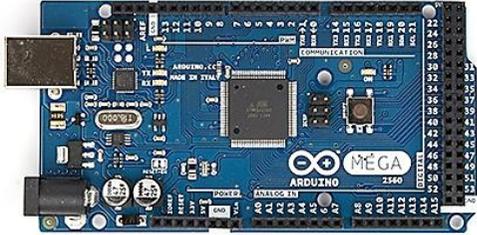
Figura 4.13 DAQ National Instruments NI USB-6006

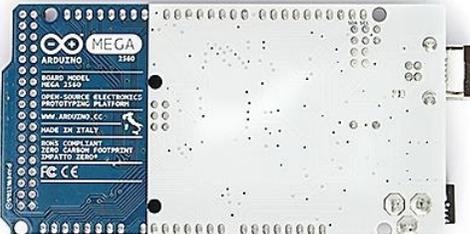
FUENTE: <http://cifpn1sjd2.wordpress.com/2011/03/10/leer-multiples-canales-con-el-daq-desde-labview/>

4.4.2 Controladores de dispositivos de adquisición de datos

Es necesario la implementación de dispositivos de adquisición de datos con el fin de que el hardware de toma de información pueda trabajar de manera compatible con una PC. El controlador de la DAQ es el encargado de realizar las escrituras de registro a bajo nivel y los mismos que serán leídos en el hardware, para lo cual se emplean varios entornos de programación.

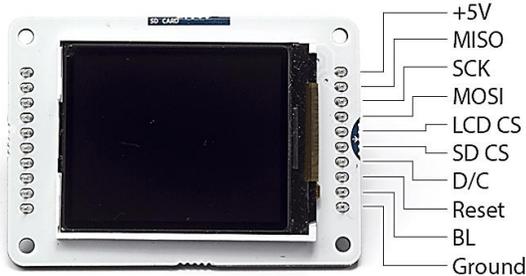
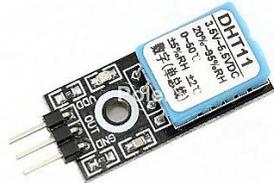
4.4.3 Elementos del módulo de adquisición de datos

Nombre	Especificaciones Técnicas	Características	Gráfico
<p>4.4.3.1 ATmega2560</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Microcontrolador: ATmega2560 • Tensión de funcionamiento: 5V • Voltaje de entrada (recomendado): 7-12V • Voltaje de entrada (límites): 6-20V • Digital I / O Pines: 54 (15 proporcionan salida PWM) • Pines de entrada analógica: 16 • Corriente continua para las E / S Pin: 40 mA • Corriente de la CC para Pin 3.3V: 50 mA • Memoria Flash: 256 KB, 8 KB por el gestor de arranque • SRAM: 8 KB • EEPROM: 4 KB • Velocidad del reloj: 16 MHz 	<p>Destacadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es compatible múltiples shields para Duemilanove o Diecimila. • El AT2560 difiere a las demás placas ya que no utiliza el chip controlador de USB a serial FTDI, en su lugar ocupa un ATmega16U2 programado como convertidor USB a serie. • Posee una resistencia de la línea 8U2 HWB a tierra, por lo que es más fácil de poner en modo DFU. • pinout: se ha añadido pines SDA y SCL cerca al pin AREF y otros dos nuevos pines colocados cerca del pin RESET, el IO-REF que permiten a los shields adaptarse al voltaje suministrado desde la pantalla. • Los shields son compatibles tanto con la tarjeta que usa AVR, que operan con 5V y con diversas placas de 3.3V. • Posee un circuito de reseteo integrado. 	 <p>Figura 4.14 Placa ATmega2560 vista frontal</p> <p>FUENTE: http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560</p>

	<p>Pines de alimentación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • VIN. Cuando la tensión de entrada a la placa trata de utilizar una fuente de alimentación externa. • 5V. Este pin es como una salida de 5V regulada por el dispositivo. • 3V3. Un suministro de 3,3 voltios generados por el regulador a bordo con 50 mA máximo. • GND. Pines a tierra. • IOREF. Este pin de la placa proporciona una referencia de tensión con la que opera el microcontrolador. 	<ul style="list-style-type: none"> • ATmega16U2 sustituto del 8U2. <p>Funciones especiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Serial: 0 (RX) y 1 (TX); Serie 1: 19 (RX) y 18 (TX); Serie 2: 17 (RX) y 16 (TX); Serie 3: 15 (RX) y 14 (TX). Se utilizan para recibir (RX) y transmitir datos en serie (TX). • Interrupciones externas: 2 (interrupción 0), 3 (alarma 1), 18 (interrumpir 5), 19 (4) interrumpir, 20 (interrumpir 3), y 21 (interrumpir 2) Estos pines pueden ser configurados para activar una interrupción en un valor bajo, un flanco ascendente o descendente, o un cambio en el valor definido. • PWM: 2 a 13 y 44 a 46 para salidas PWM de 8 bits con el () analogWrite función. • SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS) Estos pines poseen comunicación SPI. Estos pines también se desglosan en la cabecera ICSP, y físicamente son compatibles con Duemilanove y Diecimila. • LED: posee un built-in LED conectado al pin digital 13 Cuando el pin es de alto está encendido. 	 <p>Figura 4.15 Placa ATmega2560 vista posterior</p> <p>FUENTE: http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560</p>
--	--	--	--

		<ul style="list-style-type: none">• TWI: 20 (SDA) y 21 (SCL) Apoyan la comunicación TWI utilizando la librería Wire. <p>Comunicación</p> <ul style="list-style-type: none">• Posee cuatro UART para TTL (5V) de comunicación en serie, tiene un canal en la placa USB, que genera un puerto COM virtual El software incluye un monitor serial que permiten enviar los datos desde la placa, cuando sucede esto las RX y TX LED de la placa parpadean por transmisión por los pines 0 y 1. <p>Programación</p> <ul style="list-style-type: none">• Viene precargadas con un gestor de arranque que le permite subir un código nuevo sin el uso de un programador de hardware externo.• Se comunica utilizando el protocolo STK500.• Se puede utilizar el software de programación Atmel FLIP (Windows) o el programador DFU (Mac OS X y Linux).	
--	--	---	--

<p>4.4.3.2 Pantalla TFT LCD 3.2</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de colores: 65K • Resolución: 320*240 • Dimensiones: 3.2 pulgadas • Visualización: Panorámica • Conductor: SSD1289-240 RBG x 320 TFT • Alimentación: 3.3V 	<p>Diseño de pantalla</p> <ul style="list-style-type: none"> • Con 160 píxeles de ancho por 128 píxeles de alto. • Coordenadas: esquina superior izquierda 0,0 / esquina superior derecha 0, 159 / esquina inferior izquierda 127,0 / esquina inferior derecha 127,159. <p>Colores</p> <p>Puede demostrar color de 16 bits:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El rojo y el azul tienen 5-bits de resolución cada uno (32 niveles de rojo y azul), • El verde tiene 6-bits de resolución (64 niveles diferentes). • Para mantener la relación con aplicaciones, en valores de 8 bits los canales rojo, verde y azul (0-255), en escalas de los colores. 	 <p>Figura 4.16 Itead 3.2 Tft Lcd Touch Shield</p> <p>FUENTE: http://imall.iteadstudio.com/im120417021.html</p>
--	---	--	--

		<p>Biblioteca</p> <ul style="list-style-type: none"> • La TFT está apoyada en las bibliotecas Adafruit GFX encargada de las rutinas de dibujo y la ST7735 Adafruit en la compatibilidad de dispositivos. 	 <p>Figura 4.17 Esquema de conexión de pines Tft Lcd Touch Shield</p> <p>FUENTE: http://www.electfreaks.com/wiki/index.php?title=3.2%22_TFT_LCD_Screen_Module</p>
<p>4.4.3.3 Sensor de temperatura y humedad DHT11</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentación: $3Vdc \leq Vcc \leq 5Vdc$ • Señal de Salida: Digital • Rango de medida Temperatura de 0 a 50 °C • Precisión Temperatura: ± 2 °C • Resolución Temperatura: 0.1°C • Rango de medida Humedad: De 20% a 90% RH • Precisión Humedad: 4% RH 	<ul style="list-style-type: none"> • Permite efectuar mediciones de la humedad relativa como la temperatura, pero este elemento posee un contra que solo obtiene datos con medidas enteras (sin decimales), • Produce ya que la resolución que presenta es del 1% para la humedad relativa y de 1°C para la temperatura, pero también 	 <p>Figura 4.18 Sensor de Temperatura y Humedad DHT11</p> <p>FUENTE: http://arduino-info.wikispaces.com/DHT11-Humidity-TempSensor</p>

- Resolución Humedad: 1%RH
- Tiempo de sensado: 1s
- Tamaño: 12 x 15.5 x 5.5mm

presenta una ventaja considerable que es un valor muy económico asequible.

- Posee una señal digital calibrada con lo que garantiza una alta calidad y una fiabilidad a lo largo de considerable tiempo.
- Contiene un microcontrolador de 8 bits integrado.
- Está conformado por dos sensores resistivos que son NTC y humedad, los mismos que tiene una excelente calidad y una rápida respuesta en el proceso de adquisición de señal
- Este elemento puede medir temperatura en un rango de 0°C – 50°C y humedad entre un de rango 20% – aprox. 95%
- Posee un tamaño reducido con la capacidad de transmisión de señal hasta 20m de distancia

Protocolo

- Se el protocolo 1-wire “hilo único”, siendo esta característica importante en la integración para proyectos.

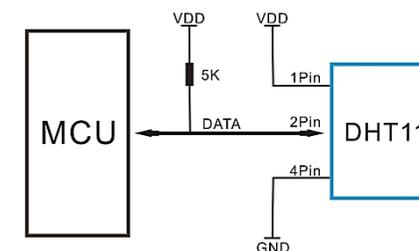


Figura 4.19 Conexión de aplicación del sensor DHT11

FUENTE: <http://rduinostar.com/documentacion/datasheets/dht11-overview/>

4.4.3.4 Módulo SD

- Ranura para tarjeta SD estándar y (TF) tarjeta Micro SD
 - Contiene un interruptor para seleccionar la ranura de tarjeta de memoria flash
 - Se conecta directamente con varios módulos sin necesidad de cables.
 - También se utiliza con otros microcontroladores
- Este shield SD genera sencillas soluciones al momento de transferir datos hacia y desde una tarjeta SD estándar.
 - El pin out es compatible con numerosos módulos, dispositivos electrónicos con prestaciones plug-play,
 - Se puede emplear con otros microcontroladores, permitiendo obtener una gran cantidad de almacenamiento y un registro de datos físico.

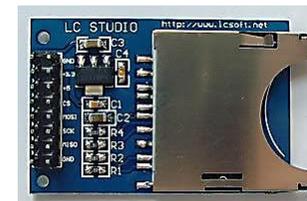


Figura 4.20 Módulo SD

FUENTE: <http://arduino-info.wikispaces.com/DHT11-Humidity-TempSensor>

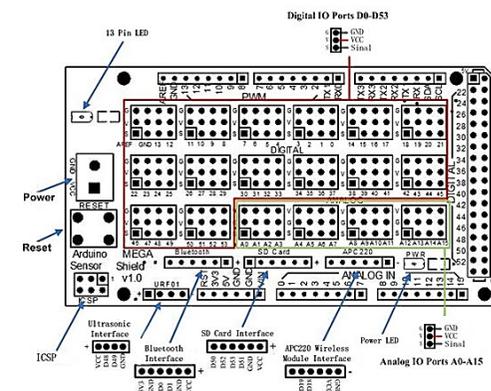


Figura 4.21 Esquema de distribución de pines
Módulo SD

FUENTE: <http://www.bajdi.com/arduino-mega-2560-and-sd-card-modul/>

4.4.3.5 Módulo Xbee

- Alimentación: 3.3V 50 mA
- Velocidad datos: 250 kbps Max
- Salida: de 1 mW (0 dBm +)
- Rango de operación: 300 pies (100 m)
- Antena incorporada
- Certificado FCC
- 6 pines de entrada ADC de 10 bits
- 8 pines IO digitales
- Cifrado de 128 bits
- Configuración local o aérea.
- Conjunto de comandos AT o API
- Rango de temperatura industrial: -40°C a 85°C

Destacadas

- Considerable alcance hasta 100 metros en línea vista entre módulos, y pueden alcanzar distancias de hasta 1.6 Km para módulos pro.
- Bajo consumo, menos de 50 mA cuando están en operación y más de 10 uA cuando están en modo de ahorro de energía.
- Posee una interfaz serial.
- Posee 65.000 direcciones para cada uno de los 16 canales habilitados, teniendo la ventaja de tener múltiples elementos en una misma red.
- Son de fácil integración e implementación.

Direccionamiento

Se emplea un ID para ejecutar le direccionamiento y ubicarse en el mismo canal del dispositivo al que se desea conectar, donde es necesario definir el parámetro CH y dirección de destino DH y DL.



Figura 4.22 Módulo Xbee

FUENTE: file:///C:/Users/asevilla/Downloads/XBee-Guia_Usuario.pdf

4.4.4 Creación del módulo de adquisición de datos

4.4.4.1 Configuración del microcontrolador ATmega2560

El microcontrolador es la unidad más significativa del módulo, ya que en este se instala y ejecuta el código previamente generado con asistencia del bootloader cuya función es preparar el microcontrolador para que pueda ejecutar el programa. Poseen un voltaje operativo es este proyecto de 9v, siguiendo la recomendación de 7-12v con un límite de 20v. La memoria EEPROM de 4KB puede ser leída o escrita con la librería EEPROM.

Fuente de alimentación externa

EL shield del Atmega2560 puede ser alimentado por medio de corriente continua provista por un conector de 3.5mm.

Pin de reset

Se empleará el funcionamiento del botón reset configurado con un valor LOW (0v) el cual permitirá realizar un reinicio al microcontrolador.

Pin Vin

El voltaje de entrada suministrado a la placa por este pin es de 9v, en el caso que se desee usar una fuente de alimentación externa se debe tomar en cuenta el valor con que se está alimentando.

Pines analógicos

Los elementos que se conectarán en estos pines poseerán una mayor precisión que los digitales pero para su efecto se debe emplear una lógica más laboriosa en los sensores de humedad y temperatura,

4.4.4.2 Configuración del software

La plataforma que se empleó para el desarrollo del proyecto está basado en lenguaje C++ por lo que soporta funciones estándar de C, aunque si existe la necesidad de utilizar otro tipo lenguaje de programación o aplicaciones más conocidas con Java, Python, Mathematica, Matlab etc., pueden usarse ya que la placa se comunica por medio de la transmisión de datos en formato serie que es una característica que soportan los programas antes citados, como se indica en la figura 4.23.

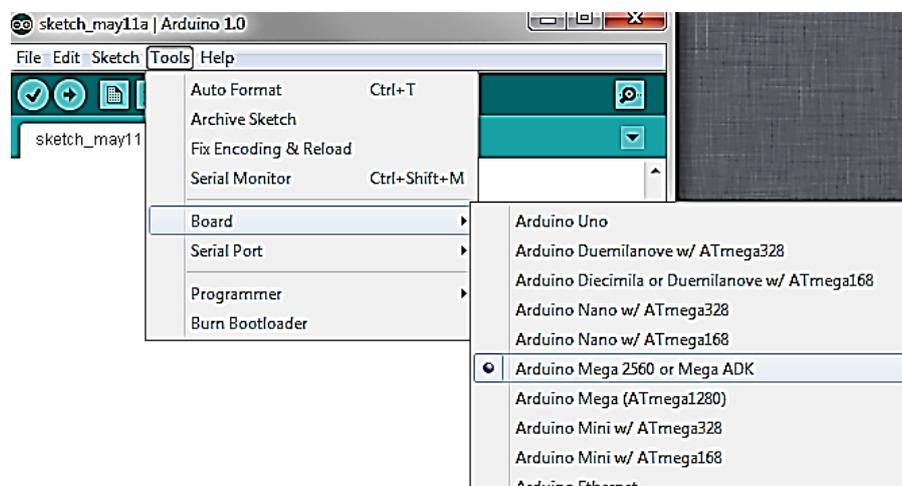


Figura 4.23 Comunicación con el módulo en plataforma de software libre

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

Menú

Esta opción se encuentra en herramientas, y desde aquí es donde se configura el programa para que se pueda comunicar con la placa del ATmega2560, previamente seleccionado el tipo de dispositivo que se va a utilizar.

En el campo de puerto serial se indica el que corresponda a placa ATmega2560 que está conectada vía USB, en este caso el sistema operativo es Windows por lo que el puerto tendrá el nombre de COMx, como se muestra en la figura 4.24.

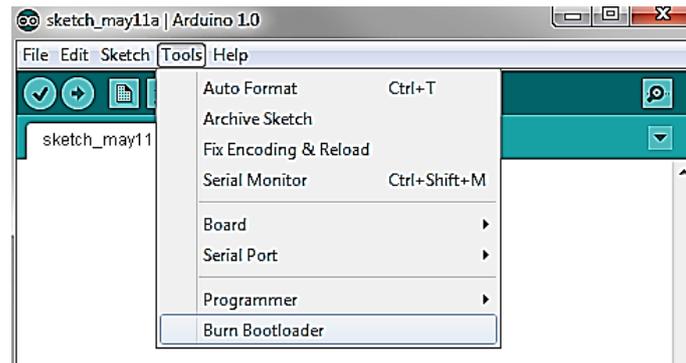


Figura 4.24 Configuración del puerto COM en plataforma de software libre

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

Editor de texto

En esta sección se escribe un texto llamado “*sketch*” el mismo que será cargado previamente a la placa del módulo. El programa generado consta de 3 partes, la primera consiste en la adición de librerías, declaración de constantes y globales las que se utilizan en múltiples funciones del programa. La segunda es el método *setup()*, que se ejecuta al iniciar el sistema y es responsable de inicializar el dispositivo acoplado a la placa. La tercera parte radica en el método *loop()* que ejecuta el código generado previamente de manera continua (*bucle*). En esta sección es donde se escribe la lógica de programación para el funcionamiento de la placa como se muestra en la figura 4.25. El programa se detalla en la parte de anexos.

