

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR



FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIÓN

INFORME FINAL CASO DE ESTUDIO PARA UNIDAD DE TITULACIÓN

ESPECIAL

TEMA:

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE TEMPERATURA Y
HUMEDAD EN EL CENTRO DE DATOS DE TELCONET, UTILIZANDO
RED INALÁMBRICA**

PATRICIO OSWALDO VACA ROMO

Quito – 2016

AUTORÍA

Yo, Patricio Oswaldo Vaca Romo, portador de la cédula de ciudadanía No.1715410674, declaro bajo juramento que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y que se he respetado las diferentes fuentes de información realizando las citas correspondientes. Esta investigación no contiene plagio alguno y es resultado de un trabajo serio desarrollado en su totalidad por mi persona.

Patricio Oswaldo Vaca Romo

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN	3
3. ANTECEDENTES	5
4. OBJETIVOS	6
OBJETIVO GENERAL:	6
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	6
5. DESARROLLO CASO DE ESTUDIO	7
5.1. Análisis de la situación actual del sistema monitoreo de temperatura y humedad en el cuarto principal del Centro de Datos de Telconet.	7
5.1.1. <i>Método de enfriamiento de los racks en el cuarto principal.</i>	12
5.1.2. <i>Sistema de Monitoreo y control actual de humedad y temperatura.</i>	14
5.2. Estudio de las alternativas de sensores adecuados para el sistema de monitoreo de temperatura y humedad.	22
5.2.1. <i>Análisis de mejor alternativa de Sensores de temperatura</i>	22
5.2.2. <i>Análisis de mejor alternativa de Sensores de humedad</i>	24
5.2.3. <i>Determinar el módulo de control para la adquisición de datos de los sensores de temperatura y humedad.</i>	27
5.3. Análisis y determinar el medio de comunicación para la transmisión de la información entre dispositivos.	28
5.3.1. <i>Análisis de alternativas de comunicación.</i>	28
5.3.2. <i>Análisis de ventajas y desventajas de la red inalámbrica IEEE 802.15.4 con Xbee</i>	29
5.4. Diseño del sistema de monitoreo y alertas de la temperatura y humedad del cuarto principal del Centro de Datos de Telconet cumpliendo con las normas internacionales que establece el Instituto de regulación de los centros de datos TIA 942 y Ashrae.	32
5.4.1. <i>Infraestructura y comunicación del sistema de adquisición de datos.</i>	32
5.4.2. <i>Diseño de la interfaz gráfica</i>	45
5.4.3. <i>Análisis la Interacción del módulo de comunicación y control con el sistema de aire acondicionado.</i>	49

5.4.4. <i>Estudio de implementación del proyecto.</i>	62
5.5. Elaborar un presupuesto referencial para la implementación del sistema de monitoreo.....	63
5.5.1. <i>Análisis de costo de equipos para el proyecto.</i>	63
5.5.2. <i>Costo de implementación de la infraestructura del nuevo sistema de monitoreo de temperatura y humedad.</i>	64
6. CONCLUSIONES	65
7. RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFÍA:	68
ANEXOS	71

LISTA DE TABLAS

Tabla 5.1. Apertura y cierre de la electroválvula de tres vías. Elaborado por Patricio Vaca.....	15
Tabla 5.2. Ventajas y desventajas de los sensores de temperatura . Elaborado por Patricio Vaca	23
Tabla 5.3. Ventajas y desventajas de sensores tipo termistores. Elaborado por Patricio Vaca..	24
Tabla 5.4. Ventajas y desventajas de los sensores de humedad . Elaborado por Patricio Vaca..	25
Tabla 5.5. Ventajas y desventajas de sensores capacitivos electrónicos. Elaborado por Patricio Vaca	26
Tabla 5.6. Ventajas y desventajas de módulos electrónicos. Elaborado por Patricio Vaca	27
Tabla 5.7. Ventajas y desventajas de módulos de comunicación. Elaborado por Patricio Vaca	29
Tabla 5.8. Ventajas y desventajas de módulos electrónicos de comunicación XBEE. Elaborado por Patricio Vaca.....	30
Tabla 5.9. Campos de estructura del paquete de envío. [20]	35
Tabla 5.10. Rangos de potencia de transmisión del equipo wasmote Xbee pro . [21].....	38
Tabla 5.11. Canales de transmisión del equipo wasmote Xbee pro . [22]	40
Tabla 5.12. Entradas digitales PLC de la UMA (PCO 1). [24].....	49
Tabla 5.13. Enfriamiento de baldosas perforadas y ventiladores. Elaborado por Patricio Vaca.	56
Tabla 5.14. Comparativo de toneladas de enfriamiento de los ventiladores. Elaborado por Patricio Vaca	56
Tabla 5.15. Carga térmica nominal y máxima de la fila 3 y fila 4 del centro de datos de Telconet. Elaborado por Patricio Vaca	60
Tabla 5.16. Ventilador sobre una baldosa perforada al 56% y al 25%. Elaborado por Patricio Vaca R.....	61
Tabla 5.17. Comportamiento de la temperatura estatus actual vs con la implementación del proyecto. Elaborado por Patricio Vaca R.....	61
Tabla 5.18. Programación semanal para la implementación del proyecto. Elaborado por Patricio Vaca	63
Tabla 5.19. Costo de equipos para implementación del proyecto. Elaborado por Patricio Vaca	63
Tabla 5.20. Costo de mano de obra para la implementación del proyecto. Elaborado por Patricio Vaca.	64
Tabla 5.21. Costo total del proyecto. Elaborado por Patricio Vaca.	64

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1.1.</i> Vista lateral del centro de datos Telconet [1].....	2
<i>Figura 5.1.</i> Vista frontal del chiller – Circuito cerrado de agua [6].....	8
<i>Figura 5.2.</i> Vista frontal de la UMA - Circuito de agua interno [7].....	8
<i>Figura 5.3.</i> Suministro de aire frío por medio de las UMA´s [8]	9
<i>Figura 5.4.</i> Cuarto TI Datacenter Google [9]	10
<i>Figura 5.5.</i> Plano arquitectónico cuarto TI de TELCONET, Filas 3- 4 comunicaciones internas TELCONET. Elaborado por Patricio Vaca	11
<i>Figura 5.6.</i> Interior del Cuarto TI - sin pasillo frio [10]	11
<i>Figura 5.7.</i> Ejemplo de implementación de pasillo frio [11].....	12
<i>Figura 5.8.</i> Método de enfriamiento del rack con circuito cerrado. Elaborado por Patricio Vaca	13
<i>Figura 5.9.</i> Vista frontal UMA y sus partes principales. Elaborado por Patricio Vaca.....	14
<i>Figura 5.10.</i> Diagrama de control y Unifilar del PLC de la UMA – Control de la electroválvula [12].....	16
<i>Figura 5.11.</i> Gráfico del sensor de temperatura su curva característica temperatura vs resistencia. Elaborado por Patricio Vaca.....	17
<i>Figura 5.12.</i> Especificaciones técnicas del sensor de humedad. [13].....	18
<i>Figura 5.13.</i> Diagrama Unifilar PLC UMA – Sensor de temperatura. [14]	18
<i>Figura 5.14.</i> Diagrama Unifilar PLC UMA – Control de humidificador. [15].....	19
<i>Figura 5.15.</i> Diagrama Unifilar PLC UMA – Control de resistencias. [16].....	20
<i>Figura 5.16.</i> Esquema de conexiones para el monitoreo de una UMA. Elaborado por Patricio Vaca	21
<i>Figura 5.17.</i> Comportamiento de la temperatura de la UMA-3. Elaborado por Patricio Vaca ..	21
<i>Figura 5.18.</i> Descripción de partes y piezas de los módulos de transmisión y recepción de datos. Elaborado por Patricio Vaca	31
<i>Figura 5.19.</i> Ubicación de los módulos y switch libelium en el centro de datos. Elaborado por Patricio Vaca	32
<i>Figura 5.20.</i> Topología de red de los módulos libelium conexión mesh. Elaborado por Patricio Vaca	33
<i>Figura 5.21.</i> Topología de red de los módulos libelium conexión mesh. Elaborado por Patricio Vaca	34

<i>Figura 5.22.</i> Características de comunicación de los módulos xbee [18].....	34
<i>Figura 5.23.</i> Características de comunicación de los módulos meshlium [20]	35
<i>Figura 5.24</i> <i>Encriptación AES</i> . (Advanced Ecryption Standar) [24].....	41
<i>Figura 5.25.</i> Parámetros para la programación del equipo Meshlium. Elaborado por Patricio Vaca	43
<i>Figura 5.26.</i> Establecida la comunicación se hace la verificación de encabezado y carga de paquetes Elaborado por Patricio Vaca	43
<i>Figura 5.27.</i> Pantalla para crear la base de datos desde el equipo meshlium. Elaborado por Patricio Vaca	44
<i>Figura 5.28.</i> Pantalla con el Sript en el programa My SQL. Elaborado por Patricio Vaca.	44
<i>Figura 5.29.</i> Pantalla con el Sript en el programa My SQL. Elaborado por Patricio Vaca.	45
<i>Figura 5.30.</i> Ejemplo de monitoreo de las UMAS en el DC-UIO. Elaborado por Patricio Vaca.	45
<i>Figura 5.31.</i> Límites altos y bajos de temperatura admisibles. Elaborado por Patricio Vaca ...	46
<i>Figura 5.32.</i> Pantalla principal del sistema de monitoreo. Elaborado por Patricio Vaca	48
<i>Figura 5.33.</i> Pantalla de entrada digital de la UMA. Elaborado por Patricio Vaca.....	50
<i>Figura 5.34.</i> Equipo Wasmote vista frontal y sus entradas digitales. [26]	51
<i>Figura 5.35.</i> Ubicación de los módulos coordinadores libelium y ventilador. Elaborado por Patricio Vaca	53
<i>Figura 5.36.</i> Comportamiento de salidas digitales y acción de equipos. Elaborado por Patricio Vaca	54
<i>Figura 5.37.</i> Diagrama de conexiones y datos de alimentación eléctrica del ULN2003A. [27]	55
<i>Figura 5.38.</i> Esquema de conexiones de control del módulo libelium con los ventiladores. Elaborado por Patricio Vaca	55
<i>Figura 5.39.</i> Diagrama de conexión de control para la UMA. Elaborado por Patricio Vaca	57
<i>Figura 5.40.</i> Diagrama Unifilar PLC UMA – Entradas digitales. [28].....	58
<i>Figura 5.41.</i> Conexiones eléctricas de la UMA- entradas digitales. Elaborado por Patricio Vaca	58
<i>Figura 5.42.</i> Cuarto principal de Telconet con distribución de pasillos fríos y calientes. Elaborado por Patricio Vaca	59

1. INTRODUCCIÓN

El almacenamiento y gestión de datos a nivel empresarial es muy común y cada vez va creciendo a pasos gigantescos, esto se debe a la cantidad de datos y registros indispensables para la producción y la continuidad de una empresa, muchas empresas poseen centro de datos o DATACENTER internos que guardan su información, en muchos de estos casos no es la forma más segura de gestionar y guardar dicha información, comparando los riesgos que una empresa que tiene como por ejemplo atentados a sus instalaciones se recomienda manejar la información indispensable en otro sitio que no sea sus propias instalaciones, en la actualidad existen centros de datos dedicados exclusivamente a la gestión y virtualización de datos de varias empresas entregando niveles muy altos de disponibilidad y confiabilidad a cada uno de los clientes, uno de estos centros de datos es el CENTRO DE DATOS DE TELCONET[1] donde varias empresas públicas y privadas del Ecuador han depositado toda su confianza para la servicio de hosting y clouding. La información se la maneja en equipos tales como Servidores, routers, Switch, PC, etc que se encuentran internamente en un Racks y los Racks se encuentran en el cuarto más importante llamado “Cuarto TI”, dicho cuarto se encuentra en el medio del Centro de Datos TELCONET llamado CLOUD CENTER II como se puede observar en la Figura 1.1.

Por la cantidad de calor que producen los equipos en el cuarto principal del Centro de Datos es indispensable obtener con detalle las variaciones de la temperatura y humedad, es aquí donde interviene el proyecto a realizar, con el estudio se logrará mejorar el monitoreo y estabilizar tempranamente la temperatura del cuarto principal, se realizará un diseño de red de sensores inalámbricos con estándar MESH (Malla) para determinar el comportamiento de temperatura y humedad en el cuarto principal del Cloud Center II estos sensores evitarán principalmente un

imperfecto o anomalía en los equipos instalados causado por alta temperatura o por aumento de humedad en cada pasillo del cuarto T.I., obteniendo alarmas tempranas que notificarán al personal encargado B.O.C. (*Business Operation Center*) y para acciones rápidas el departamento P.A.C. (*Power And Cooling*)

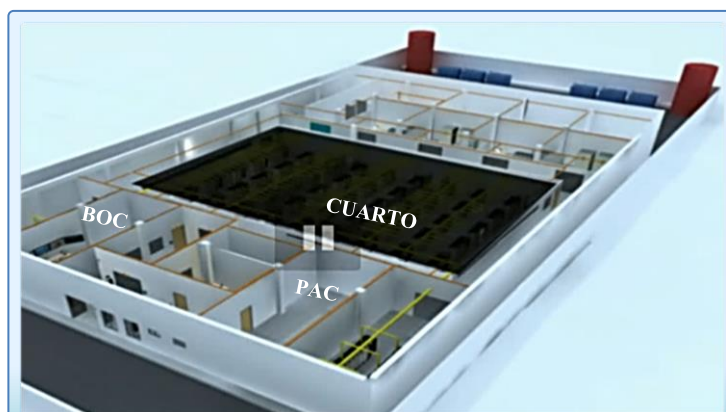


Figura 1.1. Vista lateral del centro de datos Telconet [1]

A la red de sensores se las podrá monitorear y obtener sus datos en un sistema que se encuentra en la sala B.O.C. (*Business Operation Control*) ubicado dentro del mismo Centro de datos, esta sala se encarga del bienestar de todo el edificio principalmente del cuarto T.I. o cuarto principal, en el B.O.C. existe el control y monitoreo de todos los sistemas por ejemplo: conectividad, seguridad, sistema eléctrico, sistema de aire acondicionado detección y extinción de incendios, entre los principales.