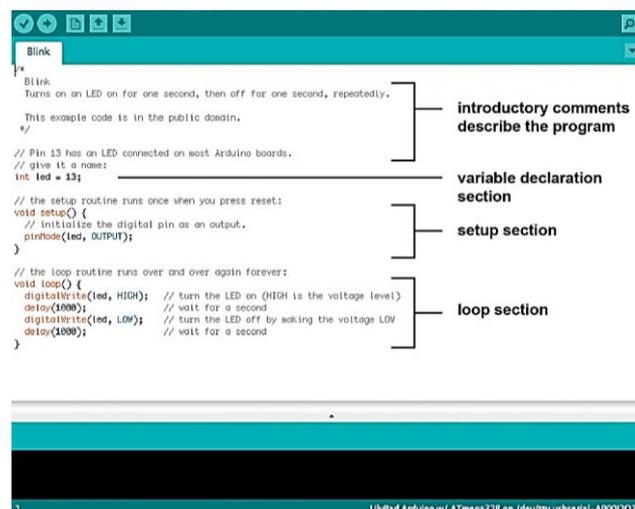


Figura 4.25 Sketch o editor de texto de la placa del módulo

FUENTE: <http://soloarduino.blogspot.com/2013/06/introduccion-facil-de-la-estructura-de.html>

4.4.4.3 Configuración y centralización de sensores

Las unidades están acoplados mediante módulos inalámbricos los cuales permiten tener un rápido acople a la placa central, estos elementos poseen librerías propias las cuales se debe implementar en el programa para acceder a estas herramientas, para lo cual en el sketch se debe escribir: `#include <nombreLibreria.h>`

Se debe considerar que para emplear sensores digitales solo existen dos posibles valores, HIGH que es un valor alto y LOW un nivel bajo, mientras que en el caso de sensores analógicos el proceso es más complejo con la ventaja de poseer una amplia configuración, puesto que debe leerse y escribir un voltaje de 0 a 5v representados en 10 bits (lectura) o en 8 bits (escritura), mostrando que la tención puede tener 1024 (lectura) o 256 (escritura) valores distintos.

Los sensores digitales tiene que ser inicializados como pin de salida con el método `pinMode(numeroDePin,OUTPUT)`. Para poder acceder a la lectura de datos que producen los sensores, es necesario el método `digitalRead(numeroDePin)` en este caso como se utilizan sensores analógicos no se requiere esta fase de inicio, pero se utiliza `analogRead(numeroDePin)`, cabe señalar que se asignó una variable de lectura para recibir cada uno de los métodos con el motivo de obviar el llamado a la misma función en caso que se la necesite más de una vez.

4.4.4.4 Configuración de interfaz y comunicación

El objetivo primordial de la interfaz es ofrecer comunicación entre el sistema y el ser humano, proporcionando interacción de eventos táctiles para poder causar operación.

La configuración de la comunicación se realiza entre placas de manera inalámbrica, utilizando el aire como medio de circulación de información mediante la modulación de ondas electromagnéticas.

Puerto serie virtual

La conexión se la efectúa por medio de un puerto serie “*virtual*” que es una interfaz de comunicación de datos digitales, comúnmente manipulada por computadoras donde la información se trasmite bit a bit enviando un solo bit a la vez a diferencia que con el puerto paralelo que envía de datos de manera simultánea.

Este método de comunicación se emplea para el enlace entre la PC y la placa, o a su vez entre múltiples placas. Este puerto consta de un canal de recepción y otro de transmisión haciendo que el punto de recepción de un dispositivo esté conectado con el de transmisión del otro dispositivo. Las placas del módulo disponen de por menos un puerto serie compuesto por los pines digitales 0(rx) y 1(tx). Al conectar un cable de USB de la placa al ordenador se aprovecha este puerto serie configurando la velocidad de datos en bits por segundo (baudios) para la transmitir los datos.

Para el inicio de funcionamiento del puerto se establecen los baudios que serán utilizados con la función *begin(speed)* de la librería *Serial*, siendo lo más recomendable predefinir 9600 baudios, dicho proceso se lo efectúa en la fase de configuración de la placa con el comando *setup()*.

La placa del módulo posee un buffer de admisión de datos de 128 bytes, cuya función es *available()* la que permite conocer el número de caracteres (bytes) que están disponibles en el buffer. En caso de que existan datos almacenados en el buffer la función *read()* permite restituir el primer carácter (byte) depositado en el puerto serie para luego descartarlo del buffer, en el caso de no existir datos devolverá un valor de -1.

Es posible establecer nuevos puertos con la librería *SoftwareSerial.h* en la que se tiene que se debe especificar los pines que realizan la función de recepción y transmisión para los datos.

4.4.4.5 Montaje del módulo de adquisición de datos

Se va optar por una arquitectura de comunicación centralizada en donde el dispositivo central es una placa en lugar de un computador. La razón es que la placa brinda las características necesarias para cumplir con garantía el funcionamiento del sistema. Se disponen de dos placas la central o “*receptora*” y la del sensor “*emisor*” con lo cual resulta más sencillo hacer la elección del dispositivo que actuará como servidor, esto se realiza tomando en cuenta que la placa central es la que posee mayor capacidad de procesamiento de información, para lo que es necesario efectuar una simulación con diferentes escenarios de temperatura.

Como dispositivo acoplable se ha seleccionado un módulo Xbee Shield que se instala directamente en la placa servidor, la que posee conexión inalámbrica con la placa madre, y esta a su vez conectada a la PC mediante un cable USB, lo que permitirá la comunicación de cualquier dispositivo enlazado a la red local del módulo.

Otro método de comunicación que se emplea en el puerto serie ya es necesaria la conexión del puerto serie del receptor a una computadora mediante un cable USB, el cual interactúa directamente con el sistema y a la vez que alimenta al módulo. Además consta de un puerto serie exclusivo para la comunicación entre el emisor y el receptor. Para establecer este puerto serie se reservan los pines 2 y 3 del receptor para recibir y transmitir respectivamente mediante las placas inalámbricas. Por el lado del emisor se utilizan los pines reservados por defecto, es decir, los pines 0 y 1.

La placa del emisor puede ser alimentada de diferentes maneras pero se ha optado por aprovechar la que genera el USB del receptor, para lo que es útil conectar el pin GND de ambas placas entre sí y también el pin de +5V. Es necesario mencionar que si se desea alimentar la placa del emisor mediante un cable USB se debe cambiar el código de programación para que no emplee los pines 0 y 1, como se muestran en las figuras 4.26 y 4.27.

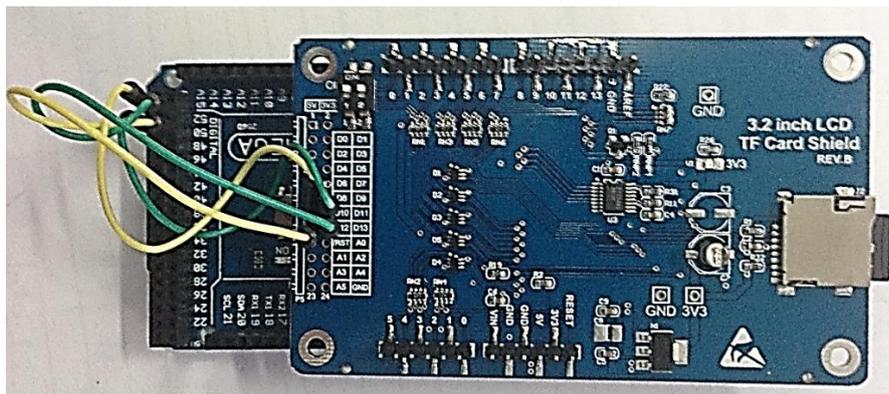


Figura 4.26 Montaje de placas Atmega2560 y Shield TFT LCD 3.2

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.



Figura 4.27 Placa receptora “madre”, conectada al sensor de temperatura de forma por medio del módulo inalámbrico Xbee

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

4.4.4.6 Funcionamiento

Parte de la manera de trabajo del módulo de adquisición de datos está comentado en el código de la placa receptora y emisora que se pueden encontrar en los archivos adjuntos del proyecto. La comunicación en el sistema está basada en una arquitectura centralizada ante lo cual se debe recordar que las órdenes van a pasar constantemente por el servidor aunque no estén destinadas a él.

El sistema es capaz de reconocer mensajes con el formato de cada una de las placas correspondientes a los sensores donde *sensor* representa al [receptor, emisor], el evento salirDeSensor el dispositivo puede ser [sensor, temperatura, humedad] y el valor un dato numérico entero que se trasmite al dispositivo solo en caso

de que sea de tipo escritura (*digitalWrite/analogWrite*), el sensor DHT11 solo puede leer logrando omitir el campo valor en para obtener la temperatura o humedad.

El receptor va a ser apto para recibir y ejecutar el evento salirDeModulo que apaga todos los sensores del data center y además actuar de servidor, este último consiste en transportar los datos destinados al módulo receptor y presentar la información al usuario ya sea por el software de programación o por una TFT. El bucle principal del receptor va a buscar mensajes por el puerto serie del USB (*Serial*) que está conectado al computador, y mediante el puerto del sensor se obtienen respuestas utilizando (*puertoSerieASensor*). Si aparece algún mensaje actuará en consecuencia, siempre y cuando la orden sea para el receptor procediendo a ejecutarla y si es para el emisor la enviará por el puerto serie reservado para este tipo de comunicación (*puertoSerieAEmisor*).

El emisor puede encender o apagar al sensor, leer la temperatura, la humedad y hacer que se ejecute el evento salirDeSensor al momento que se apague el mismo.

El código del emisor consiste en tener lectura del puerto serie, actuando y enviando una respuesta de confirmación hacia receptor.

A continuación la figura 4.28 muestra la pantalla del menú inicial del módulo de adquisición de datos.



Figura 4.28 Panel de Inicio - Módulo de Adquisición de Datos

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

4.4.4.7 Pruebas de operación

Se realizan pruebas de funcionamiento al módulo de adquisición de datos los mismos que sirven para medir el nivel de operatividad, donde se encontraron inconvenientes que se muestran a continuación:

- Se genera excesivo calor en las placas del módulo emisor, provocando que no se transmita de manera adecuada la información a la placa central o “placa madre”, lo cual es evidente puesto que el led (azul) receptor no se enciende como se muestra a continuación en la figura 4.29.

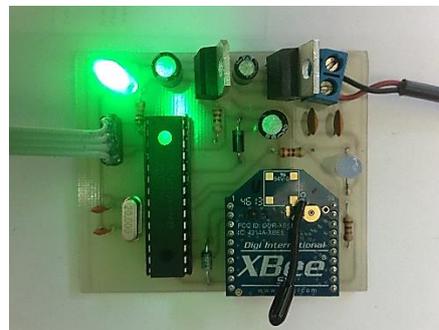


Figura 4.29 Recalentamiento de la placa y falla de transmisión de datos - Módulo de Adquisición de Datos

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

- Los modulo inalámbricos de los sensores reciben datos alterados que no concuerdan con los registros manuales de temperatura y humedad, como se muestra a continuación en la figura 4.30.

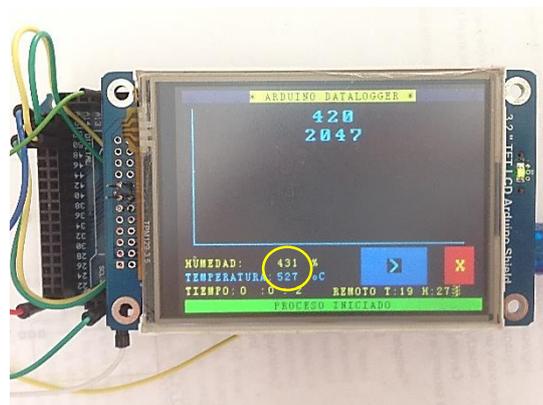


Figura 4.30 Error de recepción de datos - Módulo de Adquisición de Datos

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

- Se presenta una falla de compatibilidad entre la placa madre y el módulo SD, impidiendo que se puedan almacenar de manera adecuada los datos recibidos por los sensores, como muestra el siguiente block de notas en la figura 4.31.

```

datalog - Notepad
File Edit Format View Help
TEMPERATURA: 513 OC, HUMEDAD: 462 %
TEMPERATURA: 513 OC, HUMEDAD: 457 %
TEMPERATURA: 513 OC, HUMEDAD: 461 %
TEMPERATURA: 513 OC, HUMEDAD: 462 %
TEMPERATURA: 513 OC, HUMEDAD: 457 %
TEMPERATURA: 514 OC, HUMEDAD: 470 %
TEMPERATURA: 514 OC, HUMEDAD: 464 %
TEMPERATURA: 514 OC, HUMEDAD: 456 %
TEMPERATURA: 514 OC, HUMEDAD: 460 %
TEMPERATURA: 514 OC, HUMEDAD: 460 %
TEMPERATURA: 516 OC, HUMEDAD: 456 %
TEMPERATURA: 524 OC, HUMEDAD: 466 %
TEMPERATURA: 527 OC, HUMEDAD: 470 %
TEMPERATURA: 530 OC, HUMEDAD: 466 %
TEMPERATURA: 533 OC, HUMEDAD: 473 %
TEMPERATURA: 533 OC, HUMEDAD: 476 %
TEMPERATURA: 535 OC, HUMEDAD: 472 %
TEMPERATURA: 535 OC, HUMEDAD: 474 %
TEMPERATURA: 536 OC, HUMEDAD: 469 %
TEMPERATURA: 535 OC, HUMEDAD: 474 %
TEMPERATURA: 535 OC, HUMEDAD: 476 %
TEMPERATURA: 535 OC, HUMEDAD: 469 %
TEMPERATURA: 535 OC, HUMEDAD: 473 %
TEMPERATURA: 535 OC, HUMEDAD: 474 %
TEMPERATURA: 535 OC, HUMEDAD: 467 %
TEMPERATURA: 535 OC, HUMEDAD: 470 %
TEMPERATURA: 535 OC, HUMEDAD: 474 %
TEMPERATURA: 535 OC, HUMEDAD: 467 %
TEMPERATURA: 534 OC, HUMEDAD: 471 %
TEMPERATURA: 534 OC, HUMEDAD: 473 %
TEMPERATURA: 534 OC, HUMEDAD: 466 %
TEMPERATURA: 534 OC, HUMEDAD: 472 %
TEMPERATURA: 534 OC, HUMEDAD: 461 %
TEMPERATURA: 534 OC, HUMEDAD: 460 %
TEMPERATURA: 533 OC, HUMEDAD: 460 %
TEMPERATURA: 533 OC, HUMEDAD: 461 %
TEMPERATURA: 533 OC, HUMEDAD: 461 %
TEMPERATURA: 533 OC, HUMEDAD: 460 %
TEMPERATURA: 533 OC, HUMEDAD: 467 %
TEMPERATURA: 533 OC, HUMEDAD: 468 %
TEMPERATURA: 533 OC, HUMEDAD: 462 %
TEMPERATURA: 532 OC, HUMEDAD: 467 %
TEMPERATURA: 533 OC, HUMEDAD: 461 %
TEMPERATURA: 533 OC, HUMEDAD: 467 %
TEMPERATURA: 532 OC, HUMEDAD: 468 %
TEMPERATURA: 532 OC, HUMEDAD: 452 %
TEMPERATURA: 532 OC, HUMEDAD: 472 %

```

Figura 4.31 Error de almacenamiento en memoria SD y visualización en block de notas - Módulo de Adquisición de Datos.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

4.4.4.8 Correcciones y ajustes técnicos

Para un buen funcionamiento y confiabilidad de adquisición de datos por parte del módulo es necesario realizar las correcciones que solventen los errores suscitados durante las pruebas, como se indica a continuación:

- Se procede a solventar el problema de excesivo calor producido por los elementos electrónicos albergado en el módulo emisor realizando una redistribución de los mismos de forma que exista la suficiente disipación de calor

para la buena trasmisión de datos y óptimo funcionamiento del sistema, como se muestra en la figura 4.32.

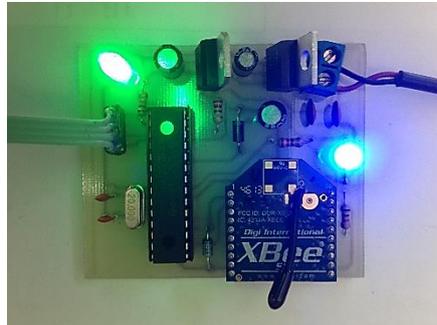


Figura 4.32 Elementos redistribuidos y optima trasmisión de datos - Módulo de Adquisición de Datos.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

- Se procede a efectuar los cambios en el código de programa para mejorar la recepción, almacenamiento y visualización de los datos, validando que estos sean reales y permitiendo que la información mostrada al usuario en la pantalla del módulo sea válida, como se muestra en la figura 4.33.

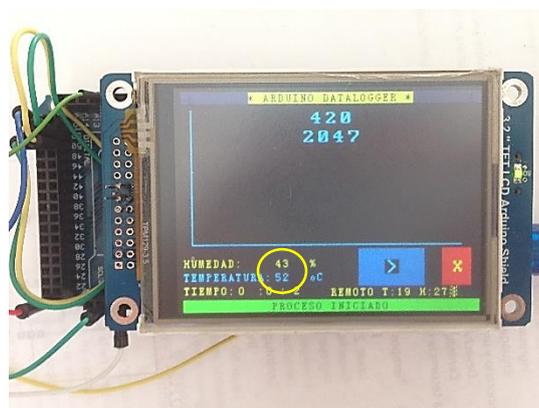


Figura 4.33 Muestra de datos válidos de temperatura y humedad para la interpretación de usuario final - Módulo de Adquisición de Datos.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

- Se procede a modificar los niveles de compatibilidad entre los dispositivos de adquisición (placa madre) y almacenamiento (modulo SD), mediante la corrección de comandos y librerías en el programa, permitiendo de esta

Tabla 4.1 Comparación de datos adquiridos.

Módulo		Panel a. acondicionado		FlowSimulation	
Temperatura	Humedad	Temperatura	Humedad	Temperatura	Humedad
23.0 °C	50.0% HR	20.8 °C	43.1 % HR	21.3 °C	49.0 % HR
Variación: 2.2°C - 6.9%HR		Variación: 0.5°C - 5%HR		Variación: 0.5°C - 5.9%HR	

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

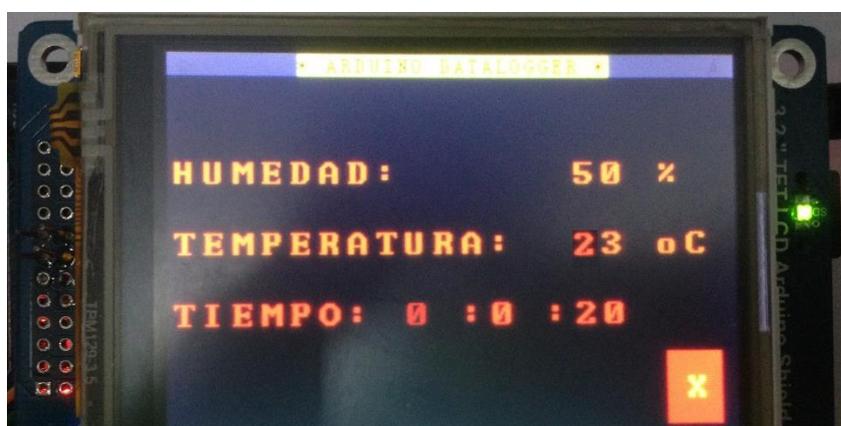


Figura 4.35 Valores obtenidos por el módulo creado

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.