2. JUSTIFICACIÓN

El avance tecnológico en la actualidad demanda un incremento cada vez mayor de información y procesamiento de datos, es por eso que son necesarios centros de datos con la capacidad de manejar y garantizar la información de cada uno de sus clientes. En el centro de datos de TELCONET se alberga información clasificada, información que pondría en riesgo varias empresas públicas y privadas hasta llegaría afectar la economía del país ya que varios clientes alojados en el centro de datos son entidades financieras, este centro de datos cuenta con tres certificados importantes el primero es ISO 27001 (Seguridad de la información), el segundo es el certificado de TIER III de UPTIME INSTITUTE [2] este es un certificado que se otorga a centro de datos a nivel mundial que cumplen con normas con altos niveles de estabilidad y confiabilidad y el tercer certificado es ISO 22301 que garantiza la continuidad de la empresa utilizando las mejores prácticas de los centro de datos enfocada a la mejora continua de los procedimientos del negocio.

En el edificio de TELCONET CLOUD CENTER II actualmente existen cerca de 100 Racks en donde se albergan equipos de telecomunicaciones como servidores, switch, blades, pc, etc.

El promedio de consumo eléctrico en cada rack es de 5KVA , esto sin duda es una gran potencia eléctrica que a su vez es transformada en calor, es por eso que se necesita un sistema de enfriamiento industrial conformado principalmente por equipos llamados Chiller's (*Equipos que enfrían agua que pasará por otros equipos llamados UMAS que finalmente por medio de serpentines enfrían el aire del cuarto principal*) [3], sería de gran ayuda saber permanentemente el comportamiento de temperatura y humedad con umbrales definidos y alarmas tempranas.

En base del reglamento internacional del UPTIME TIER III [4] se establecen cláusulas dentro de los contratos donde la empresa se compromete a entregar un reporte mensual a sus clientes de los niveles de servicio o SLA tanto en conectividad, como del sistema eléctrico y aire acondicionado. Este nivel de servicio acordado con el cliente es del 99.98%, esto quiere decir que solo 2 horas pueden dejar de funcionar en todo un año. El incumplimiento de este acuerdo de servicio provoca multas económicas elevadas con cada uno de los clientes públicos y privados para esto es de vital importancia obtener la información rápida de los cambios de temperatura y humedad anticipándose al mal funcionamiento de los equipos albergados a los Racks.

3. ANTECEDENTES

A lo largo de este año han existido variaciones de voltaje en la red pública que llega al centro de datos TELCONET CLOUD CENTER II esto se obtiene por la diferencia de consumo eléctrico de las empresas aledañas, esto afecta a la calidad energética interna del edificio, por lo que sufre varios apagones al mes.

Cuando hay un corte de energía en el edificio el sistema de aire acondicionado se resetea dando lugar a un incremento de dos grados centígrados en menos de cinco minutos hasta que se enciendan los generadores, uno de los problemas se origina cuando los equipos de AACC no se restauran automáticamente, las maniobras de encendido se las tiene que hacer manualmente con el personal técnico de la empresa, esto demora alrededor de cinco minutos, para este entonces la temperatura en el cuarto principal ha incrementado cinco grados centígrados aproximadamente. En el centro de datos de Telconet existen implementados sensores de temperatura pero estos se encuentran internamente en las UMAS [5] (Unidades Manejadoras de Aire) estos equipos proporcionan aire frío al Cuarto principal, debido a la posición de dichos sensores es más complicado y menos preciso determinar una variación de temperatura en los racks ya que dichos equipos, por diseño, están ubicados a treinta metros de distancia, provocando la respuesta tardía a la variación de temperatura poniendo en riesgo la infraestructura de todos los equipos.

4. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Diseñar de un sistema de monitoreo de temperatura y humedad en el centro de datos de TELCONET, utilizando red inalámbrica

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Análisis la situación actual del monitoreo de temperatura y humedad en el cuarto principal del Centro de Datos de Telconet.
2. Estudio de las alternativas de sensores adecuados para el sistema de monitoreo de temperatura y humedad.
3. Análisis y determinar el medio de comunicación de la red inalámbrica para la transmisión de la información entre dispositivos.
4. Diseño del sistema de monitoreo y alertas de la temperatura y humedad del cuarto principal del Centro de Datos de Telconet cumpliendo con las normas internacionales que establece el Instituto de regulación de los centros de datos TIA 942 y Ashrae.
5. Elaborar un presupuesto referencial para la implementación del sistema de monitoreo.

5. DESARROLLO CASO DE ESTUDIO

Diseñar de un sistema de monitoreo de temperatura y humedad en el centro de datos de Telconet, utilizando red inalámbrica

5.1. Análisis de la situación actual del sistema monitoreo de temperatura y humedad en el cuarto principal del Centro de Datos de Telconet.

A continuación se detallará los equipos que actualmente ayudan con el enfriamiento del cuarto principal del centro de datos, donde lo más importante es el análisis del comportamiento de la temperatura actualmente para determinar cuál será el mejor desempeño de los equipos a instalar con este proyecto.

5.1.1. Infraestructura del sistema de aire acondicionado en el cuarto principal.

El método de enfriamiento del cuarto principal se lo obtiene a través de un sistema compuesto con los siguientes elementos, de los cuales se detallan los más relevantes:

- Chiller
- Uma
- Cuarto TI o cuarto principal / Rack
- Pasillo frío y pasillo caliente

1. *Chiller*.- Este equipo es una máquina frigorífica que cuyo trabajo principal es el de enfriar agua; el agua es enfriada normalmente de 16 grados centígrados hasta los 8 grados centígrados, este intercambio de calor se lo obtiene por medio del evaporador y condensador que funcionan internamente con refrigerante R134A.

El refrigerante R134A tiene la característica de llegar a temperaturas bajo cero sin congelarse “puede llegar a tener -5 grados centígrados y trabajar sin problemas”, lo que ayuda a enfriar el

agua más rápidamente cuando esta pasa por el evaporador “radiador” del chiller, se puede ver el circuito de agua en la figura 5.1.

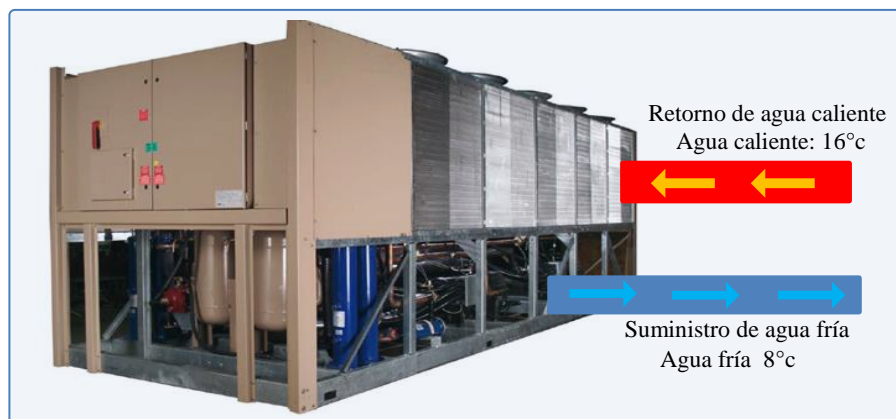


Figura 5.1. Vista frontal del chiller – Circuito cerrado de agua [6]

2. *UMA*.- Es llamada así por sus siglas Unidad Manejadora de Aire, es un equipo industrial que se encarga del enfriamiento de áreas cerradas como cuartos de TI, cuartos de UPS, cuartos de transferencias, etc. El trabajo de este equipo consiste en dos fases:

Primero es el circuito de agua el mismo que consiste en tomar agua fría que entregan los chillers por medio de las tuberías metálicas, el agua ingresa por una electroválvula que es controlada según sea necesario enfriar más el aire o no, el agua luego pasa hacia un radiador con tuberías muy pequeñas enfriándolas a cada una de ellas.



Figura 5.2. Vista frontal de la UMA - Circuito de agua interno [7]

El agua sale por la tubería de retorno hacia el chiller, este circuito tiene un promedio de variación de temperatura de 4 grados centígrados es decir, por la tubería de suministro ingresa 10 grados centígrados y por la tubería de retorno, la UMA entrega al chiller el agua a 14 grados centígrados completando el circuito de agua, tal como se muestra en la figura 5.2

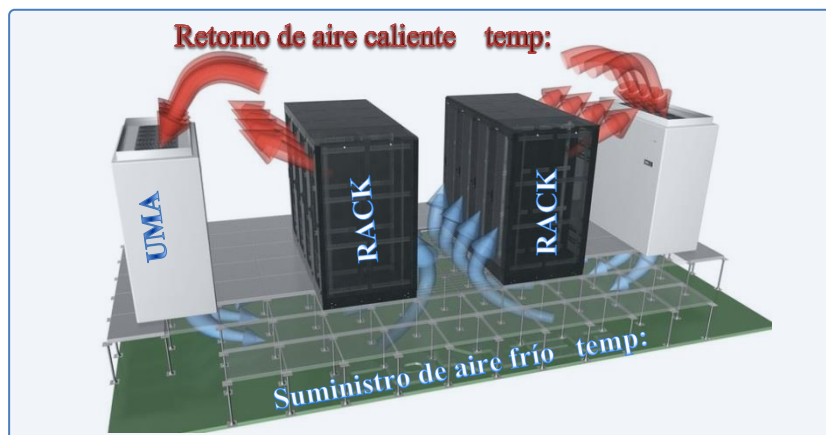


Figura 5.3. Suministro de aire frío por medio de las UMA's [8]

El segundo proceso que realiza la UMA es de extraer aire caliente por medio de turbinas en un ambiente cerrado, cuando ingresa el aire a la UMA este llegará a tener contacto con el evaporador o radiador que tiene agua helada en su interior y se realiza el intercambio de calor del aire caliente hacia el agua fría, como muestra la figura 5.3.

3. *Cuarto TI.*- Este cuarto es sin duda el cuarto más importante de un centro de datos llamado TI por sus palabras en inglés (Technology Information) en español Tecnología de la información, en este cuarto se dispone de varios sistemas que poseen redundancias según la categoría de DataCenter, entre los principales sistemas que se tiene son: aire acondicionado, sistema eléctrico, sistema de seguridad, sistema de detección y extinción de incendios, sistema de comunicación y sistema de monitoreo.

Todos los equipos del centro de datos tienen un trabajo que realizar en beneficio del cuarto principal, aquí albergan varios racks tal como se puede ver en la figura 5.4

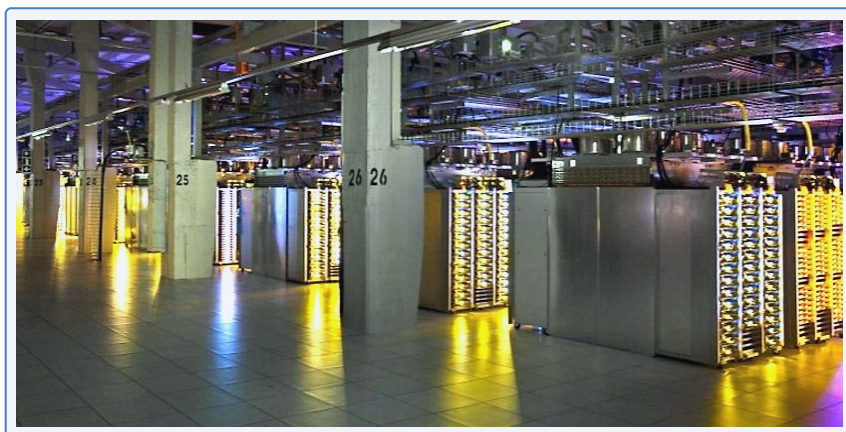


Figura 5.4. Cuarto TI Datacenter Google [9]

En el centro de datos de Telconet el aire acondicionado que llega al cuarto principal ingresa por debajo del piso falso, es decir por debajo de los racks.

El cuarto principal puede albergar alrededor de 180 racks los cuales están distribuidos en varias filas de 20 racks cada uno, en total se tiene en el centro de datos de Telconet 9 filas con 18 PDU principales que entregan energía redundante a cada fila, en otras palabras cada fila tiene dos fuentes de alimentación independientes. El cuarto principal dispone de 8 UMAS distribuidas externamente para el sistema de enfriamiento.

El proyecto de investigación únicamente se lo realizará sobre las filas 3 y 4 que pertenecen a la parte de comunicación interna de TELCONET como lo muestra la figura 5.5, se lo hace en estas dos filas ya que es allí es donde se tiene los permisos adecuados para el análisis e implementación de este proyecto.



Figura 5.5. Plano arquitectónico cuarto TI de TELCONET, Filas 3- 4 comunicaciones internas TELCONET. Elaborado por Patricio Vaca

4. *Pasillo frío y pasillo caliente.*- En los centros de datos es muy importante la eficiencia del consumo energético. Una de las claves para bajar los costos eléctricos por enfriamiento es implementar el pasillo frío dentro del cuarto principal el cual tiene bajo costo y se la implementa en poco tiempo.



Figura 5.6. Interior del Cuarto TI - sin pasillo frío [10]

Si no se tiene implementado una infraestructura que ponga un límite para el aire frío que sale de las baldosas perforadas en el cuarto principal, el aire caliente y el aire frío se mezclan

calentando toda la sala en algunos casos o en otros consumiendo más energía de lo normal para enfriar el cuarto.