Figura 4.36 Valores obtenidos por el panel de aire acondicionado

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

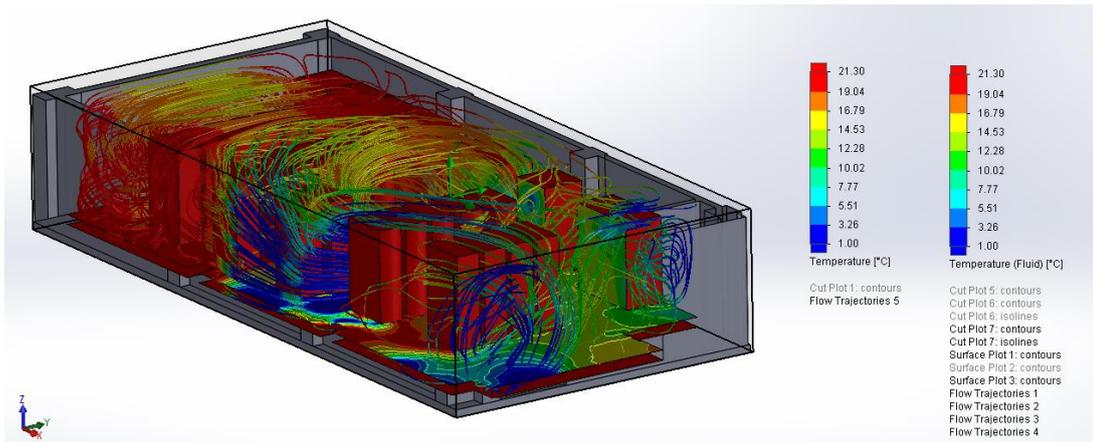


Figura 4.37 Valores obtenidos por el software de simulación
FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

4.4.4.10 Esquema de funcionamiento

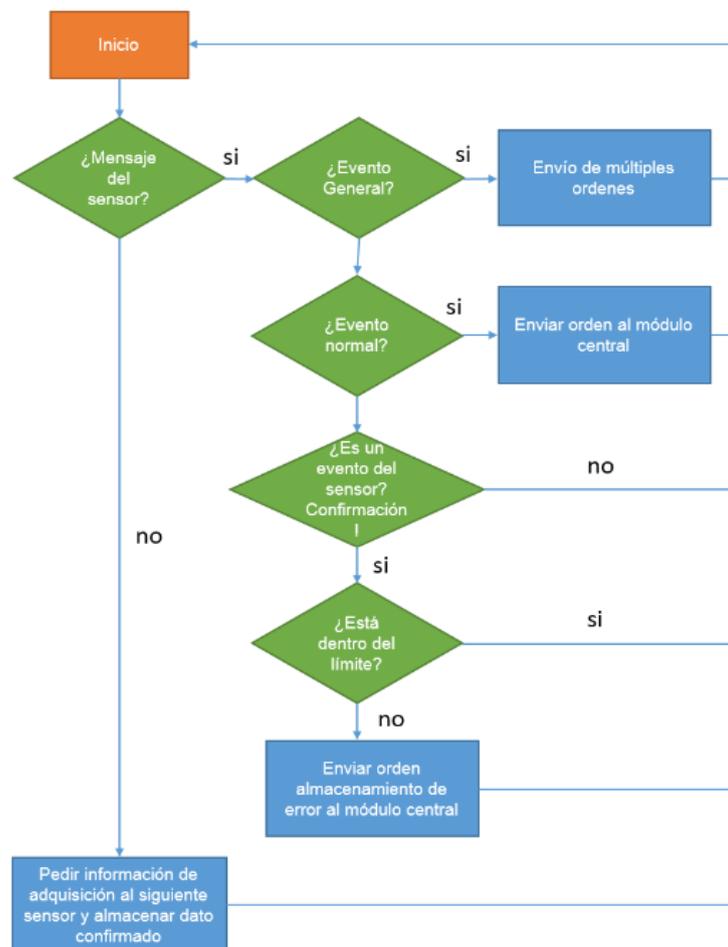


Figura 4.35 Función del módulo de adquisición de datos en arquitectura centralizada
FUENTE: Diseño de un sistema de control basado en plataforma de software libre.
 Autor, Washington C. Medina S.

4.4.4.11 Esquema de distribución de dispositivos en el data center

La distribución de los dispositivos se la realiza tomando en cuenta que el data center se ha dividido en 4 zonas para facilitar la recepción datos emitidos por los sensores, permitiendo de esta manera adquirir los datos de temperatura y humedad de los pasillos fríos y calientes de una forma sencilla como se muestra a continuación en la figura 4.36.

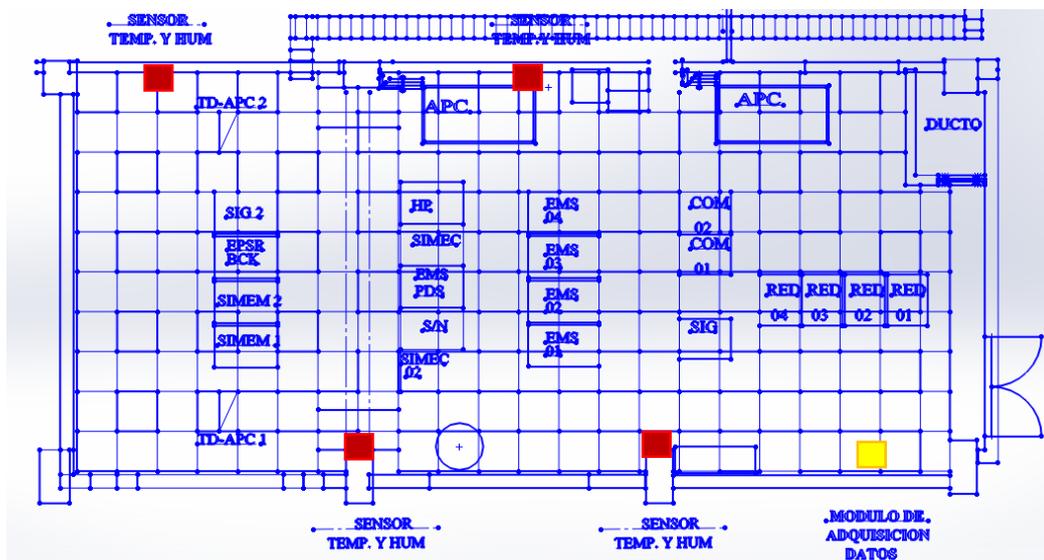


Figura 4.36 Esquema de Distribución de Sensores de Temperatura – Humedad (rojo) y Módulo de Adquisición de Datos (amarillo) en el data center de la Corporación CENACE.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

CAPÍTULO 5

5. MODELADO Y SIMULACIÓN

En este capítulo se abordan las condiciones del modelado para la simulación del data center, tomando en cuenta los datos recopilados de fuentes bibliográficas de reportes diarios realizados por operadores locales, así como también de sensores de humedad y temperatura encargados del monitoreo de los equipos alojados en la sala.

5.1 Herramientas utilizadas para el análisis y simulación

5.1.1 SolidWorks

Es un programa de diseño mecánico en 3D que posee un ambiente gráfico de fácil manejo, con la finalidad de creación de ideas de una manera ágil y efectiva. Este software está compuesto por múltiples funciones avanzadas las que ayudan al modelado de piezas, desarrollo de ensamblajes, generación de planos y demás funciones que gestionan, validan, comunican trabajos de manera fiable admitiendo diversos complementos de diseño y análisis.

5.1.2 SolidWorks FlowSimulation

Es una herramienta robusta de ingeniería que está ligada con el software de CAD 3D de SolidWorks, que facilita el modelado y simulación de fenómenos dinámicos de fluidos computacionales (CFD), como flujos de fluido, transferencia de calor y fuerzas de fluidos que son importantes para el desarrollo de un óptimo diseño mecánico⁶⁰.

⁶⁰ "SolidWorks: Software de diseño CAD en 3D." 2002. 26 Mar. 2014 <<http://www.solidworks.es/>>

5.2 Proceso de diseño en SolidWorks

5.2.1 Problemas actuales en el data center

Los equipos actualmente ubicados en el data center tienen características delimitadas, y posee mala distribución (*sin normas/estándares*) para el correcto funcionamiento y mantenimiento, influyendo factores primordiales como la temperatura y humedad de manera considerable afectando la actividad, entre los problemas se mencionan:

1. Cambio brusco de temperatura puesto que los equipos de aire acondicionado no son suficientes para disipar apropiadamente la demanda de calor que se produce en la sala.
2. Insuficiente escalabilidad en la infraestructura, puesto que por lo general se realiza una renovación de servidores cada 3 años, más no de la infraestructura. Si la infraestructura no es capaz de adaptarse a las necesidades de los equipos se producen errores en el funcionamiento adecuado de los mismos.
3. Costoso tiempo de inactividad por mantenimiento no programado, la pérdida económica que se produce en un data center inactivo es demasiado alto, por lo que la corporación está consciente de este gran inconveniente, ante lo cual lo más adecuado es adquirir un módulo de energía ininterrumpida adaptado a las necesidades de los equipos albergados.
4. Falta de monitoreo, no se ha podido establecer una herramienta determinada de simulación y adquisición de datos predeterminada para la recopilación de información acerca de los fenómenos físicos que se suscitan en el data center.
5. Nula gestión de sistemas HVAC, puesto que no han sido estandarizados, y gestionados por encargados de la infraestructura del propio sistema.

6. Escasa modularidad entre equipos, puesto que con el avance de la tecnología han creado sistemas más complejos y a su vez han aparecido mayores problemas de compatibilidad entre dispositivos, provocando fallas entre ellos.
7. Incremento de la demanda de servicios de data center, limitación a su capacidad máxima.

Todos los problemas antes descritos, pueden ser solucionados, evitando fallas en el sistema, adquiriendo nuevos sistemas tecnológicos ayudando a la gestión de información no solo en la capacidad física sino también con un costo económico asequible para la corporación como se muestra en el próximo capítulo.

5.2.2 Razones para efectuar una redistribución de equipos en el data center

Se propone una nueva distribución de todos los equipos que se encuentran dentro de la sala del data center aplicando el estándar TIA-942, con la finalidad de garantizar una temperatura y humedad óptima para el funcionamiento de los equipos ubicados en la habitación, así como también la postulación a una certificación TIER aceptable como se muestra en el capítulo II, figura 2.3

5.2.3 Propuesta técnica de redistribución de equipos, red e infraestructura

Este proyecto pretende generar una solución end-to-end, el mismo que tiene la finalidad de proporcionar una integración total de los equipos propagando eficiencia en la ubicación final de los componentes de infraestructura y red.

5.2.3.1 *Pre-moving*

Consiste en el levantamiento de información, evidencia fotográfica y documentación para el reconocimiento de todos los componentes en el plan de posición de los

equipos en los estantes, limitaciones físicas para los accesos tanto de origen como destino y pasillos de paso de los componentes.

Es indispensable realizar una programación de previstos y atenuados, es decir todos los riesgos de infraestructura, equipos, sistemas y aplicaciones propias de cada departamento.

En esta etapa se produce una plantilla o cronograma donde se detallan las consecuencias de la desconexión y reconexión de los equipos del data center, con un determinado *downtime* (*tiempo de inactividad*) previamente establecido por el cliente, que en este caso serían las diferentes áreas enlazadas directamente con la operatividad del data center.

5.2.3.2 *Moving*

En esta fase se realiza una limpieza, embalaje y desembalaje de equipos sensibles por parte de especialistas en desconexión industrial.

Luego de realizar la desconexión de equipos se procede a desvincular los mismos de acuerdo a la previa planificación mencionada en el cronograma para luego ejecutar el *power-on* verificando de esta manera la correcta funcionalidad.

5.2.3.3 *Post-moving*

En esta etapa un técnico se encarga de la vigilancia para cualquier imprevisto o eventualidad por un determinado tiempo, luego de la completa instalación y reconexión de los componentes del data center.

5.3 Condiciones iniciales para el análisis y simulación en SolidWorks

A continuación se describe detalladamente los pasos para la realización del análisis y simulación en el software de SolidWorks.

1. Luego de haber diseñado el ensamblaje del data center, se accede a la pestaña de Flow Simulation, donde se inicia el proceso de simulación seleccionando la opción “Wizard” donde aparece una pantalla como la que se muestra en la figura 5.1, en la que se preestablecen las condiciones iniciales y un nombre para el estudio.

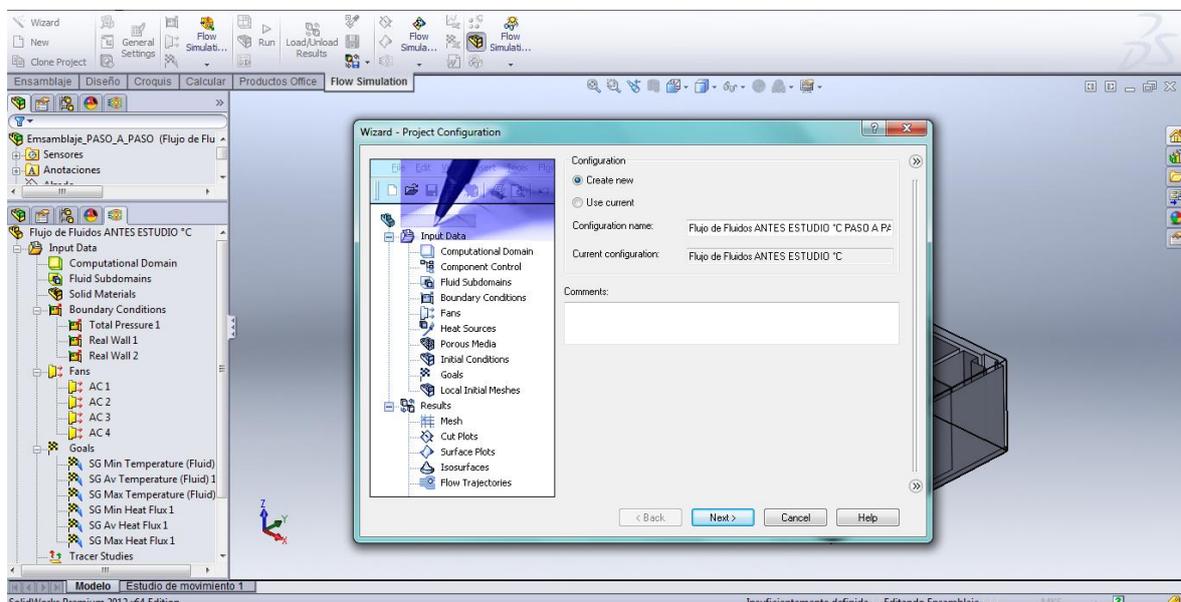


Figura 5.1 Creación de un nuevo estudio a Flow Simulation – SolidWorks.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

2. En el presente estudio se ha considerado utilizar las siguientes unidades y condiciones que se muestran a continuación en la figura 5.2.

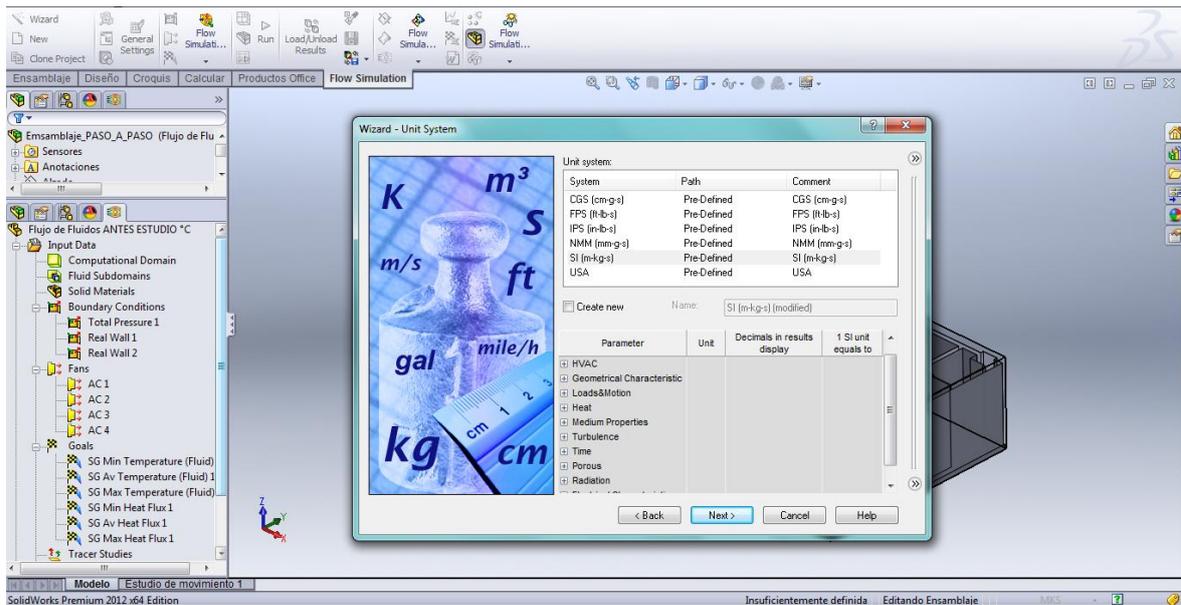


Figura 5.2 Ingreso de condiciones iniciales para la simulación en Flow Simulation – SolidWorks.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

3. Es siguiente paso consiste en seleccionar el tipo de análisis que se desea realizar, en este caso se activa el casillero “análisis interno” puesto que el estudio va orientado al comportamiento del interior de un data center, así como también la selección de factores físicos como conducción de temperatura en un sólido y radiación, los mismos que van a incidir en el comportamiento del estudio como se muestra en la figura 5.3.

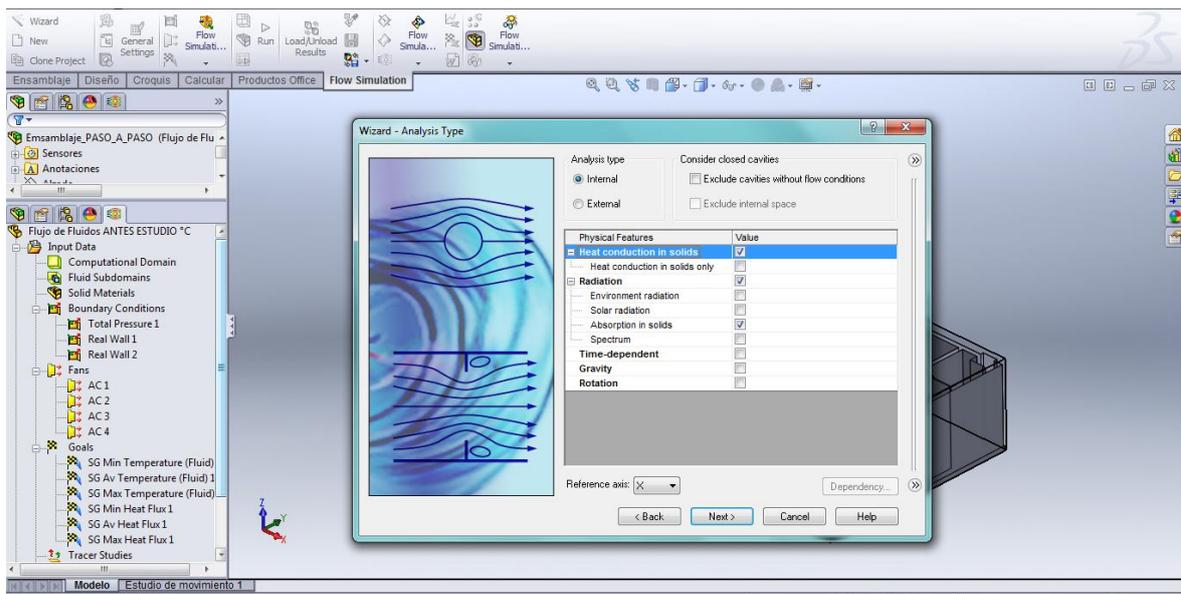


Figura 5.3 Selección de tipo de análisis y elementos físicos para la simulación en Flow Simulation – SolidWorks.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

- Luego se procede a definir al aire como tipo de fluido para el estudio, estableciendo el tipo de comportamiento y la humedad que este presenta en el data center, tal como se visualiza en la figura 5.4.