El pasillo frío es básicamente un pequeño cuarto donde se alberga un ambiente de bajas temperaturas comparado con otro lado del cuarto principal, luego de realizar un estudio termográfico se implementan baldosas perforadas para que pueda ingresar el aire frío al pasillo, este aire pasará a través de los racks bajando la temperatura de los equipos internos, luego llega a la parte posterior del rack y el mismo aire que ingresó ahora ha elevado su temperatura por el intercambio de calor producido por los equipos del rack, desde el momento que el aire sale del rack este ya se encuentra en el pasillo caliente, tal como se muestra en la figura 5.7

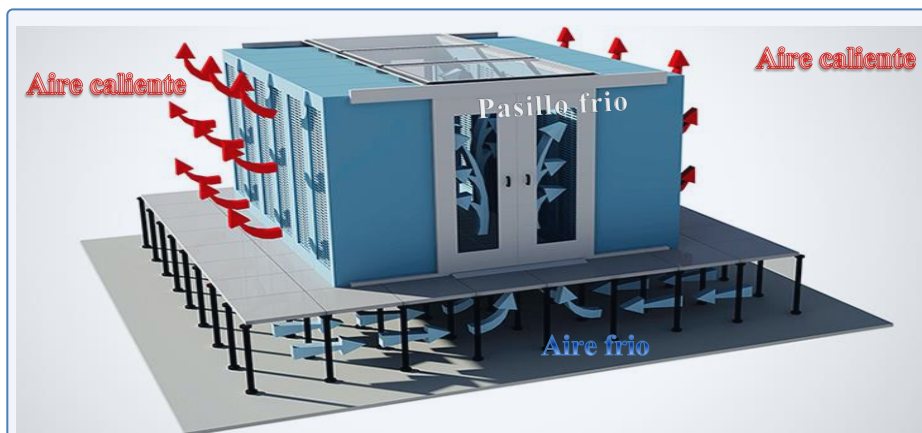


Figura 5.7. Ejemplo de implementación de pasillo frío [11]

Según la organización que se dedica a mejorar las condiciones de enfriamiento ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) con su última actualización

5.1.2. Método de enfriamiento de los racks en el cuarto principal.

El método de enfriamiento de un rack se lo obtiene a través de varios equipos, que se los programa para trabajar coordinadamente con dos diferentes ciclos de refrigeración, el primero

consta de un ciclo de circulación de agua y el segundo de un ciclo de aire, estos dos circuitos constan de seis partes principales para cumplir con el ciclo:

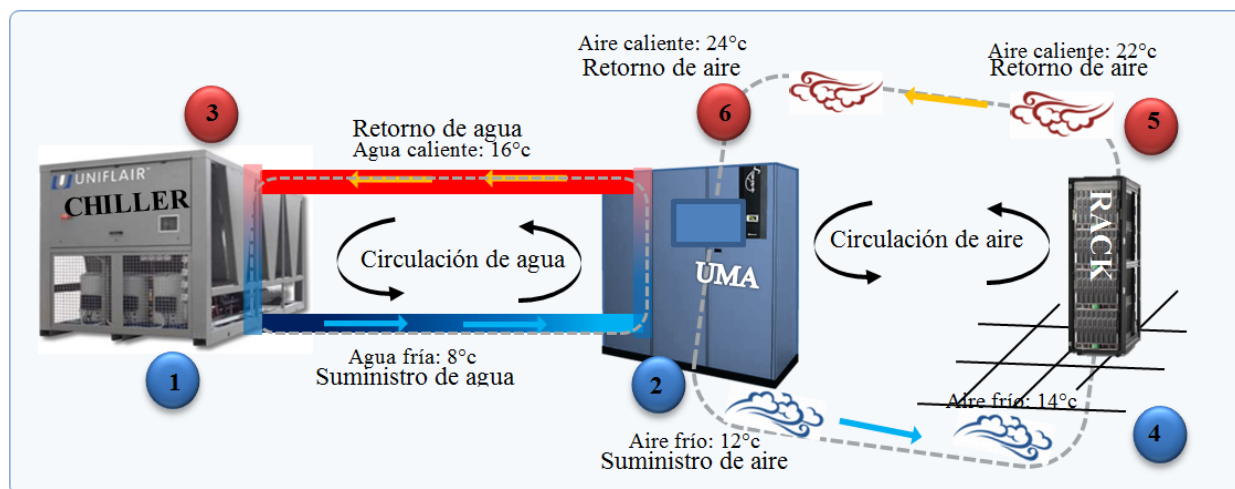


Figura 5.8. Método de enfriamiento del rack con circuito cerrado. Elaborado por Patricio Vaca

1. El primer ciclo de refrigeración se lo hace enfriando el agua que circula dentro de las tuberías que pasan por los Chiller y las UMAS, el agua es enfriada a 8 grados centígrados.
2. El agua fría llega a las UMAS que tienen grandes radiadores y por el interior de estos radiadores pasa el agua fría, las turbinas empujan el aire por el medio de estos radiadores, es aquí donde llega el aire hasta los 12 grados centígrados.
3. El radiador de la UMA traslada el calor del aire al agua que circula internamente sobre él, finalmente el agua caliente pasa por medio de las tuberías y llega al chiller cerrando el ciclo de agua.
4. Este aire frío que sale por la UMA es enviado bajo el piso falso y llega hacia el pasillo frío del cuarto principal, para llegar al punto más importante del ciclo que es enfriar los equipos alojados dentro de cada rack en el cuarto principal.

5. Luego de enfriar los equipos de los racks el aire se calienta llegando a una temperatura de 22 grados centígrados

6. En este punto el aire incrementa por los diferentes equipos externos al pasillo frio llegando a una temperatura promedio de 24 grados centígrados ingresa por la parte superior de la UMA y es donde culmina el ciclo del aire, pasando por el radiador para nuevamente disminuir su temperatura.

En la figura 5.8 se pueden observar los 6 pasos descritos anteriormente para el enfriamiento de los racks.

5.1.3. Sistema de Monitoreo y control actual de humedad y temperatura.

Existe ya implementado un sistema de monitoreo y control de ambiente en el cuarto TI, en cada UMA sus PLCs tienen instalados un sensor de temperatura y humedad en la parte superior por donde ingresa el aire, de esta manera su PLC recibe cada instante la señal de dichos sensores del aire que retorna a la UMA, en la figura 5.9 se puede observar como está conformada la Unidad manejadora de aire.

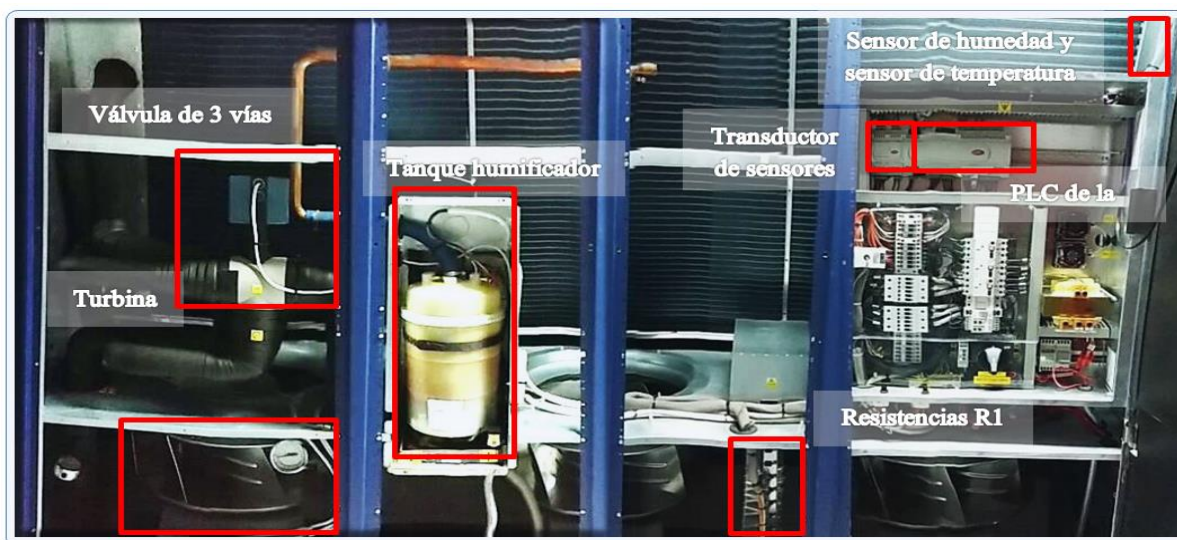





Figura 5.9. Vista frontal UMA y sus partes principales. Elaborado por Patricio Vaca

Para controlar estos dos parámetros se tiene los siguientes procesos:

- Control de temperatura
- Control de humedad.

Control de temperatura. El momento que la UMA detecta un cambio en el sensor de temperatura y existe una diferencia con el set-poin programado, el PLC (PCO 1 CAREL) envía una señal a la electroválvula para regular el paso de agua fría, a mayor paso de agua fría el radiador se enfriará más y a su vez enfriará más el aire que pase a través de él tal como se muestra en la parte 2 y 3 de la tabla 5.1.

Tabla 5.1. Apertura y cierre de la electroválvula de tres vías Elaborado por Patricio Vaca

1. Cierre de la electro- válvula	2. Apertura de la electroválvula al 20%-80%	3. Apertura de la electroválvula al 100%
Cuando no es necesario enfriar más el cuarto TI, ya que no hay carga térmica o el ambiente	– Para mantener el cuarto TI en una temperatura estable y ambientes controlados.	– En caso de emergencia es necesario el máximo de agua fría que pase por el radiador para enfriar el aire más rápidamente.
		

Por otro lado si la apertura de la electroválvula se reduce al 0% no habrá fluido de agua a través del radiador y el aire no bajará su temperatura, como indica la parte 1 de la tabla 5.1. Este comportamiento pasa normalmente cuando el cuarto ya está frío.

La electroválvula VAC es controlada por medio del terminal Y2 que es una salida de voltaje análogo esto quiere decir que la electroválvula tendrá una variación proporcional desde 0% hasta 100% de apertura para regular el paso de agua hacia el radiador, el sistema de control se lo puede observar en la figura 5.10.

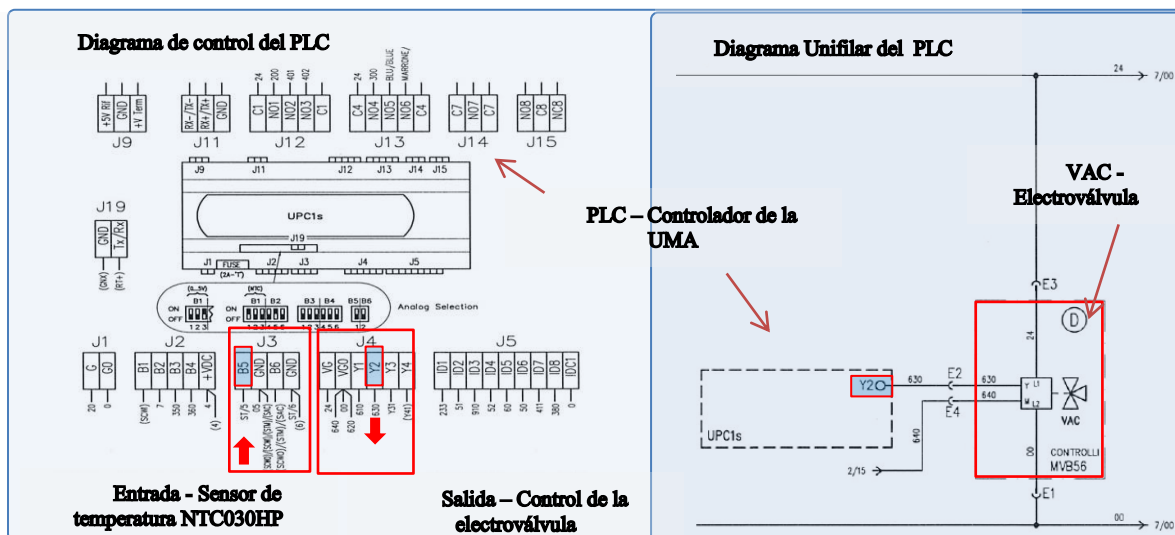


Figura 5.10. Diagrama de control y Unifilar del PLC de la UMA – Control de la electroválvula [12]

El sensor es tipo NTC esto quiere decir que el comportamiento de la temperatura es inversamente proporcional a la resistencia, según las especificaciones técnicas del sensor indica que el punto medio es el cuándo la temperatura se encuentra a 25° centígrados la resistencia estará a 10K Ω , como dato importante también se tiene que el punto máximo es 105° centígrados y el mínimo es -50° centígrados con fluido de aire, teniendo en cuenta que la respuesta de la resistencia en este tipo de sensores no es lineal, la figura 5.11 muestra los valores más relevantes que tiene el sensor de temperatura.

Se debe realizar un análisis de comportamiento en todo el rango admisible de temperatura y determinar la ecuación que fue ingresada en el PLC para indicar la temperatura real del cuarto. En la tabla 5.1 se muestran los valores aceptables de resistencia que tendrá el PLC respecto al

comportamiento de la temperatura en el cuarto, a esto se lo llama zona útil, si los rangos de resistencia están fuera de la zona útil el sensor se encuentra defectuoso o se rompió la sonda, lo que llevará a una alarma por “daño de sensor”

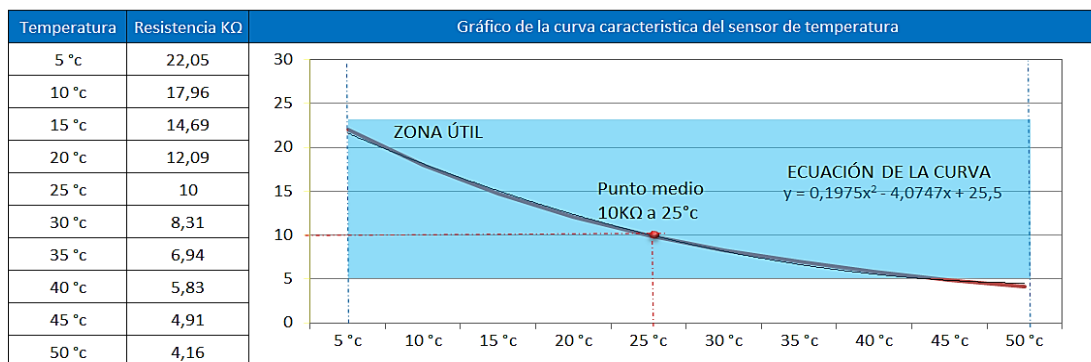


Figura 5.11. Gráfico del sensor de temperatura su curva característica temperatura vs resistencia. Elaborado por

Patricio Vaca

Teniendo en cuenta la zona útil como valor máximo de temperatura 50°C y como mínimo 5°C se tiene la siguiente ecuación de segundo orden:

$$y = 0,1975x^2 - 4,0747x + 25,5$$

Control de humedad. La humedad es medida por un sensor colocado internamente en la UMA como lo muestra la figura 5.9, el PLC recibe la señal por los terminales B2 y GND, este sensor es de tipo capacitivo que se basan en el cambio de la capacidad que sufre un condensador en presencia o ausencia de humedad. Las especificaciones técnicas nos ayudan a determinar el comportamiento del sensor las cuales se pueden ver en la figura 5.12.

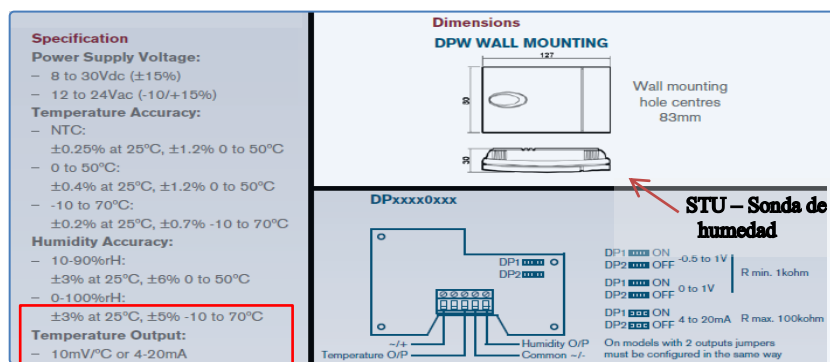


Figura 5.12. Especificaciones técnicas del sensor de humedad. [13]

Este transductor tiene un sistema electrónico que recibe la señal del sensor de humedad y la convierte en una respuesta lineal, teniendo como resultado el porcentaje de humedad relativa directamente proporcional a los milivoltios entregados por el equipo STU, este sensor se lo puede ubicar claramente en la figura 5.13

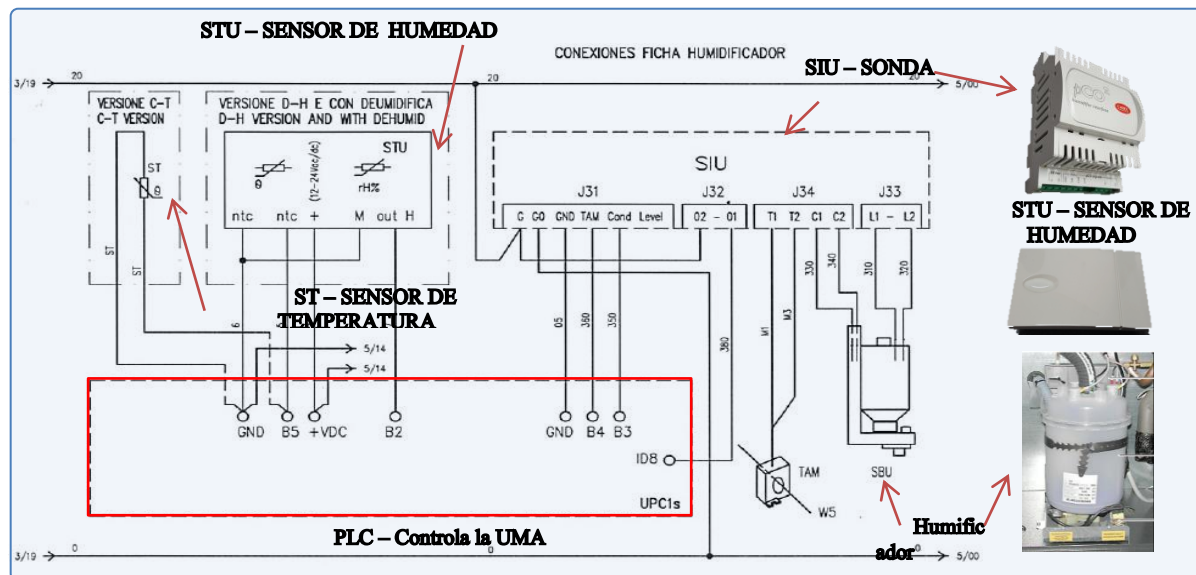
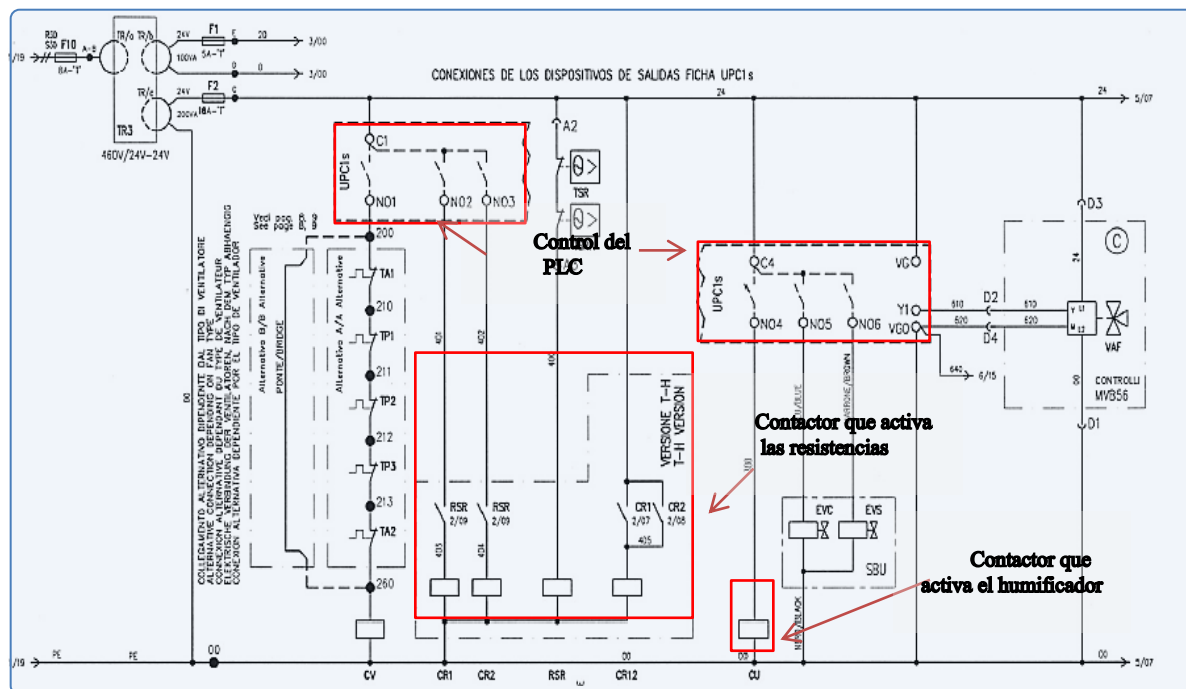


Figura 5.13. Diagrama Unifilar PLC UMA - Sensor de temperatura. [14]

Para mantener la humedad programada se tiene un sistema de control, con dos tipos de acciones, el primer caso es (ambiente seco) si llegara a bajar la humedad en el cuarto TI puede

afectar los servidores ya que la electrostática es mayor en ambientes secos, en ese punto los contactores CR1 y Cr2 se encienden para que el tanque humidificador haga su trabajo,



mayor consumo de energía tienen en toda la UMA, llegando a los 10 amperios se puede ver la conexión de las resistencias en la figura 5.15.

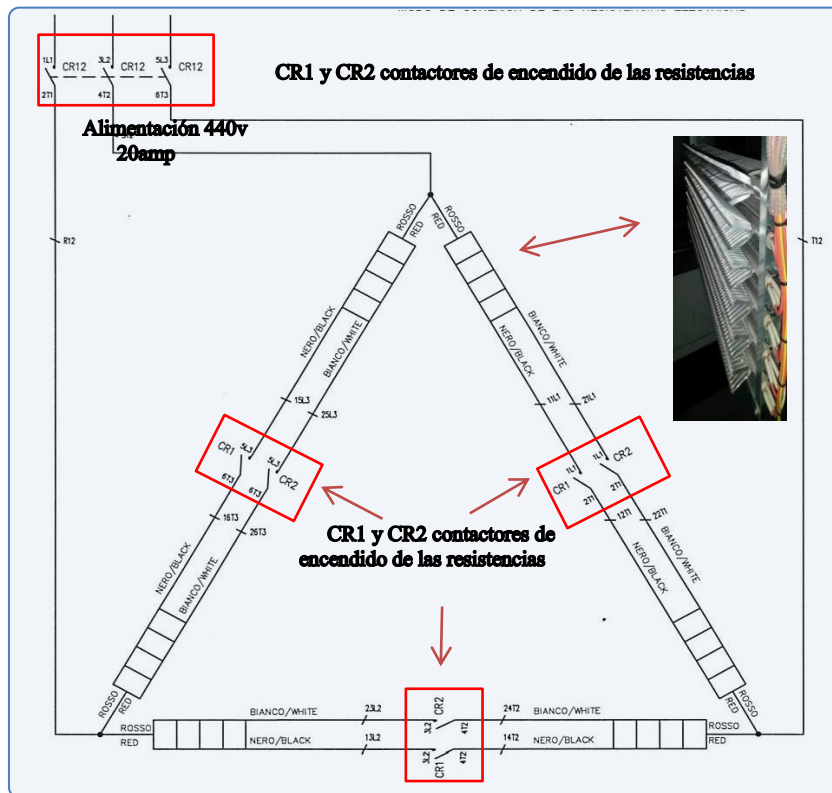


Figura 5.15. Diagrama Unifilar PLC UMA – Control de resistencias. [16]

Monitoreo de la UMA. El monitoreo se lo realiza por medio de un accesorio que se instala en el PLC de la UMA, este se llama pCOWeb, la tarjeta pCOWeb actúa como “Gateway”, es un traductor entre el PLC y los protocolos de red Ethernet, este pequeño dispositivo transmite datos por medio del protocolo SNMP, el mismo que está físicamente conectado al Switch Nro1 “Sw de Equipos AACC” posteriormente se comunica con el servidor, en donde se encuentra instalado el programa Zabbix, que es nuestro integrador de monitoreo de equipos.

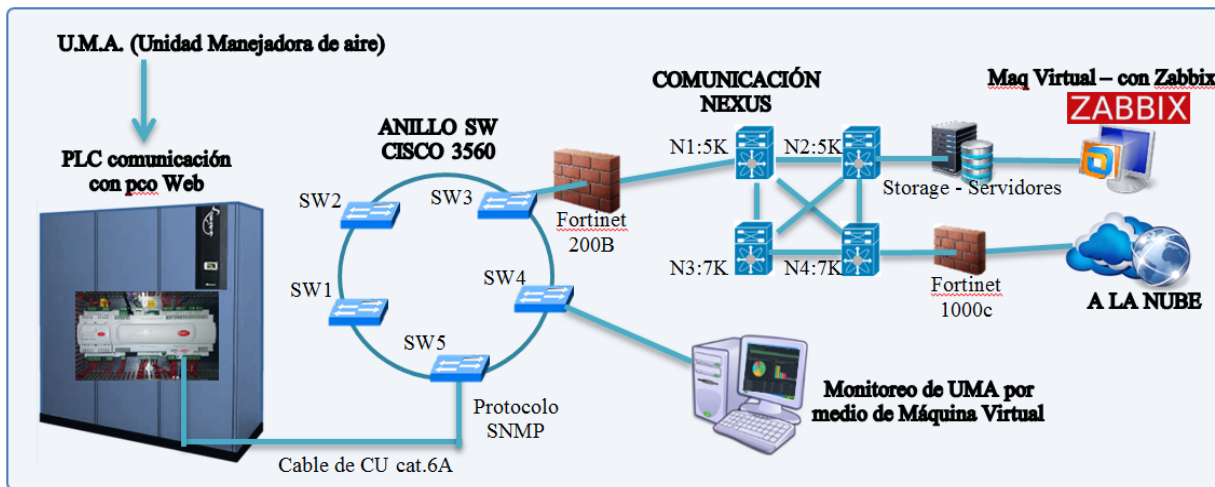


Figura 5.16. Esquema de conexiones para el monitoreo de una UMA. Elaborado por Patricio Vaca

Si se necesita realizar consultas se las puede hacer con los permisos pertinentes y desde varios puntos con diferentes usuarios, actualmente el departamento de monitoreo tiene los permisos de administrador y puede crear usuarios o cambiar valores de histéresis para los diferentes equipos monitoreados, tal como muestra la figura 5.16. con el esquema de monitoreo actual en el Centro de datos. Cuando se realiza el monitoreo de la UMA-3 el historial de la temperatura, por ejemplo, en la pantalla nos aparece una imagen con el comportamiento de temperatura únicamente de ese equipo, tal como muestra la figura 5.17.



Figura 5.17. Comportamiento de la temperatura de la UMA-3. Elaborado por Patricio Vaca

5.2. Estudio de las alternativas de sensores adecuados para el sistema de monitoreo de temperatura y humedad.

5.2.1. Análisis de mejor alternativa de Sensores de temperatura

Para escoger el sensor idóneo para el desarrollo del proyecto es indispensable conocer su comportamiento, tomando en cuenta que la respuesta del cambio de temperatura difiere de uno a otro dispositivo. Entre los principales tipos de sensores de temperatura se tiene: termocuplas, termistores, RTD.

- Termocuplas. Este tipo de sensor consiste de dos conductores unidos en un punto con dos metales distintos, el calor produce una tensión de varios milivoltios con lo cual se puede determinar la temperatura en el punto indicado.
- RTD. Consiste de un metal este puede ser de Platino o de Cobre que cambia su resistencia según el cambio de la temperatura, tiene un rango de medición amplio y con alta precisión lo que la hace excelente para uso en controles a nivel industrial.
- Termistor. Básicamente por la propiedad de los materiales semiconductores este sensor varía su resistencia con cambios de la temperatura. Generalmente, los termistores están hechos de cerámica, cobalto, manganeso o níquel recubiertos en vidrio. Los termistores hoy en la actualidad han sido modificados al punto de ser encapsulados y presentados como transistores, utilizando con dos ventajas relevantes, amplia precisión con el comportamiento de la variación de la temperatura y el costo es relativamente inferior que los otros tipos de sensores, con tres pines o patas para su conexión tan solo utilizando voltaje de corriente continua en sus extremos, este transistor entrega la señal analógica con una variación de voltaje.

Tabla 5.2. *Ventajas y desventajas de los sensores de temperatura. Elaborado por Patricio Vaca*

SENSOR DE TEMP	TERMOCUPLA	RTD	TEMISTOR
DESVENTAJAS	No lineal	Costosa	No lineal
	Su señal tien bajo voltaje	Lenta a un cambio	Frágil
	Requiere referencia	Requiere fuente de poder	Requiere fuente de poder
	Menos estable	Poca variación en la resistencia	Temperatura limitada
	Menos sensible	Resistencia absoluta baja	Auto calentamiento
		Auto calentamiento	
VENTAJAS	Simple de conectar	Más exacta	Señal de salida alta
	Robusta	Más estable ante cambio de temp	Rapido señal de interpretación
	Económica	Más lineal que las termocuplas	Medición a dos hilos
	Diferentes formas para su instalación		Mas sensible
	Rangos altos de temperatura		
	No requiere fuente de poder		

Con la amplia variedad de sensores de temperatura es importante determinar cuál es el indicado haciendo un resumen de las ventajas y desventajas de los diferentes tipos tal como lo muestra la tabla 5.2, se ha analizado que el termistor es el indicado para este proyecto por su bajo costo, su precisión y sensibilidad, ahora se tiene que hacer un análisis más minucioso de cuál será el modelo de termistor ya que existen muchos y estos tienen un comportamiento muy diferente uno del otro.

Por lo tanto se tiene que analizar las especificaciones técnicas de los termistores que tienen más acogida en el mercado y principalmente que aplican para el uso de este proyecto.

Según la tabla 5.3 se puede observar que se tiene tres sensores de temperatura importantes los mismos que tienen ventajas y desventajas, para el LM35 su principal desventaja es que necesita un sistema de filtros para que funcione correctamente es por eso que su uso es exclusivo para prácticas y laboratorios.