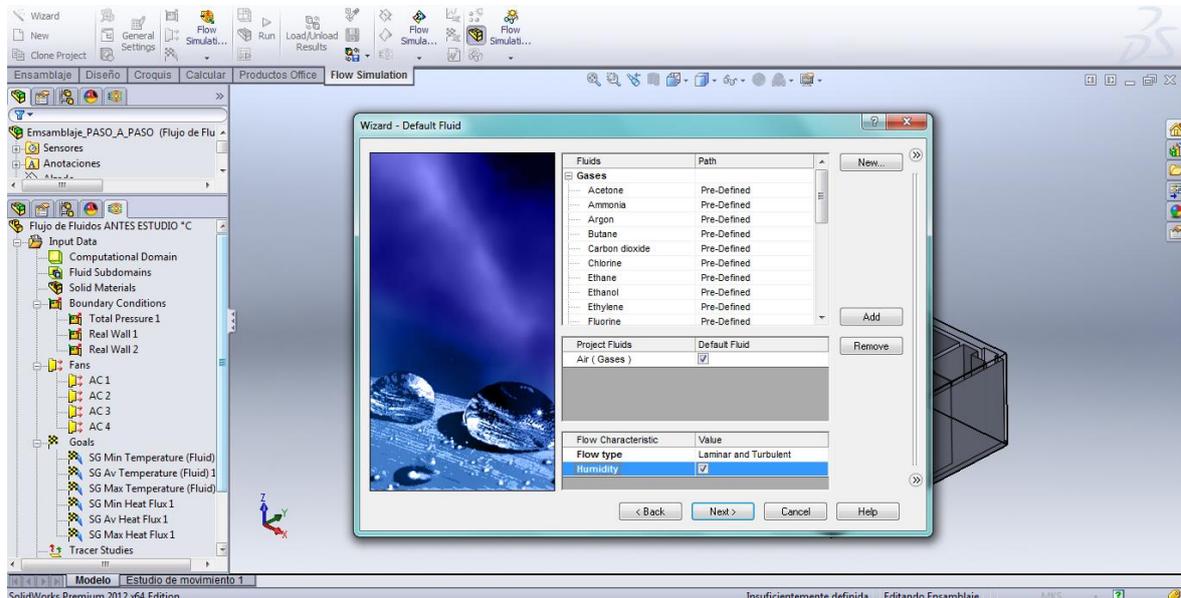


Figura 5.4 Selección de tipo de fluido y características para la simulación en Flow Simulation – SolidWorks.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

- Posteriormente se definen las características físicas que poseen los sólidos albergados dentro del data center, definiendo el material de la estructura de los racks como es acero inoxidable AISI 403 y concreto con capa de pintura para las paredes, como se indica en la figura 5.5.

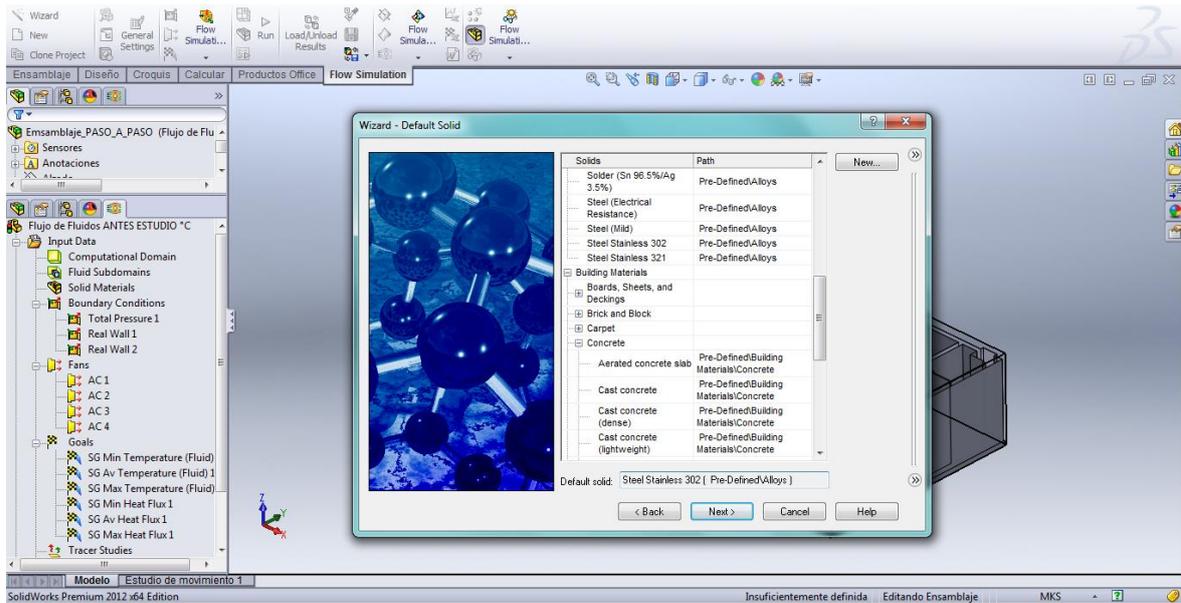


Figura 5.5 Selección de características de los sólidos Flow Simulation – SolidWorks.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

6. El siguiente paso es preestablecer las condiciones internas y que están en contacto con el fluido como se muestra en la siguiente figura 5.6, en este se selecciona una “pared adiabática” ya que la misma no produce un intercambio de calor con el exterior.

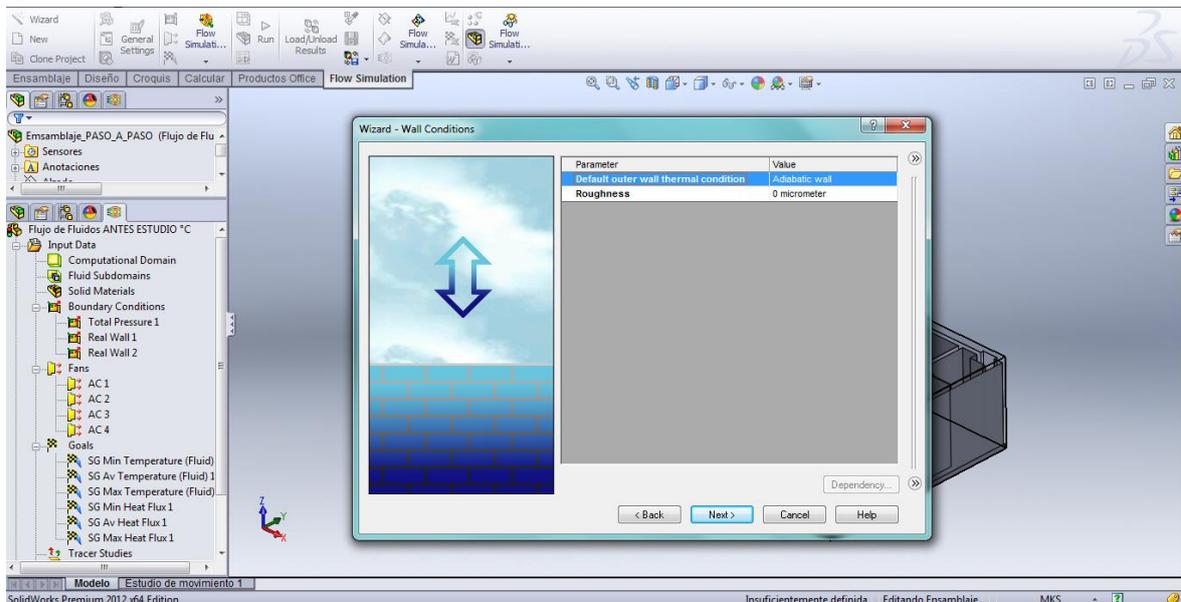


Figura 5.6 Selección de características de la pared para el estudio con Flow Simulation – SolidWorks.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

7. A continuación se puede visualizar todas las condiciones iniciales que son relevantes para el estudio como parámetros termodinámicos, velocidad de los parámetros preestablecidos, parámetros de turbulencia, parámetros del sólido y humedad relativa tal cual se muestra en la figura 5.7.

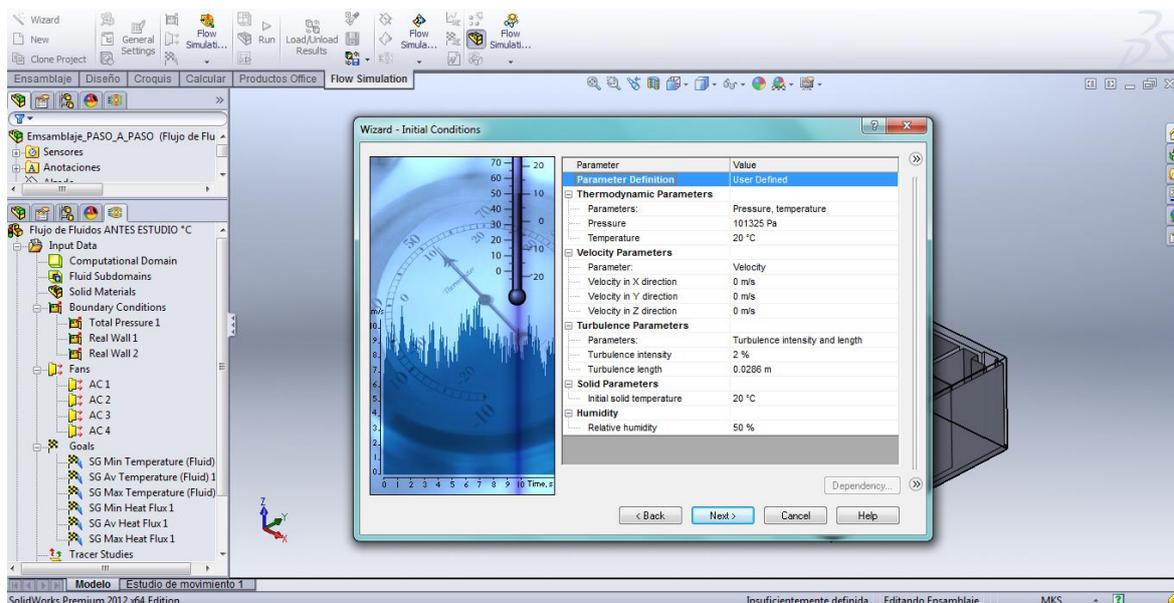


Figura 5.7 Visualización de condiciones iniciales previas al estudio con Flow Simulation – SolidWorks.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

8. Finalmente se indica la cantidad de iteraciones que debe realizar la computadora para efectuar el mallado de los componentes a ser estudiados y analizados, siendo 1 un mallado sencillo y 8 un mallado complejo, para verificar la convergencia de resultados se utilizaron diferentes niveles de mallado como son 1 (sencillo), 3 (medio) y 7 (complejo) respectivamente pudiendo constatar que el resultado no varía considerablemente, siendo este un valor válido, en este caso se selecciona un mallado estándar que corresponde a un nivel 3 ya que es el nivel que soporta el procesador de la computadora, como se indica en la figura 5.8.

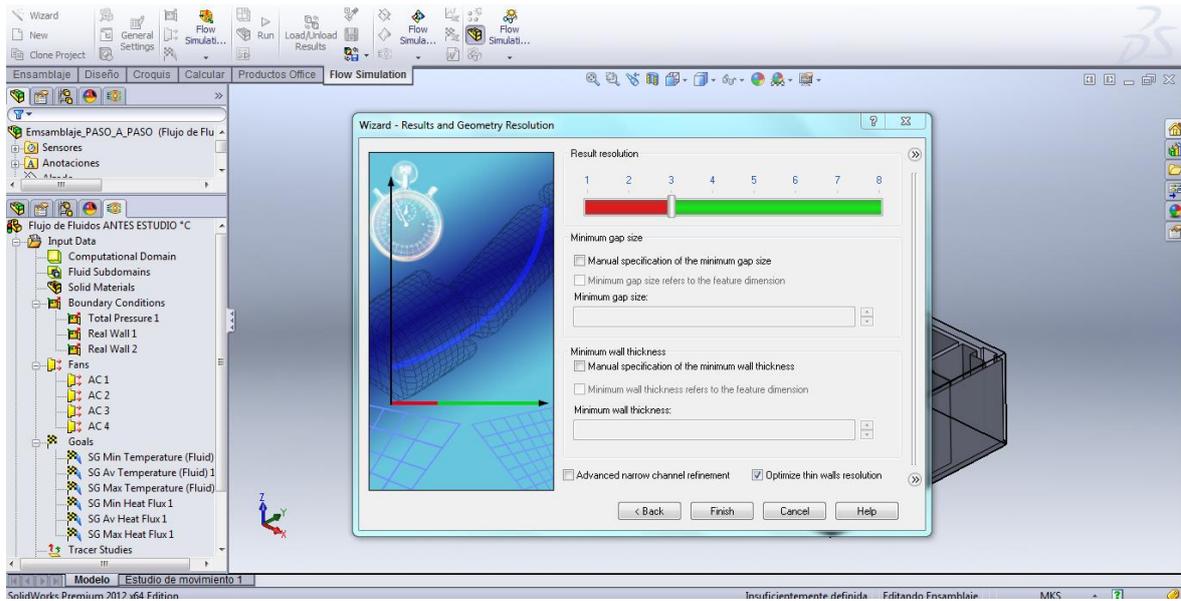


Figura 5.8 Selección del nivel de mallado del ensamblaje para el estudio con Flow Simulation.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

5.4 Proceso inicial de análisis y simulación en SolidWorks

5.4.1 Plano del data center y distribución de equipos

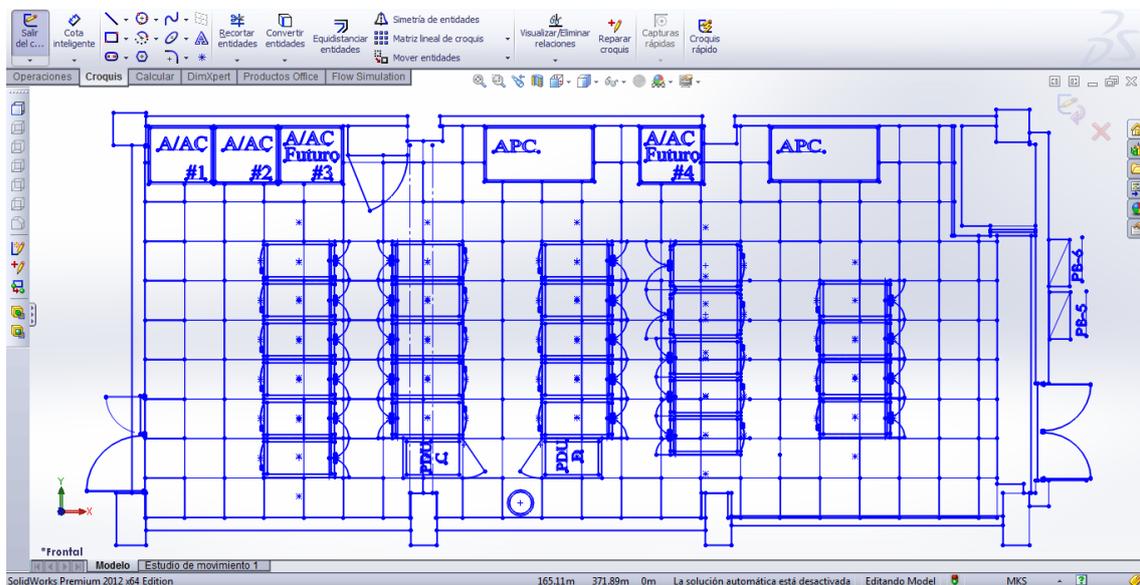


Figura 5.9 Diseño 2D de distribución de equipos del data center de la Corporación CENACE previa a la reestructuración de equipos en la habitación.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

5.4.2 Chequeo geométrico del ensamblaje

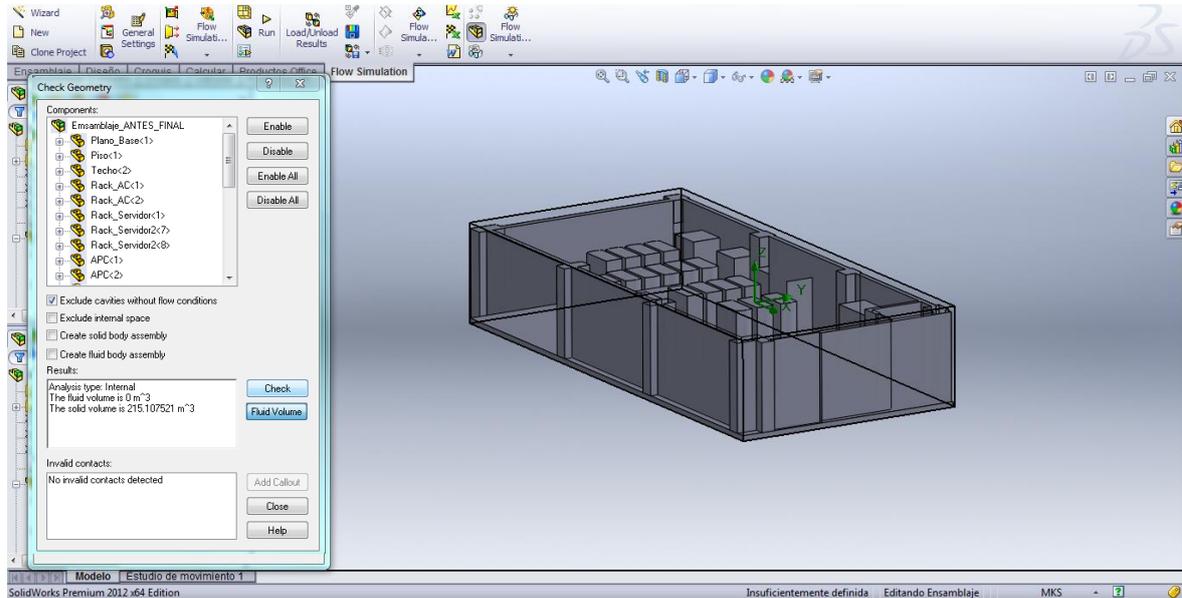


Figura 5.10 Ensamblaje SolidWorks del data center de la Corporación CENACE, antes de la simulación de temperatura y flujo de fluidos.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

El análisis muestra que el volumen de la habitación y equipos de **215.10 m³**

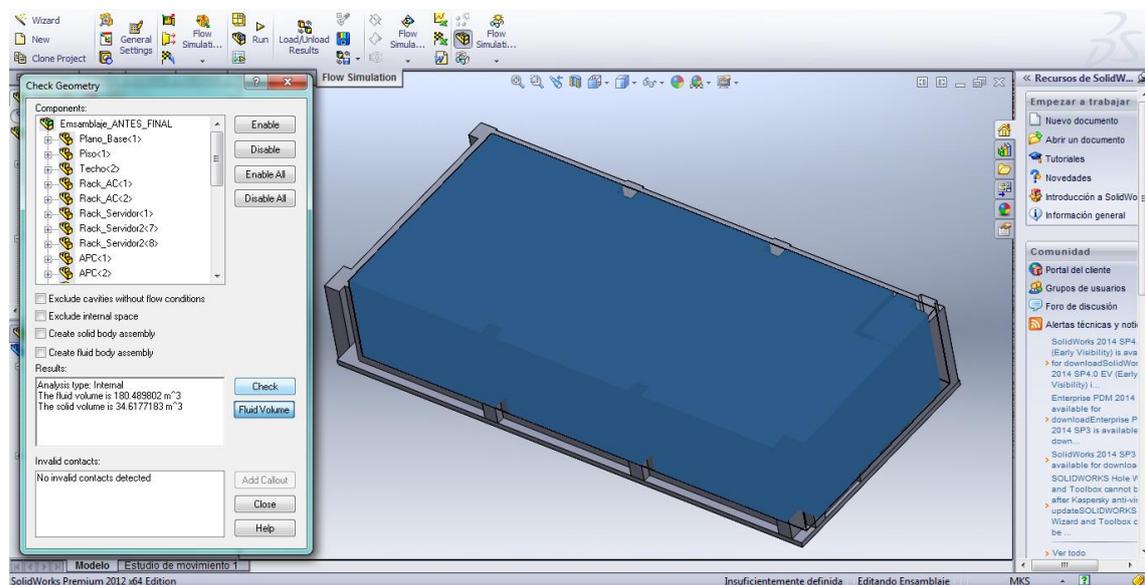


Figura 5.11 Ensamblaje SolidWorks del data center de la Corporación CENACE, volumen de fluido (aire).

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

El volumen interno de fluido de aire en la habitación es **180.48 m³**

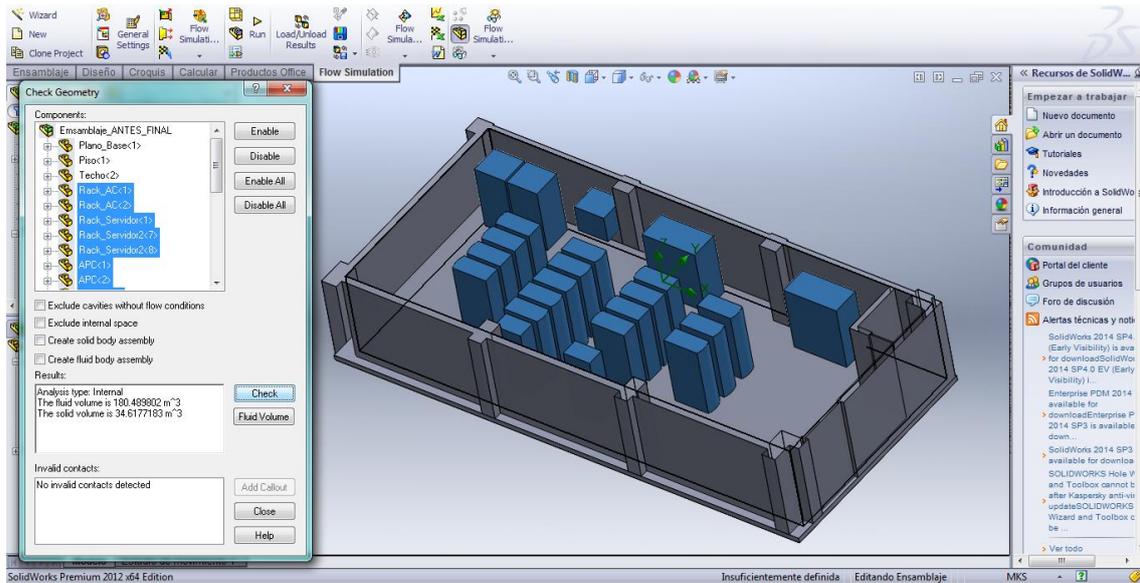


Figura 5.12 Ensamblaje SolidWorks del data center de la Corporación CENACE, volumen ocupado por los equipos.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

El análisis muestra que el volumen del ocupado por los equipos es **34.61 m³**

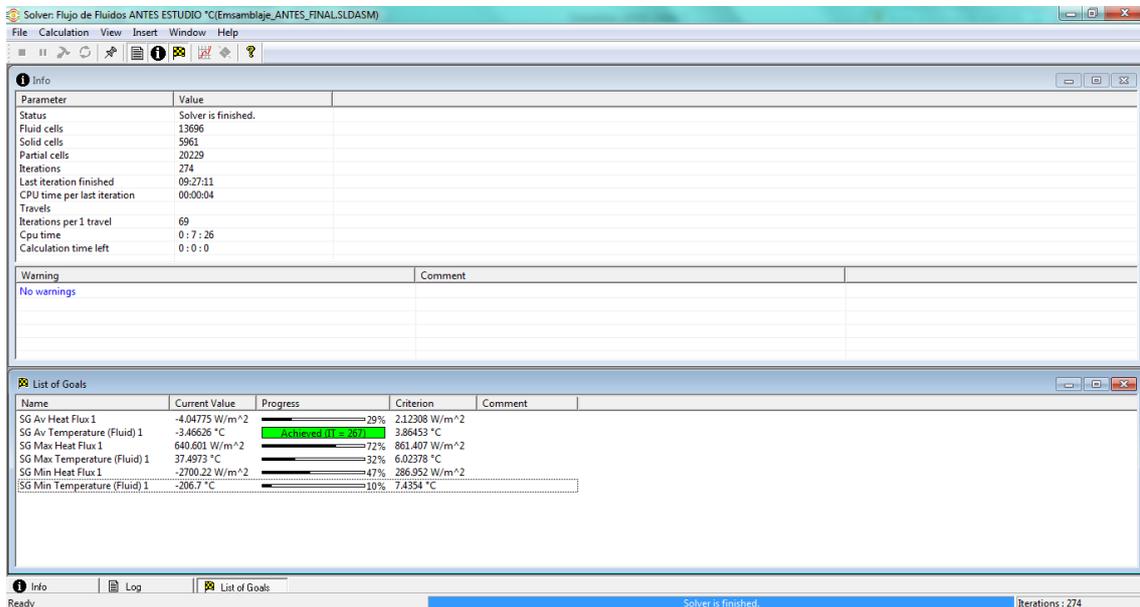


Figura 5.13 Datos de SOLVER SolidWorks, comportamiento del aire y temperatura a una humedad de 50% HR en el data center de la Corporación CENACE.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

El análisis que genera SOLVER sobre el data center indica los siguientes datos:

Promedio de Flujo de Calor: 2.12308 W/m^2

Promedio de Flujo Aire: 3.86453°C

Flujo Máx. Calor: 861.407 W/m^2

Temperatura Máx. Aire: 6.02378°C

Flujo Min. Calor: 286.952 W/m^2

Temperatura Máx. Aire 7.4354°C

5.4.3 Temperatura del data center en vista frontal

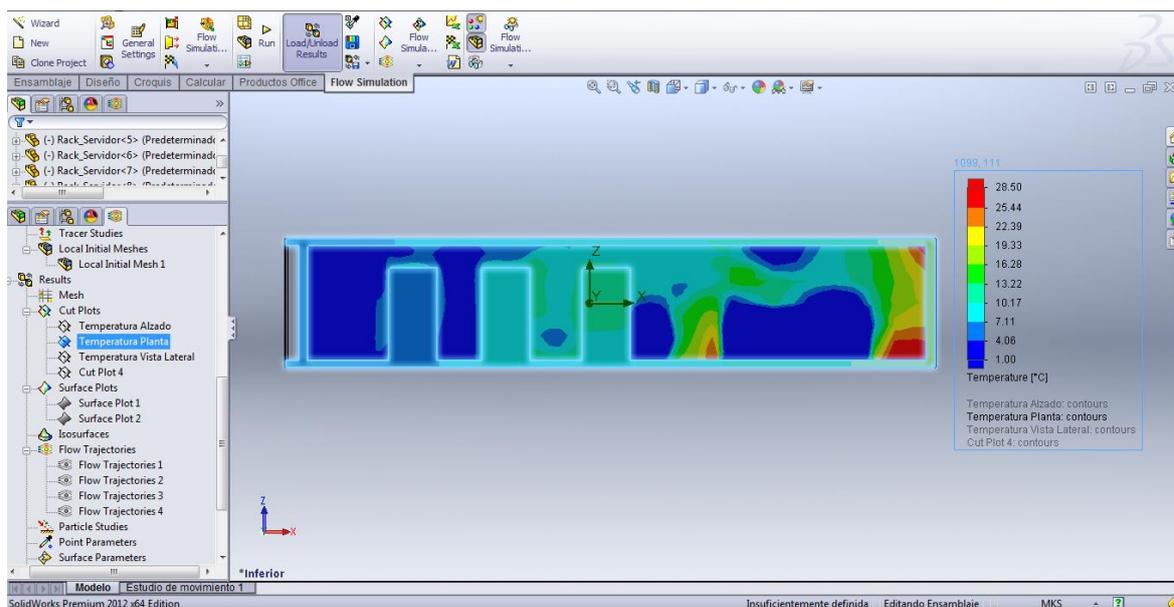


Figura 5.14 Análisis de temperatura en un corte frontal, puntos críticos de calor en el data center de la Corporación CENACE.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

5.4.4 Temperatura del data center en vista lateral

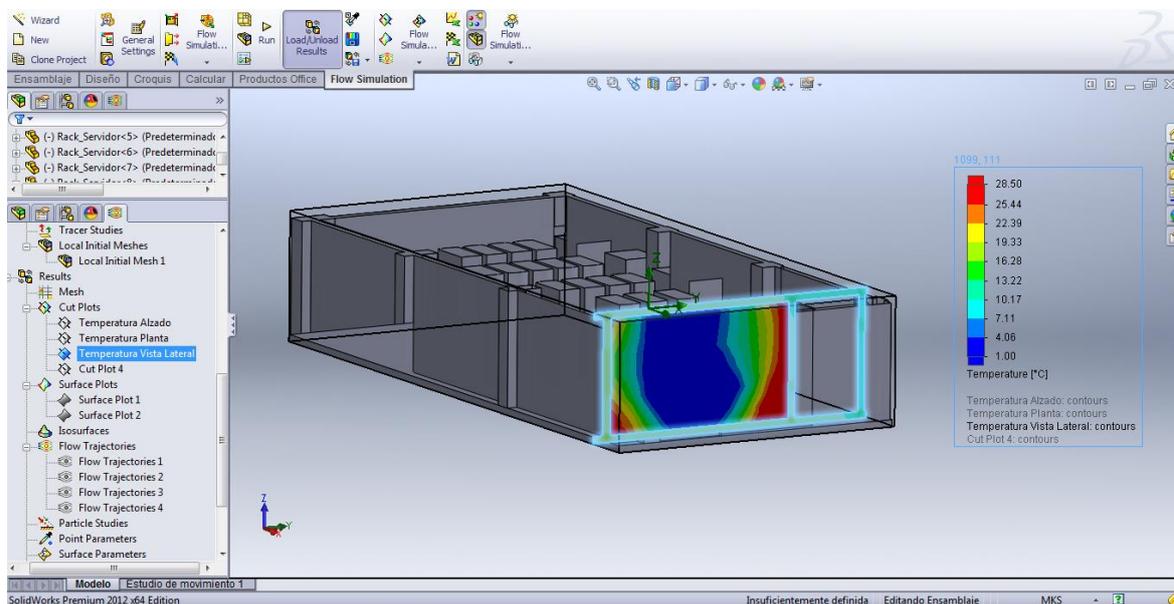


Figura 5.15 Análisis de temperatura en un corte lateral, puntos críticos de calor en el data center de la Corporación CENACE.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

5.4.5 Temperatura del data center en vista superior

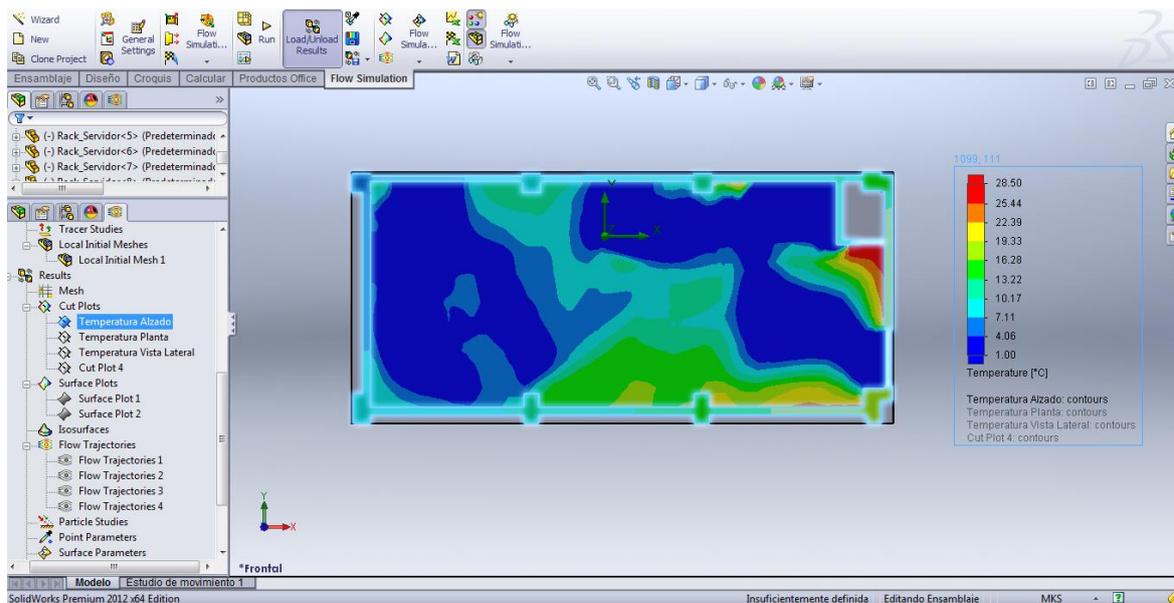


Figura 5.16 Análisis de temperatura en un corte en vista superior, puntos críticos de calor en el data center de la Corporación CENACE.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

Se puede visualizar en la Figura 5.14 una acumulación de calor en la esquina inferior derecha alcanzando una temperatura de hasta 28.5°C considerado como inadecuado dentro de las normas del diseño de un data center, lo que afecta directamente a los racks y equipos que pertenecen a los departamentos de telecomunicación y sistemas que son los ubicados en esta zona. También es notable la acumulación de calor como se muestra en la figura 5.15 específicamente en la zona de la esquina inferior derecha donde existe una temperatura elevada que afecta de manera crítica a los equipos que se encuentran cerca de este concentrador de calor.

En la Figura 5.16 se puede detectar claramente el lugar de la habitación donde se genera calor extremo (marcado con rojo), siendo esta imagen un valioso dato para hallar los puntos críticos, y saber específicamente a donde se debe apuntar con soluciones para solventar la elevación de temperatura.

5.4.6 Flujo de corrientes de aire vista frontal

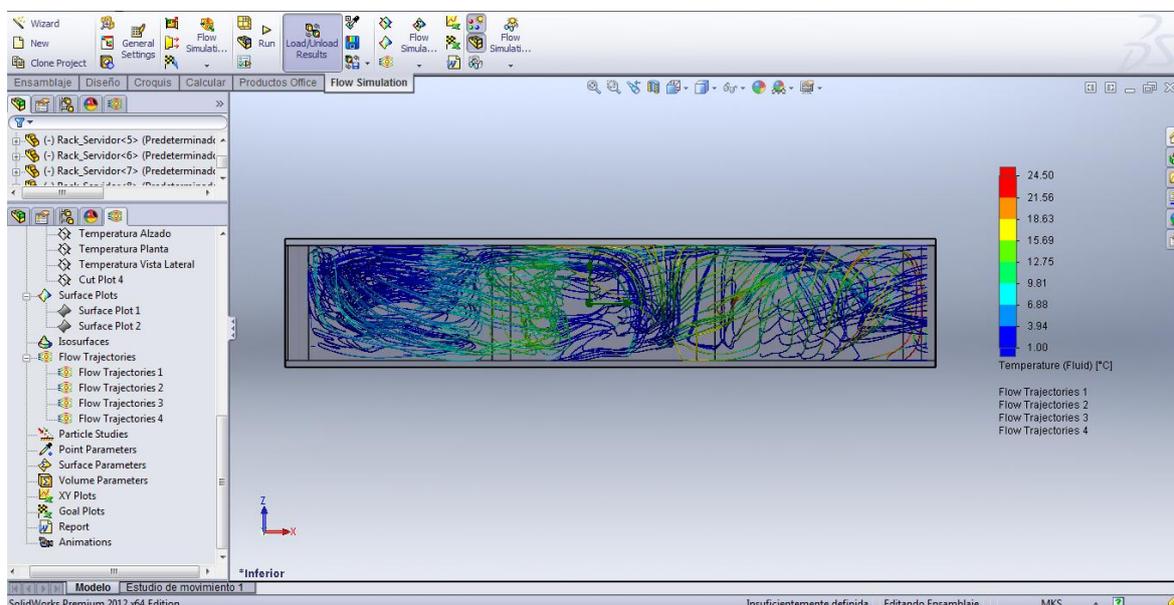


Figura 5.17 Análisis de flujo de fluidos desde una vista frontal, comportamiento del aire dentro del data center de la Corporación CENACE.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

5.4.7 Flujo de corrientes de aire vista superior

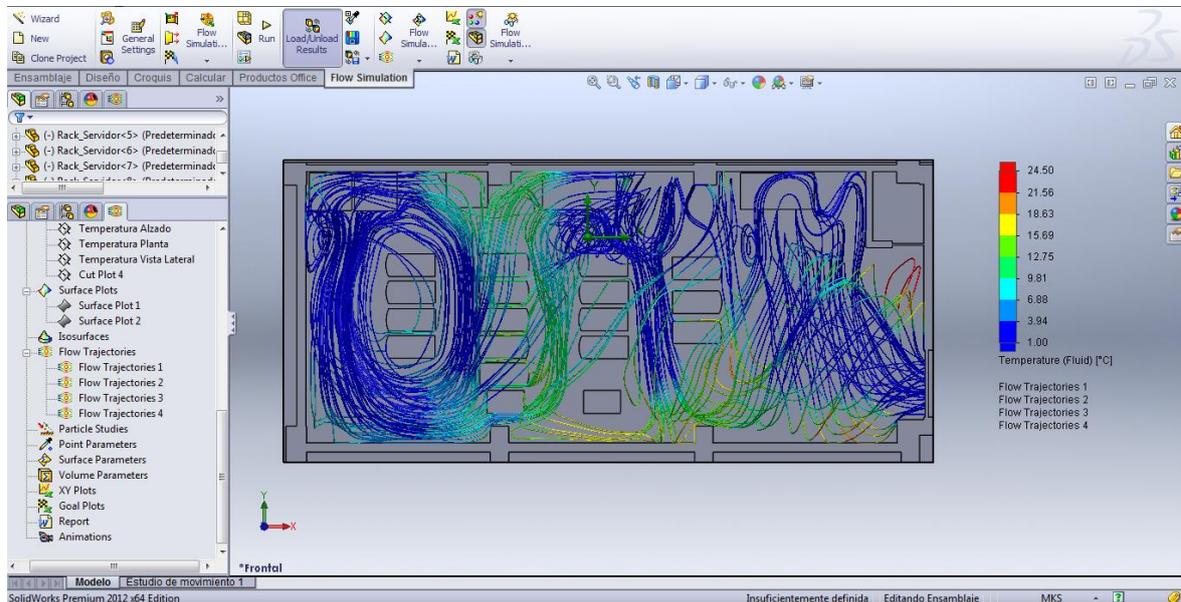


Figura 5.18 Análisis de flujo de fluidos desde una vista superior, comportamiento del aire dentro del data center de la Corporación CENACE.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

En la figura 5.17 el análisis revela un mayor flujo de aire en la parte izquierda del data center permitiendo mejor refrigeración y justifica el incremento de temperatura en el lado derecho. Se verifica la existencia de la norma de pasillo frío y pasillo caliente, pero con inconvenientes de acumulación de aire caliente en una zona específica como muestra la figura 5.18, teniendo una temperatura del aire de 24.5°C, lo cual no es recomendable para el óptimo funcionamiento de un data center.