Tabla 5.3. *Ventajas y desventajas de sensores tipo termistores. Elaborado por Patricio Vaca*




	LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors	DS18S20 High-Precision 1-Wire Digital Thermometer	LM56 Dual Output Low Power Thermostat
Temperatura en	Grados Centigrados	Grados Centigrados	Grados Centigrados
Resolución	8-Bit Resolución	9-Bit Resolución	9-Bit Resolución
Precisión	0.5°C Ensured Accuracy (at 25°C)	±0.5°C Accuracy from -10°C to +85°C	(+6.20 mV/°C × T) + 395 mV
Rango de temperatura	-55°C a 150°C	-55°C a 125°C	-65°C to +150°C
Costo	\$ 5,18	\$ 14,95	\$ 37,76
Distorsión	Distorsión sin acoplamiento	Poca distorsión sin acoplamiento	Muy poca distorsión sin acoplamiento
Corriente de entrada	50 µAmp	5 µAmp	230 µAmp
Voltaje de entrada	Operates from 4 V to 30 V	3.0V to 5.5V	2,7V to 10V
Acoplamiento	Necesita filtros	No necesita filtros	No necesita filtros
Auto calentamiento	Si	No	No
Nro. de salidas	1	1	2
Tipo de Uso	Laboratorio	Industrial procesos de control	Industrial procesos de control
Vista frontal del sensor			

Por otro lado se tiene al LM56 que es del mismo fabricante y supera en mucho las características técnicas lo que lo hace muy costoso es por eso que fue descartado del proyecto, sin embargo el sensor DS18S20 no necesita filtros y su costo no es elevado, lo que lo posiciona en el más apto para acoplar en este análisis.

5.2.2. Análisis de mejor alternativa de Sensores de humedad

Ahora en el mercado existe una gran variedad de sensores de humedad los cuales se los detallará para analizar cuáles son las ventajas y desventajas entre ellos y así conseguir el más apto para el proyecto. Entre los principales sensores se tiene, bulbo húmedo/bulbo seco, sensores mecánicos, sensor de temperatura y humedad integrado, sensores capacitivos, tal como se puede ver en la tabla 5.4

Tabla 5.4. *Ventajas y desventajas de los sensores de humedad. Elaborado por Patricio Vaca*

	Sensores mecánicos	Sensores capacitivos	Sensor de humedad (electrónicos)
Características Relevantes	No necesita alimentación eléctrica	No necesita alimentación eléctrica	Necesita alimentación eléctrica
	Se necesita calibración constante	Se necesita calibración	No necesita calibración
	Rango de humedad limitado	Rango de humedad total	Rango de humedad limitado
	No se pueden exportar datos	No se pueden exportar datos	Se pueden exportar datos
	Es de gran tamaño para el proyecto	Tamaño moderado	Tamaño mínimo
	Facil de instalar	Facil de instalar	Difícil de instalar
	Es el mas costoso	Es costoso	No es costoso
	No es lineal	No es lineal	Es lineal
	Uso mayormente en: calderos invernaderos	Uso mayormente en: industria	Uso mayormente en: sistemas de control
	Ambiente no daña el equipo	Ambiente no daña el equipo	Ambiente si daña el equipo
Gráfico del sensor			

Sensores mecánicos (por absorción o deformación). La idea de este tipo de sensores es aprovechar los cambios en las dimensiones que sufren ciertos tipos de materiales en presencia de la humedad como fibras sintéticas por ejemplo el nylon. Al aumentar la humedad relativa, las fibras aumentan de tamaño, es decir se alargan, luego esta deformación debe ser amplificada por palancas mecánicas, y debe ser graduada de acuerdo a la proporcionalidad con la humedad relativa.

Sensores capacitivos. Básicamente los sensores capacitivos son diseñados normalmente con platos paralelos con electrodos porosos, son construidos con materiales dieléctricos, los mismos que absorben o eliminan vapor de agua del ambiente con los cambios del nivel de humedad.

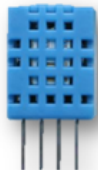


Los cambios resultantes en las placas dieléctricas causas una variación en la capacitancia eléctrica del sensor, por lo que resulta una impedancia que varía con la humedad.

Sensor de temperatura y humedad integrado (electrónicos). Este tipo de sensores tiene un gran uso en controles industriales, permite la integración en un chip, del sensor y la parte del proceso electrónico de la señal, también asegura la confiabilidad más alta y la estabilidad a largo plazo

excelente. Este sensor permite la toma de los valores de: temperatura y humedad del medio ambiente, básicamente son sensores capacitivos para la medición de humedad y termistores para la temperatura.

El proyecto se complementa con un sensor de humedad electrónico el mismo que se conecta directamente al módulo de adquisición de datos, aplicando la fórmula específica del sensor se puede obtener la humedad relativa del ambiente, es importante determinar que sensor electrónico se utilizará en este proyecto, para lo cual se tiene la tabla 5.5 comparativa entre los más conocidos del mercado.

Tabla 5.5. *Ventajas y desventajas de sensores capacitivos electrónicos. Elaborado por Patricio Vaca*

	DHT11	Temperature and humidity module	AM2302	Temperature and humidity module	HS1100	Sensore de humedad relativa
Resolución		16Bit		16Bit		8bit
Precisión temperatura		: At 25°C ±2° c		: At 25°C ±0,5° c		N/A
Precisión humedad		: At 25°C ±5% RH		: At 25°C ±2% RH		: At 25°C ±2% RH
Rango de temperatura		0° c -- 50° c		-40° c -- 125° c		N/A
Rango de humedad		20% -- 90% Hr		00% -- 100% Hr		00% -- 100% Hr
Costo	\$	15,45	\$	31,45	\$	16,85
Afectación por cambios de Volt		Muy sensible		Muy sensible		Poco sensible
Corriente de entrada		0.3mA standby 60µ A		0.3mA standby 60µ A		1mA
Voltaje de entrada		DC 3.5~5.5V		DC 3.3~6V		DC 5~10V
Acoplamiento		No necesita acoplamiento		No necesita acoplamiento		Si necesita acoplamiento
Auto calentamiento		No		No		Si
Nro. de salidas		4		4		2
Tipo de Uso		Laboratorios		Control industrial especializado		Control industrial
Vista frontal del sensor					 <p>HS1101 Side opening</p>	


El sensor de humedad con el que se va a trabajar en este proyecto será tipo electrónico modelo HS1100, se lo ha escogido por tener un rango amplio de medición de la humedad y por su bajo costo.

5.2.3. Determinar el módulo de control para la adquisición de datos de los sensores de temperatura y humedad.

El Proyecto necesita un módulo de control el cual debe tener entradas y salidas tanto análogas como digitales, es muy importante tener un módulo adicional para hacer la transferencia de datos inalámbricamente.

Es necesario analizar los diferentes modelos que se puede encontrar en el mercado, entre los más importantes se ha realizado la tabla 5.6 que compara las ventajas y desventajas que se tiene con los otros módulos más conocidos en el mercado.

Tabla 5.6. Ventajas y desventajas de módulos electrónicos. Elaborado por Patricio Vaca

	PLC	MicroLogix 1500	Microcontroler	Arduino UNO	Microcontroler	Waspote libelium	
Fuente - alimentación		120/240V AC		7v-12V		3.3 V - 5V	
Corriente - alimentación		400 mA		50 mA		100mA	
Nro de entradas		12		6 Analog , 8 Digital		7 Analog , 8 Digital	
Tipo de entradas		Tipo relay		6-20V		Voltaje max 5v	
Nro de salidas		8		14 digital, 1PWM output		8 Digital, 1PWM,	
Tipo de salidas		Tipo relay		Voltaje max 5v		Voltaje max 5v	
Velocidad de Entradas/salidas		20 kHz		16 MHz		14.7 MHz	
Se instala en caja pequeña		No		si		si	
Tamaño (largo-alto-profundidad)		(35,15-12,15-21,48) cm		(5,32-2,31-4,83) cm		(5,32-2,78-6,83) cm	
Modulos de expansión i/o		si		si		si	
Modulos de expansión wireless		no		si		si	
Expansión 802,15		N/A		si		si	
Marca		MicroLogix		Arduino		Libelium	
Acopla con batería		No		No		Si	
Costo	\$		1578,15	\$	164,15	\$	154,23
Tipo de Uso		Control industrial especializado		Control electrónico		Control electrónico	
Vista frontal del sensor							

Las características que tiene el módulo Wasmote de la marca Libelium son similares al Arduino Uno sin embargo al momento de colocar accesorios para realizar mediciones es mucho más modular y conveniente el Wasmote, adicional el costo es menor, es por eso que se utilizará este módulo para la realización del presente proyecto.

5.3. Análisis y determinar el medio de comunicación para la transmisión de la información entre dispositivos.

5.3.1. Análisis de alternativas de comunicación.






En la actualidad existen cada vez más equipos que realizan transmisión inalámbrica, pero en cada equipo hay una ventaja y desventaja en comparación de otros, por ejemplo los principales factores de una comunicación inalámbrica es el consumo eléctrico, el ancho de banda en la que transmiten sus datos y cuál es el alcance máximo entre emisor y receptor.

La gran ventaja con la comunicación Wifi con su buen ancho de banda pero necesita un alto consumo de energía para transmisión de datos. La tecnología Bluetooth tiene bajo consumo de energía, buen ancho de banda pero limitados equipos de conexión. Por último entre los más conocidos medios de comunicación inalámbrica se tiene el Xbee con el estándar IEEE 802.15.4 que tiene como punto positivo muy bajo consumo de energía pero por otro lado tiene un ancho de banda bastante limitado, característica que lo hacen idóneo para el desarrollo de este proyecto donde se transmitirán datos de temperatura, humedad y nivel de batería.

Para mostrar las ventajas y desventajas comparando los tres tipos de protocolos de comunicación se tiene la tabla 5.7.

Para este proyecto se ha escogido el medio de comunicación Xbee(IEEE 802.15.4) ya que además de tener bajo consumo eléctrico puede conectarse con varios equipos a la vez y se puede comunicar con una topología de red tipo mesh que no lo puede hacer los otros protocolos.

Tabla 5.7. Ventajas y desventajas de módulos de comunicación. Elaborado por Patricio Vaca

	Wifi 	Bluetooth 	Xbee 
Fuente - alimentación	120V - 240V (AC)	5V - 5.5V (DC)	3.3 V - 5V (DC)
Corriente - alimentación	400 mA	50 mA	40mA
Protocolo estandar	IEEE 802.11	IEEE 802.15.1	IEEE 802.15.4
Máximo Canal Bandwidth	80 Mhz	8 Mhz	5 Mhz
Memoria necesaria	1MB	250kB	4kB 32kB
Tamaño de red	32 nodos	7 equipos	100 - 1000 o más equipos
Vida de batería	0,5 - 5 días	1 - 7 días	100 - 1000 días
Velocidad (kbps)	860 Mbps	720 Kbps	20 Mbps - 250 Kbps
Cobertura metros	100 m	10 m	100 m - 10000 m
Frecuencia de operación	2.4 Ghz - 5 Ghz	2.4 Ghz	868Mhz - 2.4 Ghz
Potencia consumida (RX-TX)	450mW	250mW	200mW
Arquitectura de la red	Estrella	Estrella	Estrella - Arbol - Mesh
Entradas programables	No	Si	Si
Salidas programables	No	No	Si
Costo	\$ 150,00	\$ 15,00	\$ 35,00
Tipo de Uso	WLAN	WLAN	CONTROL MONITORIZACIÓN
Vista frontal del equipo			

5.3.2. Análisis de ventajas y desventajas de la red inalámbrica IEEE 802.15.4 con Xbee




Ya que se han escogido los equipos de transmisión con estándar 802.15.4 en la familia de los Xbee se tiene cerca de 20 modelos con diferentes características y tipos de transmisión por lo que se analizará las ventajas de los equipos más idóneos para este proyecto.

En la tabla 1.1 se muestran las ventajas y desventajas de los 3 equipos que se acercan más para la aplicación en este proyecto.

Luego de analizar las ventajas y desventajas de los 3 modelos se puede destacar al Xbee Pro Digimesh primero por su arquitectura de red tipo malla y segundo por su alto alcance de

transmisión que es de 1km lo que permitirá una mejor transmisión a través de las paredes internas del centro de datos.

Tabla 5.8. *Ventajas y desventajas de módulos electrónicos de comunicación XBEE. Elaborado por Patricio Vaca*

Tabla comparativa entre Familia de Xbee con conexión Mesh			
	XBee® 802.15.4	XBee-PRO® XSC	XBee PRO DigiMesh 2,4
Frequency	2.4 GHz	900 MHz	2.4 GHz
Arquitectura de red	Punto -Multipunto	Largo rango - multipunto	Punto - Punto Red tipo malla
RF Line of Sight Range	300 ft / 90 m	9 miles / 14.5 km	1 mile / 1.6 km
Costo PVP	\$ 45,00	\$ 41,00	\$ 32,00
RF Data Rate	250 Kbps	10 Kbps o 20 Kbps	250 Kbps
Current Draw Tx/Rx	45 mA / 50 mA	215 mA / 26 mA	250 mA / 55 mA
Protocolo			
Hardware	S3B	S8	S1
Vista frontal del equipo			

Selección del hardware.

Después de haber analizado cada uno de los componentes principales se debe definir el conjunto de equipamiento para el diseño del proyecto, en resumen se tiene los siguientes componentes:

Módulo de transmisión. Este equipo contiene los siguientes componentes:

1. Waspote - libelium
2. Gases Board
3. Antena (5dB for 2.4GHz version and 4.5dB for 868MHz version)
4. 2300 mAh Battery - 3,7voltios – litio

5. Sensor de temperatura DS18S20

6. Sensor de humedad HS1100

Módulo de recepción. Este equipo contiene los siguientes componentes:

1. Meshlium – plug and mesh
2. Antena 2.4/4.9 Omniantena
3. Convertidor POE
4. Adaptador modelo SAW24-180-1200

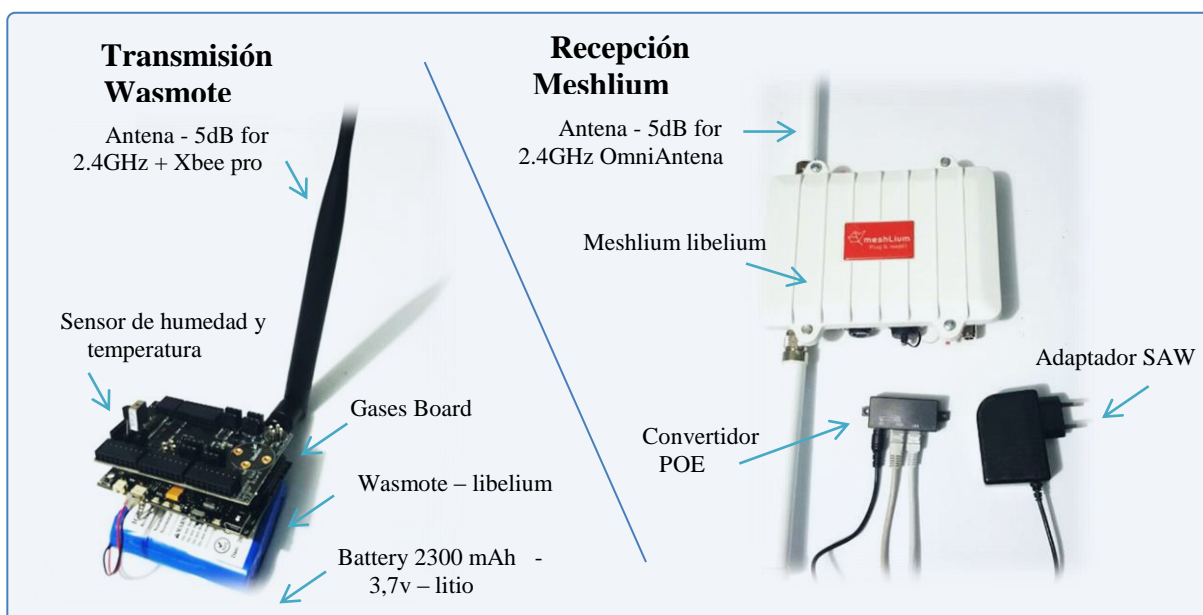


Figura 5.18. Descripción de partes y piezas de los módulos de transmisión y recepción de datos.
Elaborado por Patricio Vaca

La figura 5.18 muestra las partes y las piezas principales que se utilizarán en el diseño del proyecto.