5.4.7 Validación de datos

Para verificar que la simulación muestra valores reales es necesario realizar una validación de la información recopilada de manera manual frente a los datos arrojados por el software de SolidWorks.

5.5.1 Recopilación de datos

La toma de muestras se realiza de manera experimental recopilando 3 valores por cada $2m^2$ en cada uno de los pasillos del data center como indica la norma ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers), puesto que es difícil conseguir medir la temperatura y humedad. Se este caso se utiliza un termómetro digital PCE-THB38 el mismo que posee certificación para estudios térmicos para los data center, tomando en cuenta que el estudio es meticuloso ya que la fluctuación de temperatura y humedad intervienen en el funcionamiento de los equipos del data center, para lo cual se han recopilado datos de todo un mes para disminuir la adquisición de datos que falsos, como muestra el reporte mensual que se en el siguiente capítulo en la tabla 6.1.

5.5.2 Comprobación de datos en software de simulación

Se ingresan los datos recopilados de forma manual como se muestra en el procedimiento de la figura 5.1 a la figura 5.8.

Lo cual se puede evidenciar con las figura 5.19 y 5.20 donde los datos tomados corresponden a lo generado por el software los mismos que no oscilan de manera considerable con los datos mostrados en el reporte mensual de la tabla 6.1.

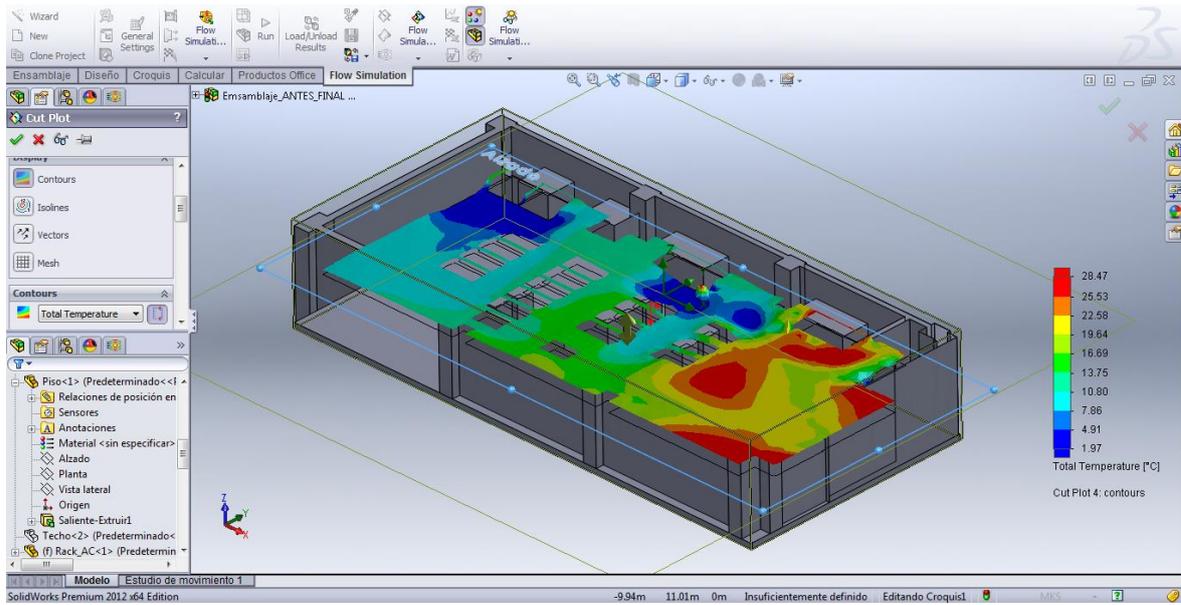


Figura 5.19 Validación de datos de temperatura y humedad del data center de la Corporación CE-NACE.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

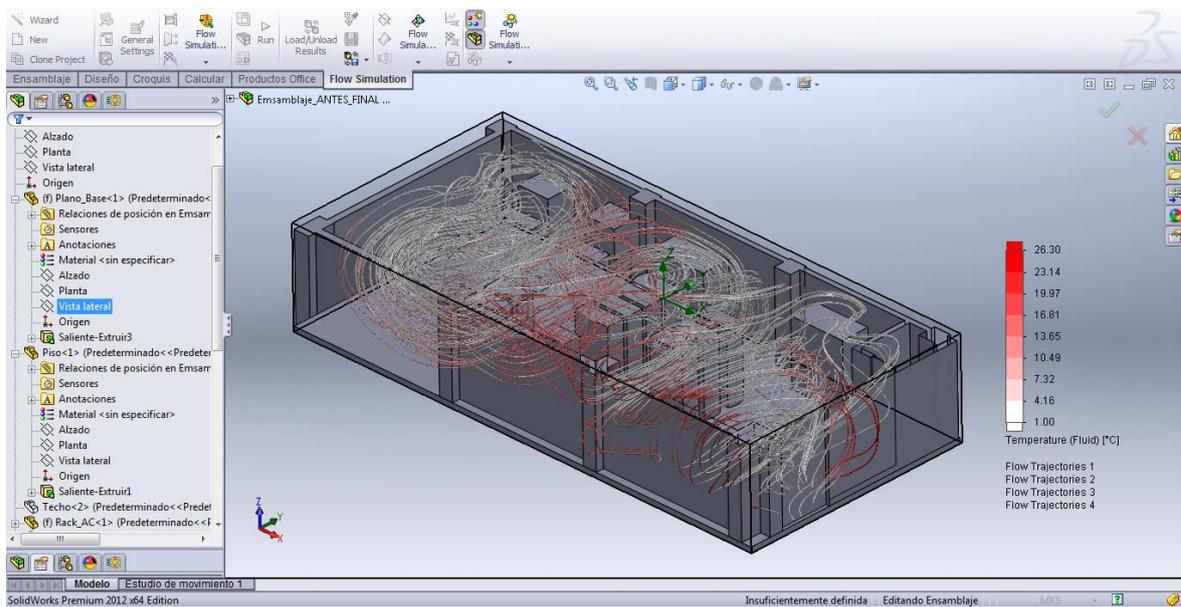


Figura 5.20 Validación de temperatura del aire dentro del data center Corporación CENACE.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

5.6 Proceso final de análisis y simulación en SolidWorks

5.6.1 Plano del data center y distribución de equipos

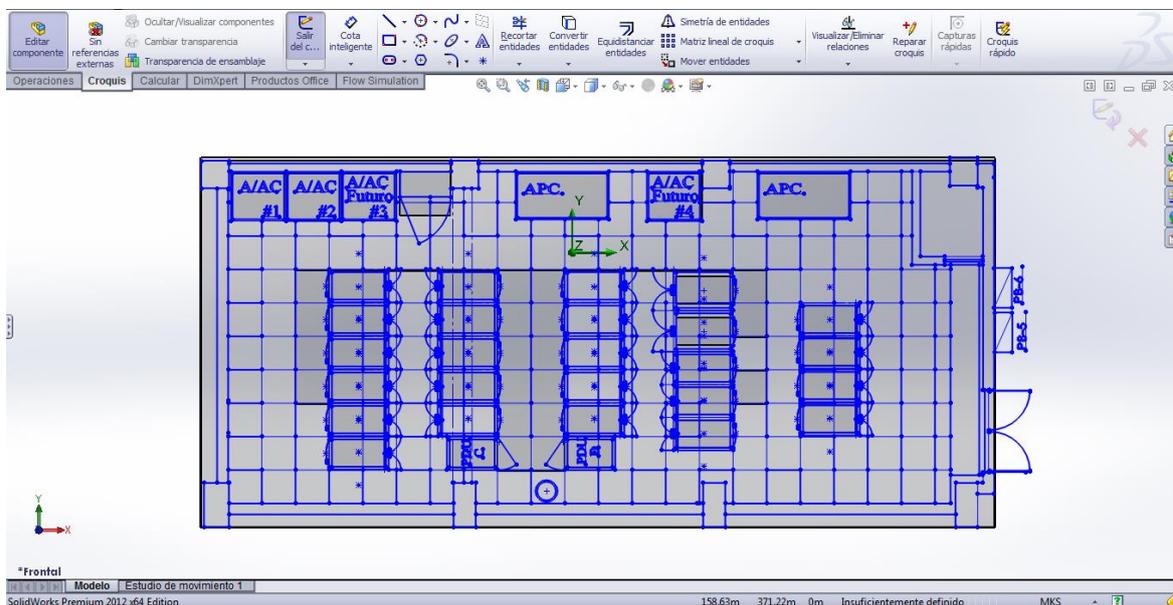


Figura 5.21 Diseño 2D de nuevas rejillas para implementación a nivel del suelo, previo estudio de problemas del data center de la Corporación CENACE.

5.6.2 Chequeo geométrico del ensamblaje

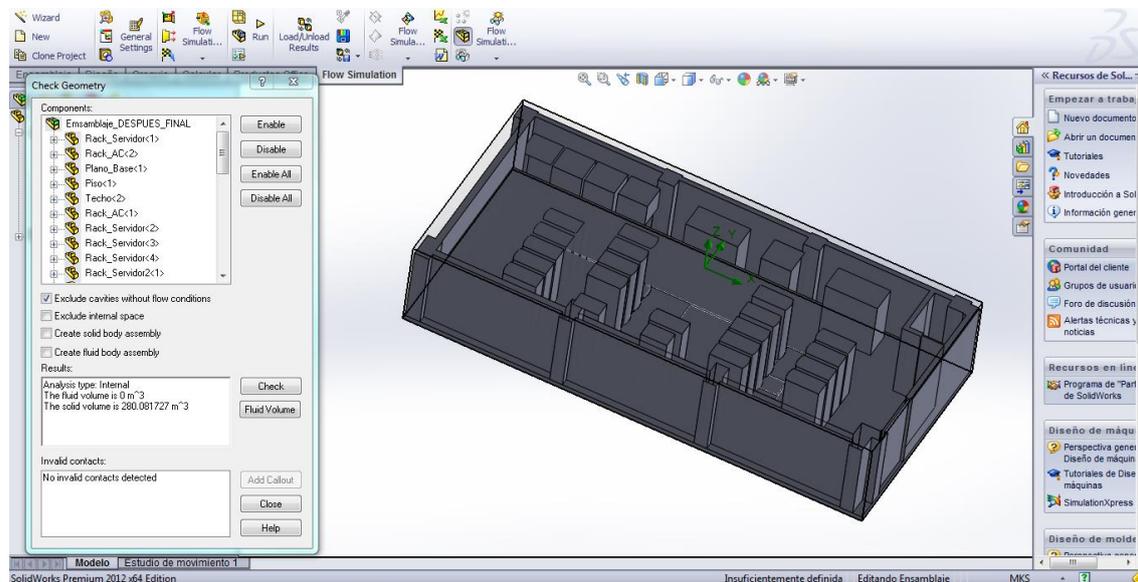


Figura 5.22 Ensamblaje SolidWorks del data center de la Corporación CENACE, volumen de la habitación con consideraciones de rediseño y redistribución de equipos “post-remodelación”.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

El análisis muestra que el volumen de la habitación y equipos de 280.08 m^3

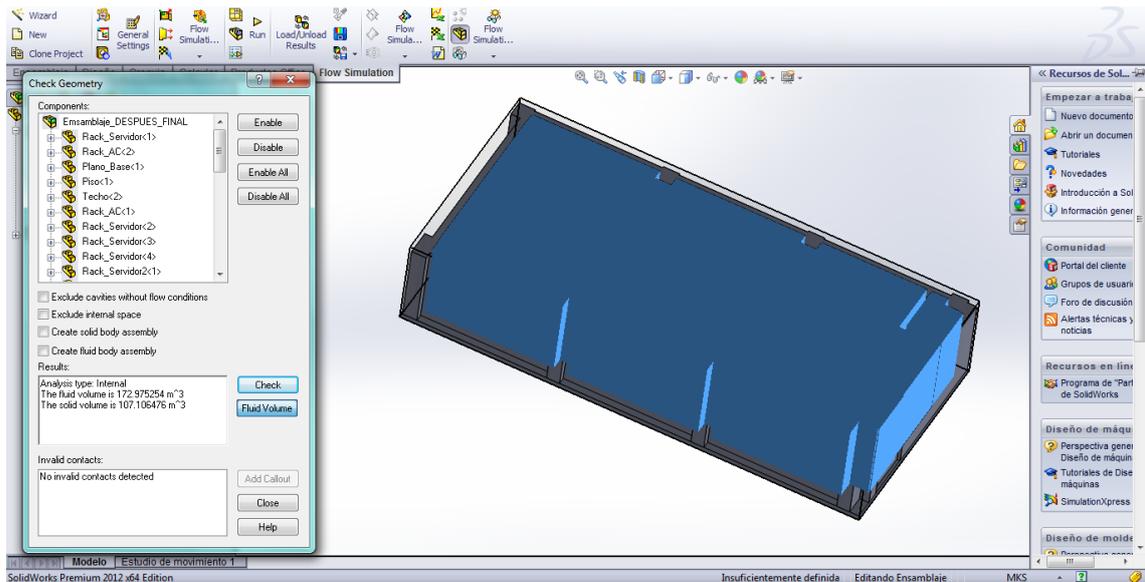


Figura 5.23 Ensamblaje SolidWorks del data center de la Corporación CENACE, disminución volumen de fluido (aire) por aumento de unidades de aire acondicionado.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

El volumen interno de fluido de aire en la habitación es **172.97 m³**

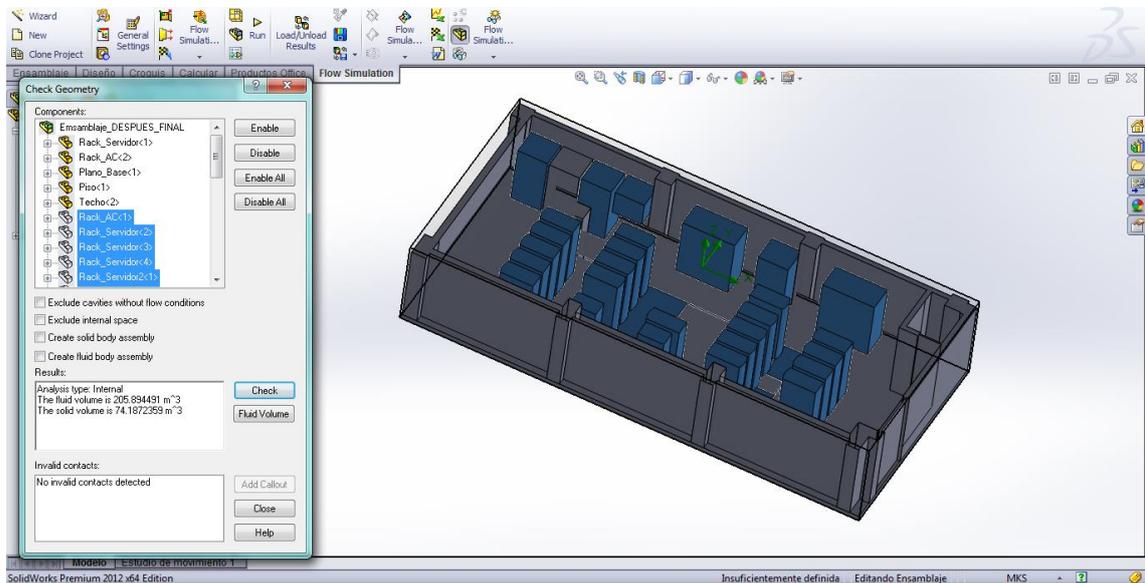


Figura 5.24 Ensamblaje SolidWorks del data center de la Corporación CENACE, donde se observa el volumen ocupado por los equipos.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

El análisis muestra que el volumen del ocupado por los equipos es **74.18 m³**

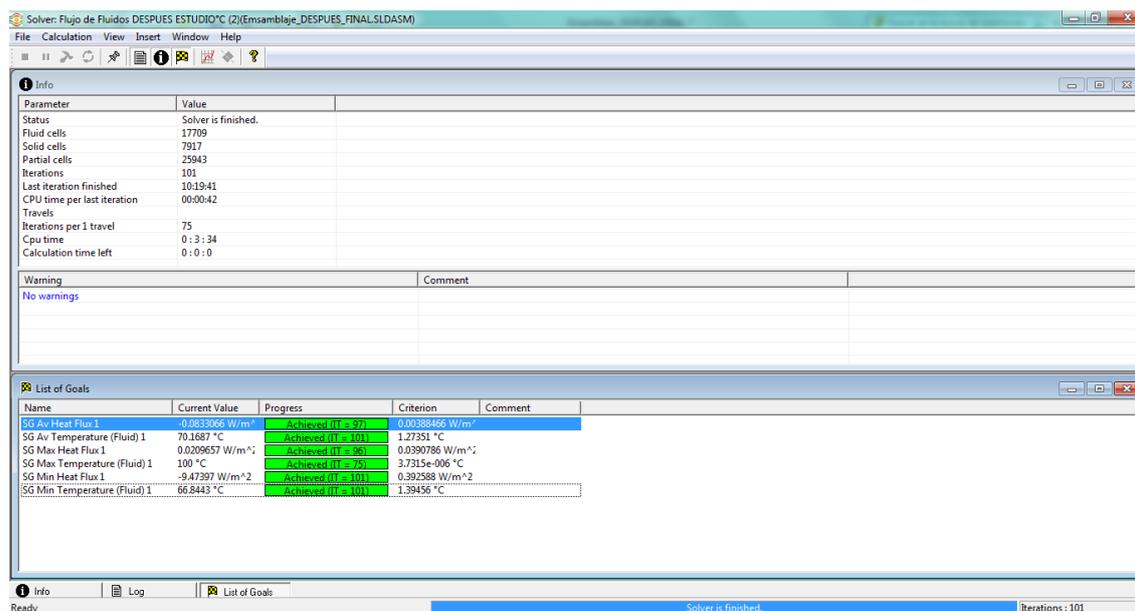


Figura 5.25 Datos de SOLVER SolidWorks, comportamiento del aire y temperatura a una humedad de 50% HR en el data center de la Corporación CENACE.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