5.4. Diseño del sistema de monitoreo y alertas de la temperatura y humedad del cuarto principal del Centro de Datos de Telconet cumpliendo con las normas internacionales que establece el Instituto de regulación de los centros de datos TIA 942 y Ashrae.

5.4.1. Infraestructura y comunicación del sistema de adquisición de datos.

El prototipo de censado de temperatura y humedad será instalado en el cuarto principal y por normas del centro de datos los equipos a instalarse deberán tener redundancia, esto quiere decir que si existe un evento o pasa algo con un sensor de temperatura otro próximo debe continuar con la lectura de temperatura y humedad en el mismo pasillo.

Teniendo en cuenta esta normativa de redundancia del TIA 942 [17] se recomienda instalar cuatro sensores por pasillo frío, dos sensores por pasillo caliente y dos módulos coordinadores, el diseño contempla sensores para cada módulo por lo tanto los sensores que se contempla en el diseño son 10, teniendo un esquema como muestra la Figura 5.19.

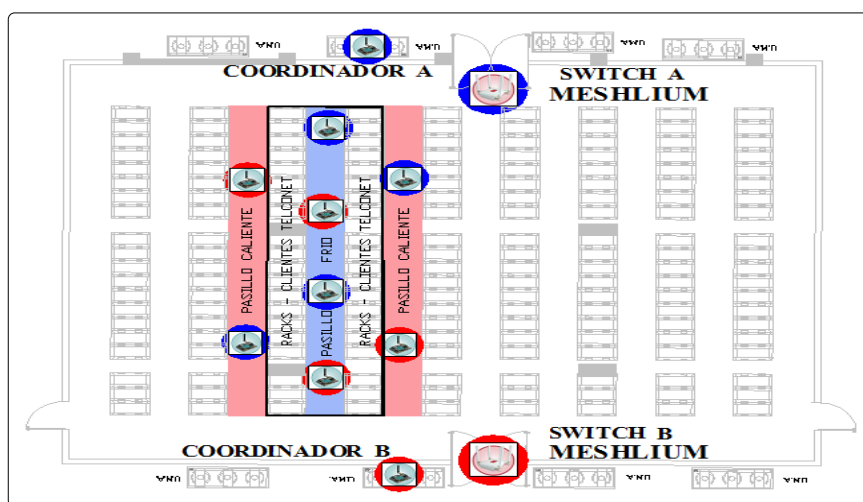


Figura 5.19. Ubicación de los módulos y switch libelium en el centro de datos. Elaborado por Patricio Vaca

Siguiendo con el esquema del diseño del sistema de sensores los equipos de adquisición de datos o SWITCH MESH deben ser redundantes.

Se debe tomar en cuenta que la distancia más larga entre un sensor wasmote y un equipo meshlium es de 20 metros según el plano de la figura 5.20.

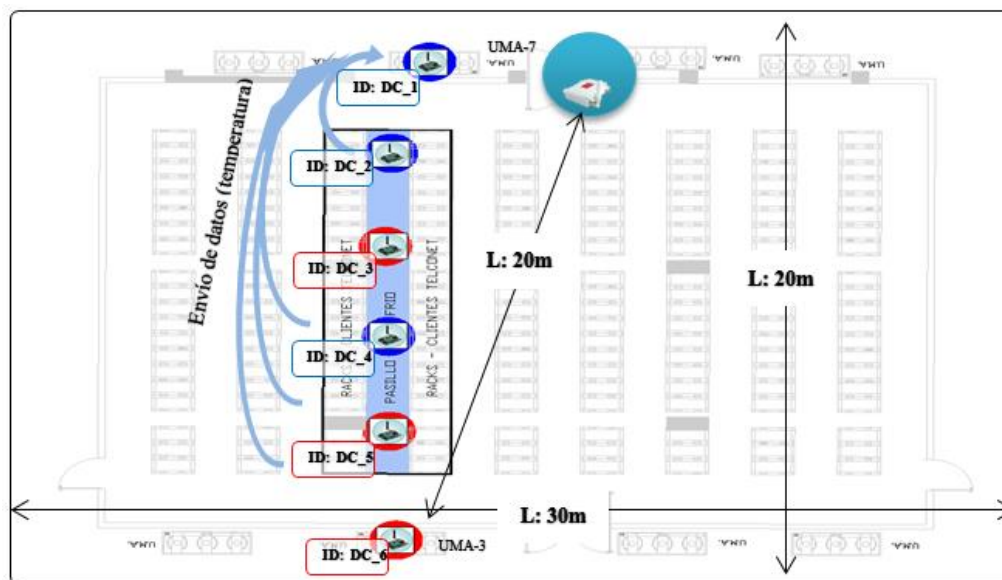


Figura 5.20. Topología de red de los módulos libelium conexión mesh. Elaborado por Patricio Vaca

Por lo tanto la configuración de sensores que se llega a obtener sería cuatro para un SWITCH MESHLIUM A que pertenecerá al sistema A con color azul y otros cuatro para el otro SWITCH MESHLIUM B que pertenecerá al sistema B o sistema de respaldo con color rojo tal como muestra la FIGURA 5.20. Teniendo como resultado, que si llegara a pasar algún evento con uno de los SWITCH MESH (SWITCH MESH A) los sensores de temperatura tengan la capacidad de conectarse automáticamente con el otro (SWITCH MESH B) que no tiene afectación, este cambio debe ser notificado también a la sala de control y monitoreo del centro de datos. Los sensores serán alimentados eléctricamente directamente desde dos diferentes PDU (*Fuentes de poder altamente redundantes*) y adicional una pequeña batería de litio que soportará más de un mes de respaldo en caso de pérdida energética en una de las PDU. En la figura 5.21. se puede

apreciar la topología de los módulos libelium, este sistema tiene dos canales para llegar a la red NEXUS donde se crea la Máquina virtual

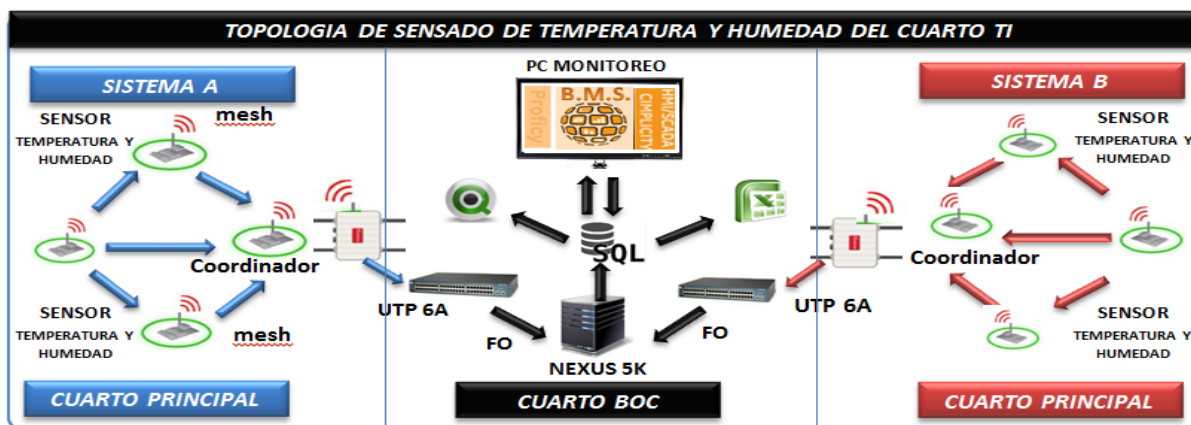


Figura 5.21. Topología de red de los módulos libelium conexión mesh. Elaborado por Patricio Vaca

Análisis de tráfico.

Para realizar el análisis de tráfico que existirá se debe tener claro las características técnicas que se usarán para la transmisión y desde luego definir las distancias entre los módulos wasmote y el meshlium

SPECIFICATIONS		Legacy XBee-PRO® S1 802.15.4
PERFORMANCE		
RF DATA RATE		250 kbps
INDOR/URBAN RANGE		300 ft (100 m)
OUTDOOR/RF LINE-OF-SIGHT RANGE		1 mi (1.6 km)
TRANSMIT POWER		60 mW (+18 dBm)*
RECEIVER SENSITIVITY (1% PER)		-100 dBm
FREQUENCY BAND		2.4 GHz
INTERFERENCE IMMUNITY		DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)
SERIAL DATA RATE		1200 bps - 250 kbps

Figura 5.22. Características de comunicación de los módulos xbee [18]

Wasmote puede transmitir datos con una frecuencia de 2,4Ghz, de los cuales se puede utilizar 12 canales de transmisión, una velocidad de 250Kbps (Velocidad según IEEE 802.15.4)[19],

potencia de transmisión de 60mW, una sensibilidad de -100dBm, con un alcance aproximado de 7km, los datos se los puede observar en la figura 5.22.


Meshlium Xtreme		Specifications
Zigbee Radio		
	Model	XBee - PRO - 802.15.4
	Frequency	2.4GHz
	Tx-Power	100mW
	Rx Sensitivity	-100dBm
	Antenna	5dBi Dipole
	Distance	7km *

Figura 5.23. Características de comunicación de los módulos meshlium [20]

El equipo Meshlium puede transmitir datos con una frecuencia de 2.4Ghz, con una potencia de transmisión de datos de 100mW y una sensibilidad de -100dBm, debe tener instalado una antena tipo Omnidireccional con ganancia de 5dBi y su alcance máximo es de 7km aproximadamente, los datos de este equipo se los puede observar en la figura 5.23.

Para saber cuántos bytes se transmitirán entre equipos se recurre a la tabla 5.9 que muestra cual será la carga útil o payload junto con su encabezado para determinar la carga total del paquete.

Tabla 5.9. Campos de estructura del paquete de envío. [21]

HEADER							PAYLOAD								
<=>	0x00	0x03	0x74F94515	NODE_001	#	0x00	ID	Byte 1	Byte 2	ID	Byte 1	Byte 2	ID	Byte 1	Byte 2
A	B	C	E	F	D	G	Sensor 1			Sensor 2			Sensor 3		

Se puede definir el encabezado con los siguientes rangos

- A : Limite o inicio con 3 bytes
- B : Tipo de marco con 1 byte
- C : Número de campos con 1 byte

- D : Separador con 1 byte
- E : Número serial del equipo wasmote con 4 bytes
- F : Identificación del equipo wasmote con 16 bytes
- G : Secuencia del marco con 1 byte

En total solo para el encabezado se tiene un total de 27 bytes, en el caso de que se utilice encriptación va a aumentar este todo el frame hasta 98 bytes, ya que se incluye la clave del paquete y el modo de encriptación.

Para los paquetes de la carga útil para el proyecto se utilizarán 3 sensores y cada sensor ocupa 4 bytes para el dato y 1 byte para la identificación del sensor, por lo tanto en la carga útil del paquete se tendría 15 bytes, sumando la cabecera y la carga del paquete son 42 bytes.

Se ha hecho el cálculo de carga en bytes para este caso puntual ya que según el estándar IEEE 802.15.4 un paquete de datos tiene 7 bytes para especificar el encabezado de un paquete y 127 de payload.

Teniendo los datos transmisión de los dos equipos, la carga de cada uno de los paquetes y sabiendo que la distancia más larga es de 20 metros se puede ya determinar el tráfico en una hora y por otro lado se puede obtener el presupuesto del enlace.

Cálculo para determinar el tráfico en una hora sin encriptación:

DATOS:

Tamaño de paquetes: 42 bytes

Número de sensores: 10 sensores wasmote

Envíos por minuto: 2

Tráfico por hora = T paq x N sensores x veces envíos

$$\text{Tráfico por hora} = 42\text{bytes} \times 8 \frac{\text{bits}}{\text{byte}} \times 10 \times 2 \text{ min} \times 60 \frac{\text{min}}{\text{hora}}$$

$$\text{Tráfico por hora} = 403.2\text{Kb/h}$$

Cálculo para determinar el tráfico en una hora con encriptación:

DATOS:

Tamaño de paquetes: 98 bytes

Número de sensores: 10 sensores wasmote

Envíos por minuto: 2

Tráfico por hora = T paq x N sensores x veces envíos

$$\text{Tráfico por hora} = 98\text{bytes} \times 8 \frac{\text{bits}}{\text{byte}} \times 10 \times 2 \text{ min} \times 60 \frac{\text{min}}{\text{hora}}$$

$$\text{Tráfico por hora} = 940.8\text{Kb/h}$$

Presupuesto del enlace.

Para el cálculo del presupuesto del enlace inalámbrico entre los do equipos se realizará una ecuación donde se sumen todas las pérdidas y ganancias tomando en cuenta la distancia más larga que existe entre el receptor y el transmisor.

Se tomará en cuenta la transmisión desde el wasmote al meshlium.

DATOS:

TX: 10dBm

Ganancia de Antena TX: 5dBi

Distancia entre equipos: 20m

Ganancia de Antena RX: 5dBi

Sensibilidad del equipo meshlium: -100dBm

Perdida por trayecto (FSL): ?

$$\text{Perdida por trayecto} = 32.4 + 20 \times \log_{10}(d[\text{km}]) + 20 \times \log_{10}(F [\text{MHz}])$$

Donde:

D: La distancia entre los equipos en Km

F: La frecuencia de la transmisión en MHz

$$\text{Perdida por trayecto} = 32.4 + 20 \times \log_{10}(\text{distancia}[\text{km}]) + 20 \times \log_{10}(\text{Frec} [\text{MHz}])$$

$$\text{Perdida por trayecto} = 32.4 + 20 \times \log_{10}(0.01[\text{km}]) + 20 \times \log_{10}(2,4 [\text{GHz}])$$

$$\text{Perdida por trayecto} = -60.01\text{dBi}$$

Para determinar la pérdida total de la transmisión se tiene

$$\text{Pérdida Total} = \text{Tx} + (\text{Tx Antena}) - (\text{Perdida por distancia}) + (\text{Rx Antena}).$$

$$\text{Pérdida Total} = 10\text{dbm} + 5\text{dbi gan} - 60\text{fsl} + 5 \text{dbi gan} = -40\text{dBi}$$

La potencia en la que llegan los datos al equipo de recepción debe ser menor que la sensibilidad, en este caso como los equipos están a una distancia aproximada de 20 metros las pérdidas son bajas y la sensibilidad del equipo receptor es mucho mayor con -100dBi, por lo tanto si se tendrá un enlace.

Para establecer una conexión con el menor consumo de potencia se ha tomado en cuenta el parámetro 0 donde la antena tendrá una potencia de 10dBm, en la tabla 5.10 se puede observar las 4 potencias a las que puede ser programada la comunicación desde ambos equipos.

Tabla 5.10. Rangos de potencia de transmisión del equipo wasmote Xbee pro . [21]

Parameter	XBee-PRO	XBee-PRO International
0	10dBm	PL=4 : 10dBm
1	12dBm	PL=3 : 8dBm
2	14dBm	PL=2 : 2dBm
3	16dBm	PL=1 : -3dBm
4	18dBm	PL=0 : -3dBm

Parámetros de programación.

Los parámetros de programación deben ser los mismos para los dos equipos de comunicación, los parámetros más relevantes son:

- Identificador de red
- Canal de transmisión.
- Identificador del equipo
- Potencia de transmisión
- Encriptación y Clave de la encriptación

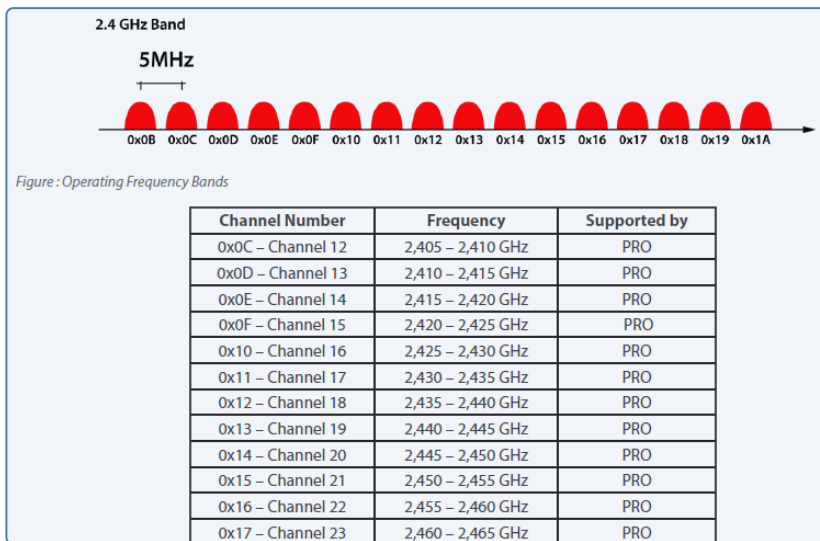
El identificador de la red se lo programa con el fin de en un mismo lugar tener varias redes sin que se mezclen los datos incluso trabajando en el mismo canal de comunicación, para que se identifique los dos equipos la programación en el wasmote es la siguiente:

```
uint8_t PAN_ID[2] = { 0x11, 0x11 }; //PANID es el identificador de la red
```

Al wasmote se lo programará como PANID y en el meshlium se lo programará en la parte donde se encuentra escrito NETWORK ID donde se colocará 1111, si no está la misma red no se lograrán ver los dos equipos, en la figura 5.25 se puede observar el valor de la Red.

El canal de transmisión en 2,4Ghz que es utilizado para Wifi es relevante decidir cual se usará para la comunicación tipo malla, donde se han tomado en cuenta que ya existen utilizados el canal 6 y 10 por lo que se toma la decisión de no ocupar esos dos canales y se va a programar los equipos libelium en el canal 21 según la tabla 5.11, donde se puede observar el rango donde opera este canal el cual es 2.450Ghz a 2.455Ghz.

Tabla 5.11. Canales de transmisión del equipo wasmote Xbee pro . [23]



Para escoger el canal número 21 mismo que se ha escogido para este proyecto la programación dentro del wasmote es de la siguiente manera:

```
xbecDM.setChannel(0x15);           // Canal 22 con frecuencia 2.450 – 2.455 GHz
```

La programación en el equipo meshlium de la selección del canal se la puede ver en la figura 5.25.

El identificador del equipo es relevante ya que con ese dato se puede diferenciar de que parte específicamente se obtiene el dato de temperatura y humedad, para nuestro proyecto a los wasmote se les ha dado nombres diferentes como se puede observar en la figura 5.19, con el nombre de DC_1 “por ejemplo” se lo programará al equipo wasmote que es coordinador del sistema A y además sus sensores indicarán la temperatura de la UMA-7, la programación del identificador del equipo se lo realiza de la siguiente manera:

```
char *wasmote_id = "DC_1";         // Este será el nombre diferenciador del coordinador del sist A
```

En el equipo meshlium se colocará “meshlium_A” como nombre del equipo receptor del sistema A, en la figura 5.25 se puede observar esta programación.

Para escoger el valor mínimo de la potencia con la que el transmisor trabajará, la programación del módulo XBEE sería de la siguiente forma:

```
xbec802.setPowerLevel(0); // Se puede setear el valor mínimo con 0 o 4 valor máximo.
```

Tomando en cuenta que el valor de 0 es para emitir la señal con 10dBm, no solo se debe considerar el transmisor para cada una de los parámetros de transmisión por lo que al meshlium o receptor se lo tiene que programar con la misma potencia, esto se lo puede observar en la figura 5.25 donde se muestra la misma potencia de transmisión.

El algoritmo de cifrado o encriptación es relevante para este proyecto ya que protege a los datos dando una seguridad a la carga útil del paquete, el código utilizado en el estándar IEEE 802.15.4 es el AES por sus siglas en inglés (Advanced Ecrption Standar) que es un esquema de cifrado por bloques donde se hacen cambios y operaciones que alteran cada uno de los bytes sumando la clave que también es sometida a una alteración, este algoritmo tiene 3 etapas donde se utilizan transformaciones tales como SubBytes, Shiftrows, Mixcolumns, Addroundkey,

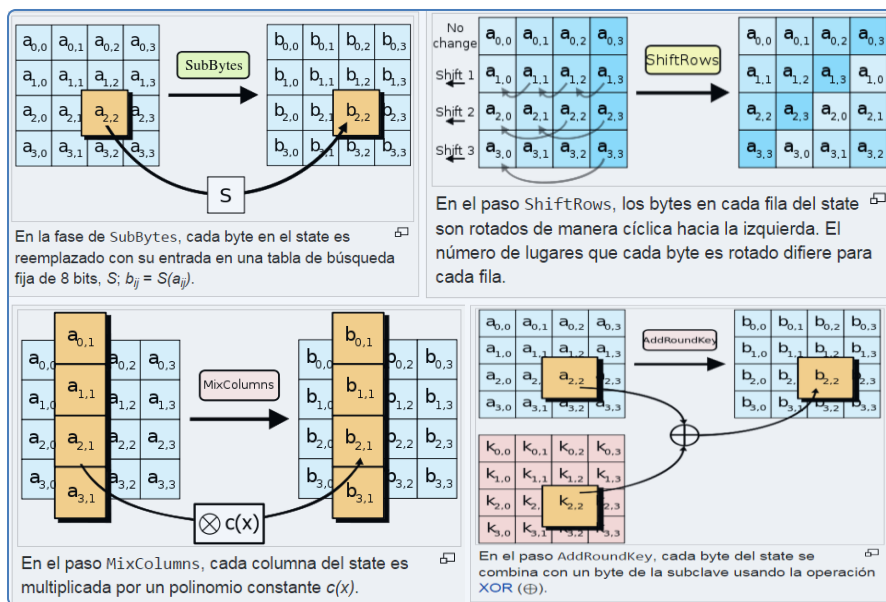


Figura 5.24 Encriptación AES . (Advanced Ecrption Standar) [24]

Estas operaciones para la encriptación de paquetes se las puede observar en la figura 5.24.

El paquete inicial de hasta 128 bytes es sometido a 9 veces el mismo cambio donde se añade una clave que será conocimiento solo del fabricante y la clave de 16 bytes pasará el mismo proceso sin añadir la clave de fabricante, el último proceso será hacer una operación XOR que junte estas dos matrices obteniendo dato completamente distinto al inicial.

Para la activación de encriptación se tiene que programarla de la siguiente manera:

```
char *LLAVE = "T3IC0n3t";           // Para el proyecto la clave será Telconet con números
void setup() {
  xbeeDM.setEncryptionMode(1);      // Con el valor en 1 se activa la encriptación
  if( xbeeDM.error_AT == 0 )
    {USB.println(F("encryption set OK")); } // Se comprueba que el modo de activación está activo
  Else
    {USB.println(F("Error setting security")); }
  xbeeDM.setLinkKey(LLAVE);         // Se coloca la clave dentro de la encriptación
  if( v == 0 )                      // Se comprueba que el dato no tenga errores
    {USB.println(F("encryption key set OK")); }
  Else
    {USB.println(F("Error setting encryption key")); }
```

Para la programación en el equipo wasmote es más fácil ya que simplemente se escoge la opción de activar el encriptado y se coloca la misma clave de la programación realizada en el meshlium, tal como se muestra en la figura 5.25.

DigiMesh		
Network ID:	<input type="text" value="1111"/>	← Identificador de red
Channel:	<input type="text" value="0x15"/>	← Canal de transmisión
Node ID:	<input type="text" value="meshlium"/>	← Identificador del equipo
Power Level:	<input type="text" value="0"/>	← Potencia de transmisión
Encrypted mode:	<input type="text" value="On"/>	← Encriptación activada
Encryption key (must be 16 characters):	<input type="text" value="T3lc0n3t"/>	← Clave de la encriptación
MAC high:	<input type="text" value="13a200"/>	
MAC low:	<input type="text" value="4090aa37"/>	

Figura 5.25. Parámetros para la programación del equipo Meshlium. Elaborado por Patricio Vaca

El momento que se envía el dato con la información de temperatura, humedad y estado de la batería, los datos del paquete recibido son como muestra la figura 5.26.

```

Lo que se envia al meshlium es ...
=====
Current ASCII Frame:
Length: 50
Frame Type: 128
frame (HEX): 3C3D3E8003233339343738363238352344435F3123302348554D413A34372E36235443413A32322E3930234241543
frame (STR): <=> #394786285#DC_1#0#HUMA:47.6#TCA:22.90#BAT:81#
Encabezado o header ←                               ← Carga útil o Payload

```

Figura 5.26. Establecida la comunicación se hace la verificación de encabezado y carga de paquetes Elaborado por Patricio Vaca

Con la estructura de datos clara se puede generar una base de datos desde el equipo meshlium, esta programación se tiene que realizar desde la interfaz gráfica del mismo equipo, se debe copiar el script en el programa que administrará la base de datos en este caso se hace un ejemplo con donde se utiliza MySQL, se puede observar la interfaz gráfica del equipo meshlium en la figura 5.27

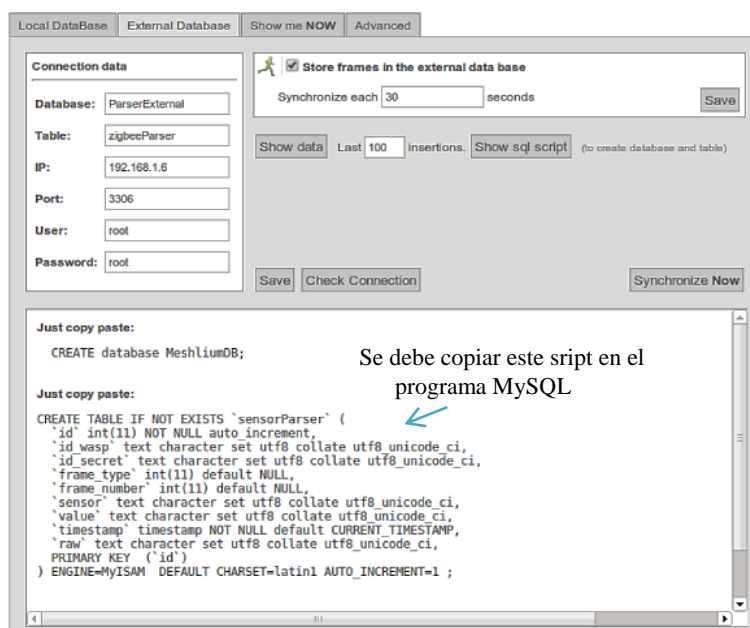


Figura 5.27. Pantalla para crear la base de datos desde el equipo meshlium. Elaborado por Patricio Vaca

El momento que se crea la base de datos el programa comienza a generar una tabla en archivo plano donde están cada uno de los datos que se mencionada anteriormente en la figura 5.26, el registro se puede observar en la figura 5.28

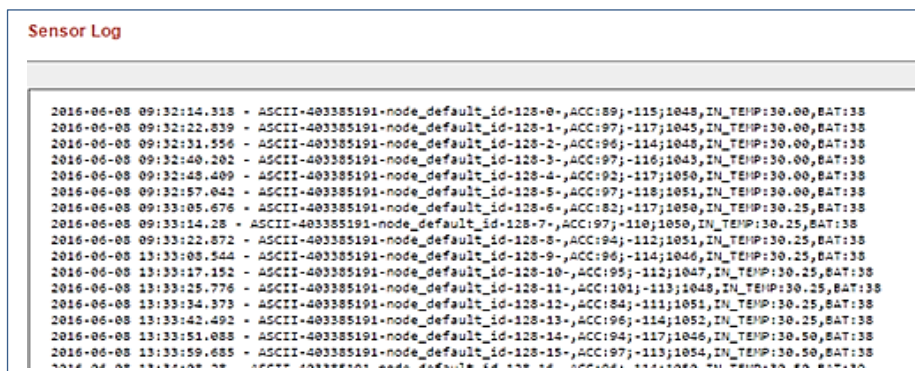


Figura 5.28. Pantalla con el Sript en el programa My SQL. Elaborado por Patricio Vaca.