El análisis que genera SOLVER sobre el data center indica los siguientes datos:

Promedio de Flujo de Calor: 0.00388466 W/m^2

Promedio de Flujo Aire: 1.27351°C

Flujo Máx. Calor: 0.0390786 W/m^2

Temperatura Máx. Aire: 3.7315°C

Flujo Min. Calor: 0.392588 W/m^2

Temperatura Máx. Aire 1.39456°C

5.6.3 Temperatura del data center en vista frontal

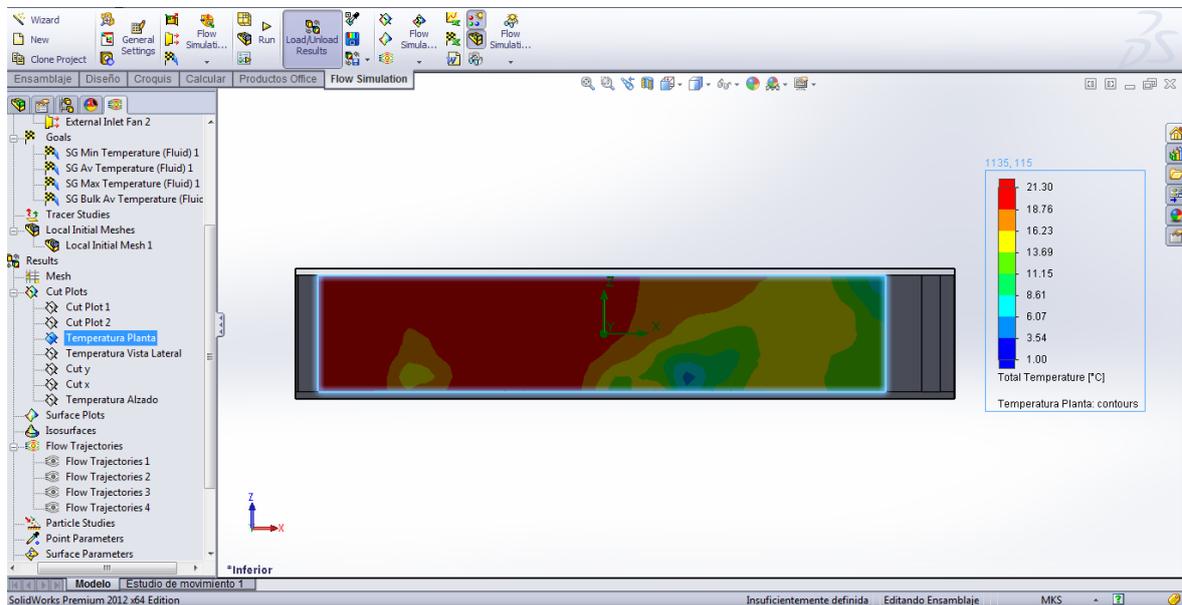


Figura 5.26 Análisis de temperatura en un corte frontal, reducción de puntos críticos y una mejor disipación de calor en el data center de la Corporación CENACE.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

5.6.4 Temperatura del data center en vista lateral

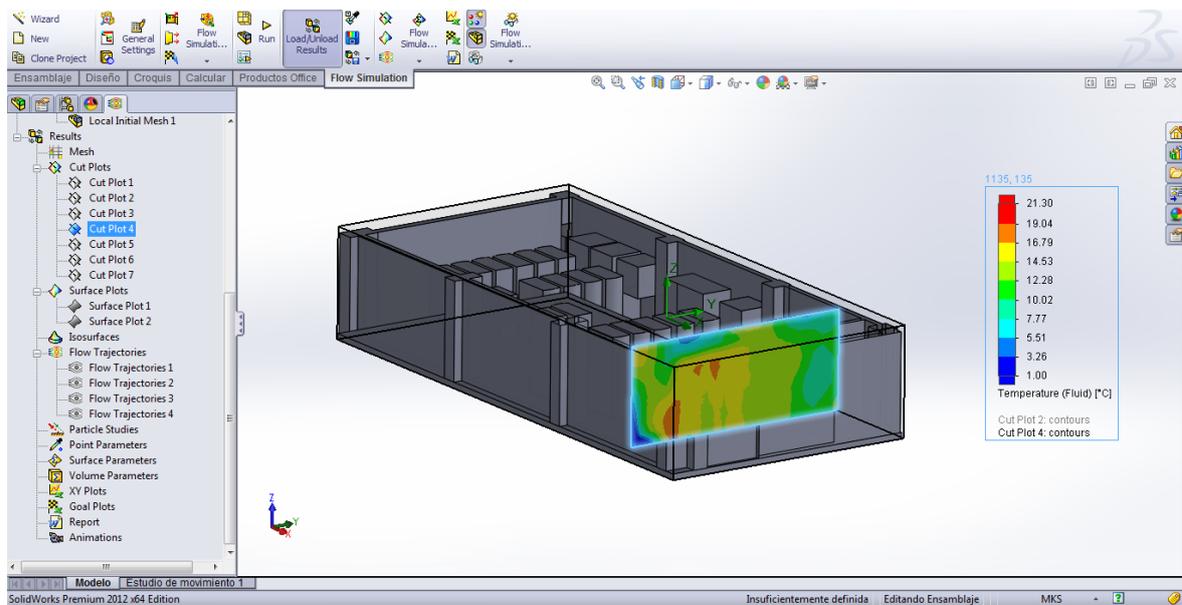


Figura 5.27 Análisis de temperatura en un corte lateral, reducción de acumulación de calor en el data center de la Corporación CENACE.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

5.6.5 Temperatura del data center en vista superior

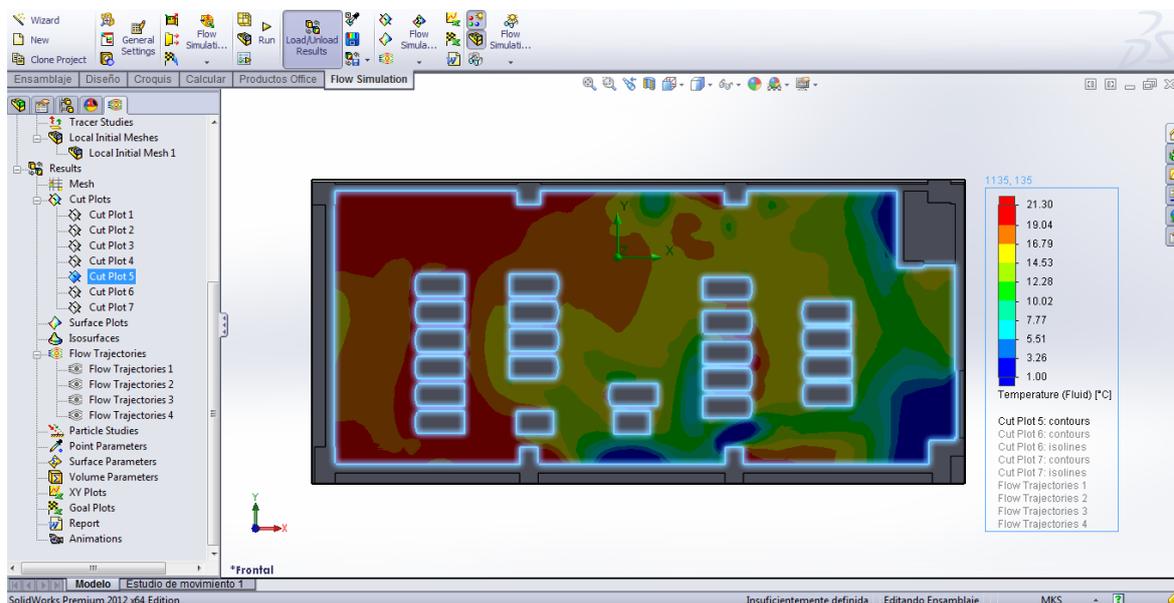


Figura 5.28 Análisis de temperatura en un corte en vista superior, disminución de puntos críticos y mejor disipación de calor en el data center de la Corporación CENACE.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

Se puede apreciar una considerable mejora en cuanto a la disminución, de puntos críticos y una correcta distribución de corrientes de aire como se muestra en la figura 5.26, obteniendo de esta manera una mejor refrigeración y disipación de las del flujo de calor dentro del data center, asegurando de esta forma tener una temperatura no superior a los 21.3°C cumpliendo con lo establecido por las normas ASHRAE, como muestra el panel del aire acondicionado de la foto 12 en anexos. También se puede notar una temperatura de flujo de aire admisible para el óptimo funcionamiento de los equipos que se encuentran dentro un data center, eliminando de esta manera varios puntos de temperatura elevada que se mostraban antes de la simulación.

En la Figura 5.28 existe un notable cambio, puesto que no hay puntos críticos (*concentradores de calor*), en ninguna esquina del data center, poseyendo de esta forma una temperatura idónea para la operación de los equipos albergados en el data center.

5.6.6 Flujo de corrientes de aire vista frontal

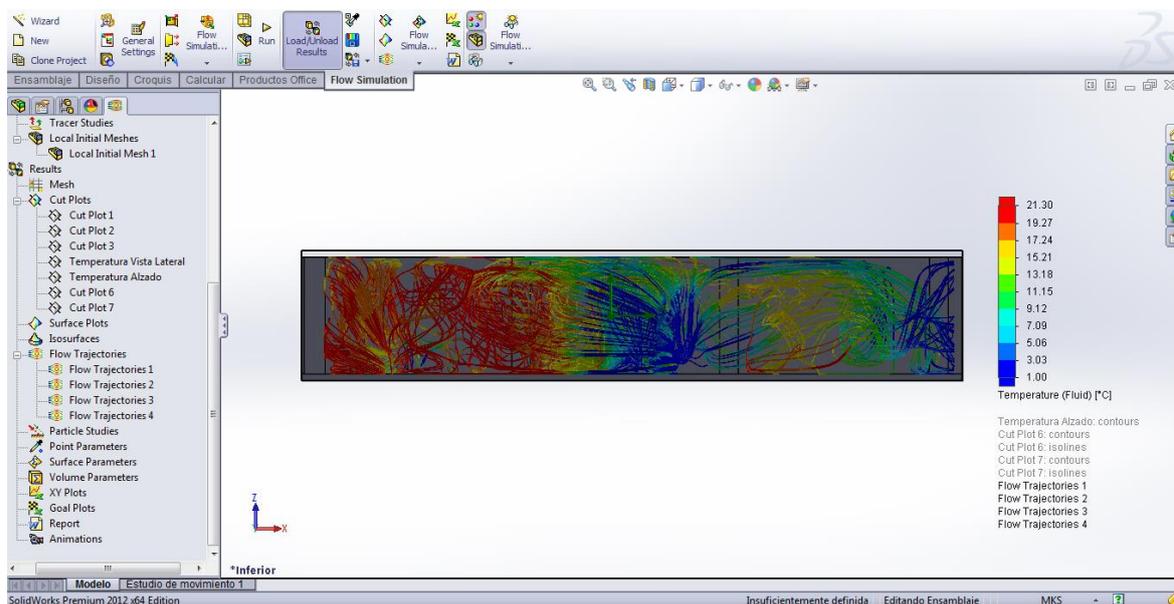


Figura 5.29 Análisis de flujo de fluidos desde una vista frontal, mejor comportamiento del aire dentro del data center de la Corporación CENACE.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

5.6.7 Flujo de corrientes de aire vista superior

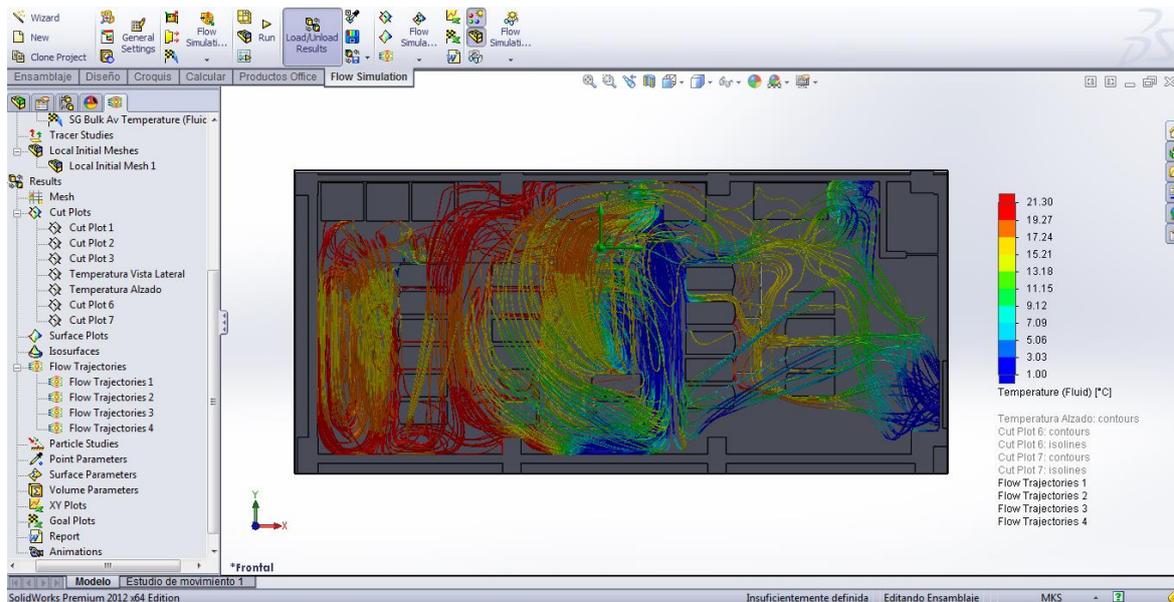


Figura 5.30 Análisis de flujo de fluidos desde una vista superior donde se puede apreciar el comportamiento del aire dentro del data center de la Corporación CENACE.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

Se puede observar en la Figura 5.29 una notable mejoría del funcionamiento del data center de la Corporación CENACE, gracias a la redistribución de equipos e implementación de 2 unidades de del aire acondicionado que se encargan de enfriar los puntos críticos donde antes se generaban conflictos de aumento de temperatura, abasteciendo de esta manera el aire frío necesario para la operatividad del centro, cumpliendo con la norma TIA-942 (“pasillo caliente/pasillo frío”).

En la figura 5.30 se puede divisar claramente una mejora en el aumento de flujo de aire en todo el data center de la Corporación CENACE, con el aumento de mayor distribución de aire frío (*refrigeración*) a lugares donde antes no llegaban las aire, garantizando de esta forma mantener una correcta temperatura de funcionamiento para los equipos a una temperatura que oscila entre los 21.3°C, como es certificado por la norma ASHARE.

CAPÍTULO 6

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El modelado y simulación de corrientes de flujo y efecto térmico de los dispositivos albergados dentro del data center han servido para la planeación y ejecución de procesos de mejora de diseño y reubicación estratégica de equipos que generan mayor cantidad de energía térmica, disminuyendo el riesgo de fallo y desperfectos por efectos causados por una elevada temperatura del sistema, generando una mejor distribución evitando elevados costos y permitiendo obtener un mejor desempeño del data center.

En este trabajo se muestra la importancia del modelado y la simulación como una herramienta de diseño tanto para productos como para procesos, ofreciendo múltiples sugerencias para una adecuada implementación.

6.1 Resultado del desarrollo del producto y proceso

En los últimos años el CAD/CAE (computer-aided design/computer-aided engineering) y el desarrollo empresarial ha hecho un gran trabajo en la fabricación de herramientas de análisis tradicionales que han sido más fáciles y accesibles para usar dentro de la ingeniería mostrando el diseño previo y el análisis correspondiente del mismo logrando establecer una secuencia de trabajos. Sin embargo, la separación rotunda del diseño de análisis y simulación provocan desconocimiento de los beneficios que se pueden obtener al realizar las dos tareas compartidas e intercaladas.

Al brindar una breve caracterización de los equipos para promover un mejor diseño de producto, la Corporación CENACE ha podido desarrollar soluciones de procesos de manera más ágil, cometiendo menos errores y siendo rentable en el desarrollo de la producción, control y monitoreo interno Para lograr todo lo antes mencionado,

se ha decidido que el rediseño del data center así como la reubicación de los dispositivos que están dentro de esta habitación sean capaces de ajustarse a la funcionalidad más óptima de los dispositivos teniendo un trabajo seguro y protegido.

El proceso de rediseño evidentemente no es un proceso lineal, sino más bien una secuencia de decisiones y ajustes. Por lo tanto siempre existió el peligro o riesgo en la ejecución de tareas cotidianas relacionadas con el comportamiento operativo del data center, siendo necesario tomar decisiones sin saber si son las mejores o más adecuadas para la mejora del trabajo en los equipos, puesto que si se descubren problemas al final del proceso de rediseño, se tendrá la obligación de solventar el inconveniente a un bajo costo.

Afortunadamente en este caso no se ha suscitado ningún inconveniente por lo que la configuración actual de los equipos es la que se muestra en el estudio confirmando que el riesgo de fallas e imprevistos se puede minimizar de forma considerable utilizando herramientas de diseño, modelado y simulación, proporcionando una ventaja competitiva en la búsqueda de lo mejor, rápido y económico.

Cuanto más lineal sea el proceso será más eficiente teniendo también en cuenta la opción de la menor cantidad de dinero invertida a cambio de un excelente producto puesto que la única oportunidad de crear un producto o proceso óptimo es que este sea lo suficientemente bueno y duradero.

En este caso al tratarse de un "*course corrections*" es decir una modernización y un análisis de reubicación estratégica de dispositivos eléctricos, que se produce tan pronto como sea posible es necesario efectuar una evaluación para verificar si la decisión que se ha tomado es en verdad la correcta, como por ejemplo una comparación de valores iniciales vs. finales de la temperatura y humedad del data center.

6.2 Comparación de resultados iniciales vs. finales del estudio

6.2.1 Problemas encontrados previos al estudio

- Obtención de puntos críticos por la elevada temperatura de los equipos electrónicos, hasta 28.5°C de temperatura como se muestra en la figura 5.16, sobrepasando los valores directrices de la norma ASHRAE, mismos que fueron validados de manera física y computacional.
- Fallas en el sistema de refrigeración por el inadecuado manejo de flujos de aire, nula aplicación (pasillos fríos - pasillos calientes).
- Inexistencia de normativa de distribución y ubicación de equipos según su generación de calor.
- Concentración de corrientes de aire en zonas específicas (turbulencias), en lugares no adecuados.
- Carencia de sistemas de refrigeración para la cantidad de equipos albergados.
- Inexistencia de registro de datos de humedad relativa en reportes diarios.

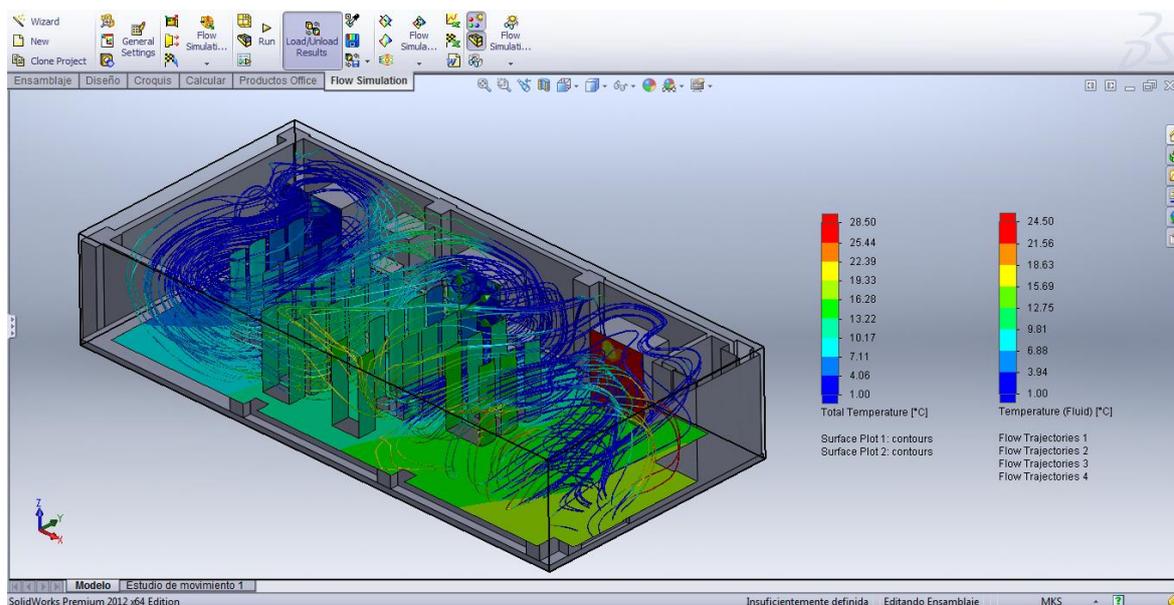


Figura 6.1 Resultados del análisis de flujo de fluidos y temperatura previos a la redistribución de equipos del data center de la Corporación CENACE.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

6.2.1.1 Reporte mensual de operación previo a la redistribución de equipos

Tabla 6.1 Reporte mensual del data center Corporación CENACE.

SUPERVISIÓN			
SISTEMAS/ EQUIPOS	Descripción	Condiciones Operativas	Observaciones
SALA DE SERVIDORES			
Iluminación	Lámparas fluorescente	OK	
	Lámparas de Emergencia	OK	
Aire Acondicionado	Unidad 1	24.1°C, 49% H	
	Unidad 2	27.9°C, 49,01% H	
	Trasvase 1	ON	
	Trasvase 2	ON	
	Unidad 3	19,9°C - 46,6%	
	Unidad 4	25,1°C - 47,1%	
Sistema Contra Incendios AFP-200	Panel AFP-200	OK	
COMUNICACIONES	RED-04	Condiciones ambientales en el interior del gabinete: max: 24.5°C, 51% Hr, min: 18°C, 31% Hr, promedio: 20.4°C, 44% Hr	
SALA DE UPSs			
UPSs ABB	UPS A	441v	
	UPS B	441v	
UPSs APC	UPS 1 40kVA en línea	Carga de Baterías: 100%, Carga puesta al UPS: 27%, 121Vin 121Vout, 60 Hz, Run Time: 0h 39 min.	
	UPS 2 40kVA en línea	Carga de Baterías: 100%, Carga puesta al UPS: 22%, 121Vin 121Vout, 60 Hz, Run Time: 0h 43 min.	

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

6.2.2 Análisis de resultados obtenidos

Una vez finalizada la comparación del Inicio vs. Final del estudio, análisis y simulación, se pueden divisar diversos resultados alcanzados como los que se mencionan a continuación:

6.2.2.1 Resultados físicos

- Temperatura de aire: Se ha podido conseguir la capacidad de refrigeración necesaria mediante una nueva configuración de distribución de los equipos, aprovechando de manera los beneficios del medio ambiente exterior (*Free*

Cooling), logrando de así mantener una temperatura máxima de 21.3°C, valor que es permitido por la norma ASHRAE.

- Contaminación del aire: Se ha podido obtener un aire apto para respirar, empleando filtros de mayor calidad y capacidad, reteniendo de manera considerable impurezas tales como polvo y residuos de contaminación, como muestra el índice metropolitano de calidad del aire IMECA, con un valor de 90 ubicándose en el rango de 0 – 100, con una calidad de aire satisfactoria.
- Humedad: Se ha alcanzado reducir el exceso de humedad, evitando condensación, humedad relativa baja y aparición de corrientes estáticas las que no favorecen al correcto funcionamiento del data center, manteniendo un rango de humedad entre 45% - 50% HR, valore que es admisible ya que es menor al 60% HR como menciona la norma ASHRAE
- Errores humanos: Se ha podido lograr una notable reducción de amenazas de apagado o desestabilización del sistema, por parte de operadores, empleados y personal de mantenimiento, mediante la implementación de un control de acceso de personal no autorizado.
- Suministro eléctrico: Se ha podido implementar mejores equipos de climatización para posteriores certificaciones (TIER IV), las mismas que proporcionan una óptima distribución de aire, temperatura y humedad adecuada para el funcionamiento de equipos y también un continuo suministro eléctrico a todo el sistema.
- Mantenimiento: Se han podido aplicar diversos tipos de mantenimiento antes, durante y después de un fallo, reduciendo de manera efectiva riesgos técnicos y económicos.

6.2.2.2 Resultados de avance

- Reducción de presupuesto: Se ha logrado minimizar el costo asignado a mantenimiento, y optimizar el proceso de mantenimiento disminuyendo el riesgo de fallos en el sistema.
- Crecimiento excesivo: Se ha podido ejecutar una ampliación de infraestructura con condiciones de seguridad óptimas, rebajando la carga operativa del data center.

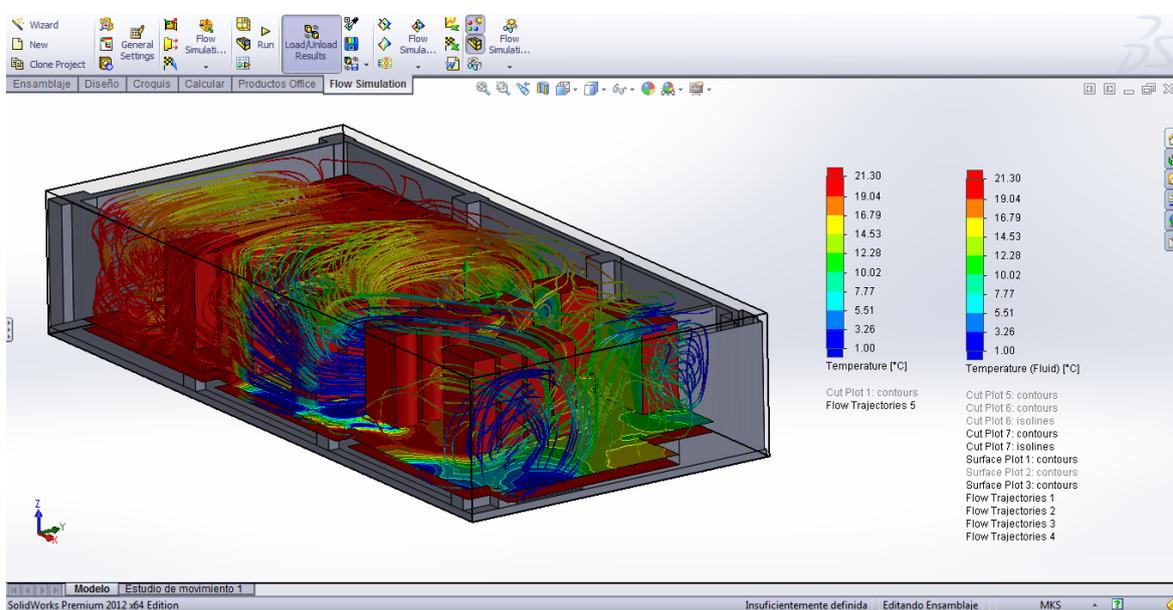


Figura 6.2 Resultados del análisis de flujo de fluidos y temperatura posteriores a la redistribución de equipos del data center de la Corporación CENACE.

FUENTE: Autor, Washington C. Medina S.

6.2.2.3 Reporte mensual de operación posterior a la redistribución de equipos

Tabla 6.2 Reporte Manual de data center Corporación CENACE.

SUPERVISIÓN			
SISTEMAS/ EQUIPOS	Descripción	Condiciones Operativas	Observaciones
SALA DE SERVIDORES			
Iluminación	Lámparas fluorescente	OK	
	Lámparas de Emergencia	OK	
Aire Acondicionado	Unidad 1	20,1°C, 49% H	
	Unidad 2	21,2°C, 49,01% H	
	Trasvase 1	ON	
	Trasvase 2	ON	
	Unidad 3	19,9°C - 46,6%	
	Unidad 4	19,9°C - 47,1%	
Sistema Contra Incendios AFP-200	Panel AFP-200	OK	
COMUNICACIONES	RED-04	Condiciones ambientales en el interior del gabinete: max: 24°C, 51% Hr, min: 18°C, 31% Hr, promedio: 20°C, 44% Hr	
SALA DE UPSs			
UPSs ABB	UPS A	441v	
	UPS B	441v	
UPSs APC	UPS 1 40kVA en línea	Carga de Baterías: 100%, Carga puesta al UPS: 27%, 121Vin 121Vout, 60 Hz, Run Time: 0h 39 min.	
	UPS 2 40kVA en línea	Carga de Baterías: 100%, Carga puesta al UPS: 22%, 121Vin 121Vout, 60 Hz, Run Time: 0h 43 min.	

FUENTE: Autoría Ing. David Villalba

6.3 Conclusiones

1. En el caso específico de este proyecto se han podido obtener una considerable mejora del funcionamiento de los equipos ubicados dentro del data center por una eficaz, así como también la implementación de dos unidades de aire acondicionado para una mejor distribución de aire frío y disipación de calor acumulado en zonas críticas, posterior al análisis y la simulación obteniendo una configuración (“pasillo caliente/pasillo frío”) certificada por las normas ASHRAE.

2. También se ha podido generar una temperatura y humedad de 21.3°C y 50% HR respectivamente, obteniendo una óptima y continua operatividad del data center.
3. La implementación de un módulo de adquisición de datos ha permitido poseer un dispositivo capaz de almacenar importante información de temperatura y humedad, los mismos que sirven de respaldo “backup” para el data center de la Corporación CENACE para futuras mejoras tecnológicas.
4. Finalmente se puede concluir que el modelado y la simulación están definidos por el nivel de accesibilidad y tipo de aplicación que poseerá el producto resultante del estudio, siendo estos dos los puntales primordiales para el diseño de ingeniería de vanguardia convirtiéndose en una acertada opción para las empresas que optan por poseer un alto grado de competitividad y certificación en la industria a nivel mundial.

6.4 Recomendaciones

- Usualmente se utilizan hojas de cálculo y se realizan cálculos manuales manteniendo un enfoque tradicional lo que ha funcionado por siglos dando buenos resultados. Actualmente la tendencia de ingeniería aún tiene comodidad con los cálculos manuales, poseyendo más fiabilidad y precisión que las herramientas de simulación que no son muy conocidas aún, sin embargo la realidad es que manualmente los cálculos requieren supuestos y simplificadores importantes en la geometría, tolerancia dimensional, de carga y las propiedades del material. De hecho, el nivel de abstracción requerido por los cálculos generalmente limita extremadamente su valor por las estimaciones efectuadas en las zonas de preocupación preseleccionadas.
- En el presente proyecto se optó inicialmente por el registro de datos en una tabla de Excel, lo cual no fue factible por la incompatibilidad y disminución en la velocidad de adquisición de información por parte del módulo central,

siendo esta una razón por la cual se eligió un tipo de registro en un block de notas “datalog”, el que es recomendable para garantizar el almacenamiento de información de manera rápida y segura.

- Dentro del proceso de modelado y simulación con la herramienta FlowSimulation, lo recomendable es emplear un mallado detallado para obtener un resultado de alta precisión es decir un “mesh nivel 8”, aunque para lo cual se requiere mayor tiempo para generar el renderizado final. En el presente trabajo se utilizó un mallado “mesh nivel 3”, puesto que las prestaciones computacionales “memoria RAM” no permitieron generar un mallado más fino.
- Es recomendable que se opte por incursionar con el uso de herramientas de diseño y simulación que faciliten el trabajo y reduzcan el tiempo de obtención de resultados, así como brindar capacitación al personal técnico e informático para futuras mejoras en el proceso de trabajo la corporación CENACE.

6.5 Bibliografía

- Angel, W. Larsen. *HVAC Design Sourcebook*. Ed. Mc GrawHill, 2012.
- Austerlitz, Howard. *Data Acquisition Techniques Using PCs*. California: Ed. Elsevier Science, 2003.
- Cerrolaza, Miguel. *El Método de los Elementos Finitos*. Caracas: Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, 2006.
- Crespo, A. *Mecánica de Fluidos*. Ed. Thomson, 2006.
- Cyrus Raoufi, Ph.D. P.Eng. *Finite Element Analysis of Parts with SolidWorks Simulation 2013*. Coquitlam: Ed. CYRA Engineering Services, Inc., 2013.
- Dennis Abts, John Kim. *High Performace Datacenter Networks*. Wisconsin: Ed. Mark D. Hill, Series Editor, 2011.
- Emilio, Maurizio Di Paolo. *Data Acquisition Systems: From Fundamentals to Applied Design*. New York: Ed. Springer, 2013.
- Fornóns, José-María. *El Método de los Elementos Finitos en la Ingeniería de Estructuras*. Barcelona: Ed. UPB, 2007.
- Frank Kreith, Raj M. Manglik, Mark S. Bohn. *Principios de Transferencia de Calor*. Santa Fé: Ed. Cengage, 2012.
- González, Sergio Gómez. *SolidWorks Simulation®*. Ed. Alfaomega, 2010.
- Graño, Josep M. Bergadá. *Mecánica de Fluidos. Problemas Resueltos*. Barcelona: Ed. UPC Grau, 2006.

- Hernández, Goribar. *Fundamentos de Aire Acondicionado y Refrigeración*. México D.F: Ed. Limusa, 2009.
- Instruments, National. *Data Acquisition: 7 Steps to Success*. 2006.
- Jayaswal, kailash. *Administering Data centers*. Indianapolis: Ed. Wiley, 2006.
- Kurowski, Paul. *Engineering Analysis with SolidWorks Simulation 2014*. Kansas: Ed. SDC, 2014.
- . *Thermal Analysis with SolidWorks Simulation 2014*. Kansas: Ed. SDC, 2014.
- Lee, Huei-Huang. *Mechanics of Materials Labs With Solidworks Simulation 2014*. Kansas: Ed. SDC, 2014.
- Luiz André Barroso, Jimmy Clidas, Urs Hölzle. *The Datacenter as a Computer*. Wisconsin: Ed. Mark D. Hill, Series Editor, 2013.
- Martínez, Antonio Crespo. *Mecánica de Fluidos*. Madrid: Ed. Paraninfo, 2011.
- Matsson, John E. *An Introduction to SolidWorks Flow Simulation 2012*. Kansas: Ed. Schroff Development Corporation, 2012.
- McDowall, Robert. *Fundamentals of HVAC Control Systems*. Atlanta: Ed. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2009.
- . *Fundamentals of HVAC Systems*. Burlington: Ed. ASHRAE Learning Institute, 2007.
- Mott, Robert L. *Mecánica de Fluidos*. California: Ed. Pearson, 2010.
- Ortiz, Jaime Ernesto Diaz. *Mecánica de los Fluidos e Hidráulica*. Cali: Ed. Univerisdad del Valle, 2006.
- Pascual Martí, Pedro P. Company. *Análisis Interactivo de Estructuras por Elementos Finitos: Manual de Usuario*. Mursia: Universidad de Mursia, 2005.
- Planchar, David. *Official Guide to Solidworks Associate Exams: Cswa, Cstda, Cswsa-fea*. Miami: Ed. SDC, 2013.
- Ripoll Barrero, A. Saborid Pérez Sánchez Pastor M. *Fundamentos y Aplicaciones de la Mecánica de Fluidos*. Ed. McGraw Hill, 2005.
- Schaum. *Mecánica de los Fluidos e Hidraulica*. Ed. Mc GrawHill, 2012.
- Shih, Randy. *Introduction to Finite Element Analysis Using SolidWorks Simulation 2014*. Kansas: Ed. SDC, 2014.
- Silvano Gai, Tommi Salli, Roger Andersson. *Cisco Unified Computing System (UCS)*. Indianapolis: Ed. Cisco, 2010.
- Smith, Hubbert. *Data center Storage*. Florida: Ed. CRC Press, 2011.
- Steffen, John R. *Analysis of Machine Elements Using SolidWorks Simulation 2014*. Kansas: Ed. SDC, 2014.
- Stephen Herman, Bennie Sparkman. *Electricity and Controls for HVAC-R*. New York: Ed. DELMAR, 2010.
- Toro, Jose Rafael. *Problemas Variacionales y Elementos Finitos en Ingeniería Mecánica*. Bogotá: Universidad de los Andes, 2007.
- Volker Herminghaus, Albrecht Scriba. *Storage Management in Data centers*. Berlín: Ed. Springer, 2009.
- Welty, James R. *Transferencia de Calor Aplicada a la Ingeniería*. Ed. Limusa , 2005.
- White, F. *Mecánica de Fluidos*. Ed. McGraw Hill, 2008.
- Zajac, Alan J. *Building Environments: HVAC Systems*. Milwaukee: Ed. Johnson Controls, Inc., 1997.
- Zienkiewicz, O. C. *El Método de los Elementos Finitos*. Madrid: Ed. McGraw Hill, 2007.

ANEXOS

**Planos y fichas técnicas adquiridos para la actualización del
data center**

Fotos de la creación e implementación del módulo de adquisición de datos

**Fotos de la actualización del data center de la Corporación
CENACE**