Para poder sincronizar correctamente la base de datos con MySQL se debe colocar bien los nombres de la Base de datos, la tabla, el usuario y principalmente el password para luego apuntar a la IP de servidor con el puerto 3306.

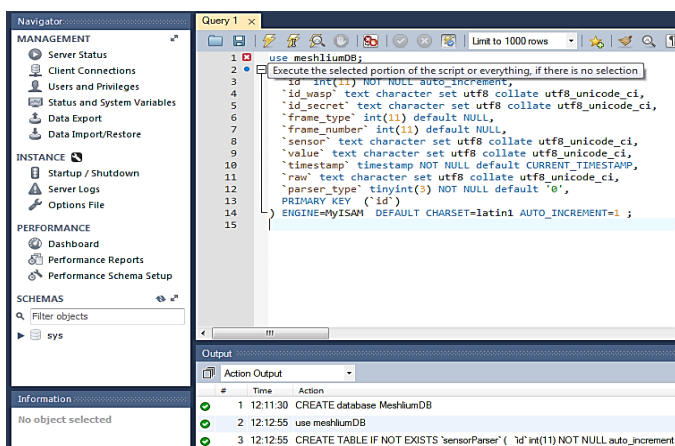


Figura 5.29. Pantalla con el Sript en el programa My SQL. Elaborado por Patricio Vaca.

Una vez configurada la base de datos se tiene que hacer otro scrip dentro del programa Zabbix para que se sincronice la base de datos con el programa que finalmente presentará los datos, de con una herramienta llamada Cron dentro de este Script se tiene que definir el tiempo de poleo para presentar los datos en un tiempo definido, en este caso como es vital el tiempo de presentación de datos por lo que se pondrá 10 segundos la actualización de la base de datos. Una vez programado el equipo meshlium, el scrip en MySQL y el scrip en Zabbix se obtendrá una imagen de monitoreo muy similar a la figura 5.30.

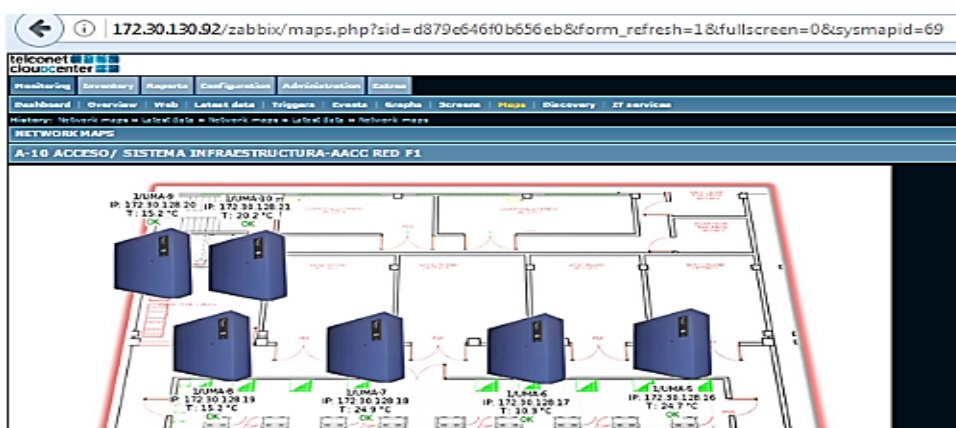


Figura 5.30. Ejemplo de monitoreo de las UMAs en el DC-UIO. Elaborado por Patricio Vaca.

Teniendo este ejemplo se puede aplicar el mismo concepto con la nueva interfaz gráfica para el monitoreo de la temperatura/humedad de pasillo frio y caliente.

5.4.2. Diseño de la interfaz gráfica

El sistema de monitoreo que se implementará tendrá varias alarmas tempranas tales como sobre nivel y bajo nivel de temperatura y humedad, los cuales notificarán al personal encargado del monitoreo que existe una anomalía antes que incremente la temperatura en el cuarto principal, además tal como indica la norma del UPTIME tendrá una capacidad de 2N [7] esto significa que tan solo un equipo es necesario pero se instalará uno adicional para tener redundancia esto disminuye aún más la probabilidad de fallo al momento de la adquisición de datos, la topología de la adquisición de datos de temperatura y humedad quedaría tal como se encuentra la Figura 5.31.

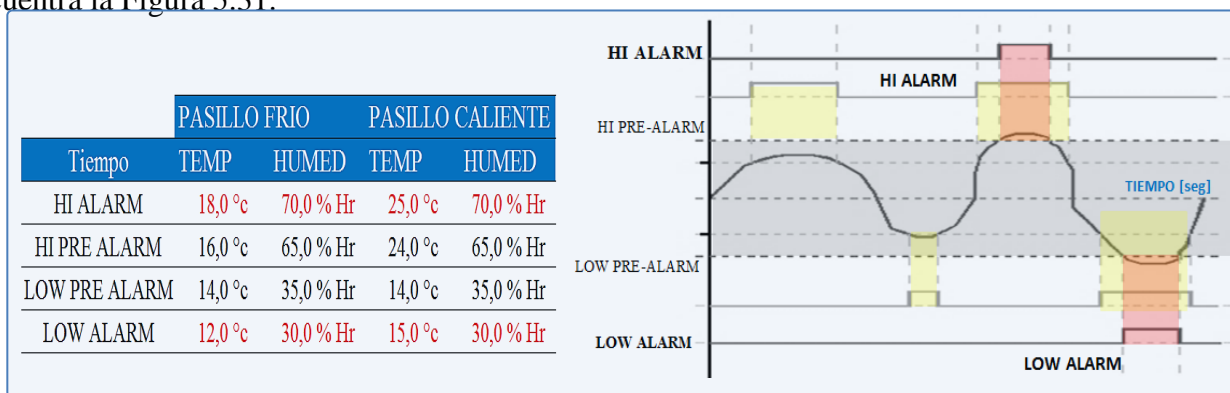


Figura 5.31. Límites altos y bajos de temperatura admisibles. Elaborado por Patricio Vaca

En la Figura 5.31 muestra el comportamiento de la temperatura a lo largo de un tiempo x en la gráfica se presenta también los límites de aviso altos y bajos de temperatura y las alarmas que tienen un rango más alto, las líneas de color amarillo son las pre alarmas y las líneas de color rojo son las alarmas, la variación de temperatura se muestra de color azul, lo mismo sucede con el comportamiento de la humedad sus pre-alarmas y las alarmas.

El sistema de adquisición de datos se mostrará en una sola pantalla donde todos los datos de los sensores no solo muestran la temperatura y humedad en tiempo real si no que presentarán

datos adicionales y relevantes para el sistema completo de adquisición de datos tal como se muestra en la Figura 5.32.

ESTADOS

- Estado de Batería: El estado de batería en porcentaje de batería restante
- Estado de conexión eléctrica: Presenta si se encuentra conectado a la fuente de voltaje de las PDU.
- Estado de conexión sensor: El equipo va a responder si se encuentra conectado o no con el SWITCH MESH perteneciente al sistema.
- Estado de conexión SWITCH MESH: El SWITCH MESH deberá enviar la información a la computadora final para que el operador sepa si tiene un imperfecto el equipo y corregirlo inmediatamente.
- Estado del sensor: Habrá un pequeño cuadro de texto que indica que alarma se está presentando en ese momento o si los datos son los correctos.

DATOS

- Temperatura: Mostrará la temperatura con un retraso de actualización más o menos de 30seg con una resolución de 0.1 grados centígrados
- Humedad: Mostrará la humedad con un retraso de actualización más o menos de 30seg con una resolución de 0.1 porciento

ALARMAS (PASILLO FRÍO)

- Alta Temperatura: El programa tendrá límite alto de temperatura programado en 17 grados centígrados si supera el límite habrá una alarma.
- Alta Humedad: El programa tendrá límite alto de humedad programado en 70% si supera el límite habrá una alarma.

- Baja Temperatura: El programa tendrá límite bajo de temperatura programado en 12 grados centígrados si supera el límite inferior habrá una alarma.
- Baja Humedad: El programa tendrá límite bajo de humedad programado en 30% si supera el límite inferior habrá una alarma.
- Baja Batería: Si la batería baja del 20% aparecerá una alarma indicando que se tiene que cargar la batería del sensor.



Figura 5.32. Pantalla principal del sistema de monitoreo. Elaborado por Patricio Vaca

ALARMAS (PASILLO CALIENTE)

- Alta Temperatura: El programa tendrá límite alto de temperatura programado en 25 grados centígrados si supera el límite habrá una alarma.
- Alta Humedad: El programa tendrá límite alto de humedad programado en 70% si supera el límite habrá una alarma.
- Baja Temperatura: El programa tendrá límite bajo de temperatura programado en 15 grados centígrados si supera el límite inferior habrá una alarma.

- Baja Humedad: El programa tendrá límite bajo de humedad programado en 30% si supera el límite inferior habrá una alarma.
- Baja Batería: Si la batería baja del 20% aparecerá una alarma indicando que se tiene que cargar la batería del sensor.

5.4.3. Análisis la Interacción del módulo de comunicación y control con el sistema de aire acondicionado.

Interfaces programables del PLC de la Unidad Manejadora de Aire U.M.A. El proyecto no solo integrará el monitoreo de temperatura y humedad sino que también realizará el encendido de una UMA para lograr compensar los niveles adecuados dentro del pasillo frío, para lograr el encendido de la UMA es indispensable tener claro el alcance del control del PLC y sus entradas digitales que es por donde se podrá realizar las maniobras del equipo. El PLC es de marca PCO modelo 1 que dispone de varias entradas y salidas digitales así como también análogas pero tan solo 3 entradas digitales son las que están disponibles para tener control adicional del equipo, se pueden programar varias alternativas de control tal como muestra la tabla 5.12.

Tabla 5.12. Entradas digitales PLC de la UMA (PCO 1). [25]

Digital Input 2	Digital Input 4	Digital Input 6
Not Used	Not Used	Not Used
1. Flooding Sensor (*) 2. Remote ON/OFF 3. Change Setpoint 4. User Configuration: <ul style="list-style-type: none"> • Alarm Signalling • DX/CW Switch-Over • Emergency operation 	1. Smoke-Fire Sensor 2. Remote ON/OFF 3. Change Setpoint 4. User Configuration: <ul style="list-style-type: none"> • Alarm Signalling • DX/CW Switch-Over • Emergency operation 	1. External Limit Sensor 2. Remote ON/OFF 3. Change Setpoint 4. User Configuration: <ul style="list-style-type: none"> • Alarm Signalling • DX/CW Switch-Over • Emergency operation

Al momento ya se encuentran utilizadas 2 de las 3 entradas digitales de la siguiente manera:

1. Entrada digital 2 (Sensor de humedad) – acción (apagado del equipo)
2. Entrada digital 4 (Sensor de inundación) – acción (apagado del equipo)

3. Entrada digital 6 (No programada)

Por lo tanto en la entrada digital 6 es donde se puede encender o apagar el equipo teniendo en cuenta la programación disponible de la tabla 5.9., el encendido y apagado del equipo se lo realizará automáticamente sea el requerimiento de los nuevos sensores de temperatura, esto se logrará colocando un puente entre los terminales 20 y 50, que básicamente se une la tierra con un pin de entrada para encender el equipo y si se retira esta “unión” la UMA se apagará inmediatamente.



Figura 5.33. Pantalla de entrada digital de la UMA. Elaborado por Patricio Vaca

La figura 5.33 muestra la pantalla de la programación donde se la puede cambiar tan solo presionando el botón de ENTER en el display y la UMA se encenderá y se apagará según la orden del nuevo módulo de Temperatura.

Programación de periféricos del nuevo módulo de control. En el equipo Wasmote existen 8 pines que puedes ser usadas como entradas y salidas que se puede programarlas para controlar diferentes equipos, estos pines pueden soportar el voltaje nominal del equipo que es desde 3.3v hasta 3.7v “voltaje de control” fuera de estos rangos el wasmote podría dañarse permanentemente, para este caso puntual se utilizarán los 8 pines como salidas las que darán como resultado un voltaje de 0 en caso de apagado o “LOW” y cuando estén encendidas “HIGH” 3.7v, en la figura 5.34 se puede observar la distribución de pines del equipo

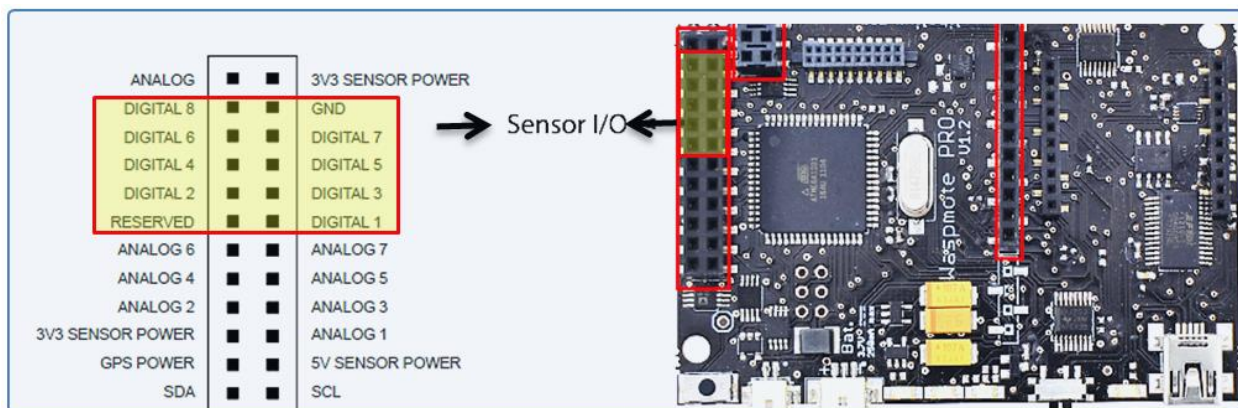


Figura 5.34. Equipo Wasmote vista frontal y sus entradas digitales. [26]

Para la programación del dispositivo coordinador se tiene que definir las entradas en la parte de Setup del programa y luego realizar las sentencias de una forma coordinada teniendo en cuenta que son 4 ventiladores y que se encuentran sectorizados (como se puede ser en la figura 5.35), justamente para enfriar con mayor o menor grado los equipos que les corresponden. Entonces se tiene la siguiente programación para la parte de control.

```
void setup() {
    pinMode(DIGITAL1, OUTPUT);    //PIN DIGITAL 1 definida como salida
    pinMode(DIGITAL2, OUTPUT);    //PIN DIGITAL 2 definida como salida
    pinMode(DIGITAL3, OUTPUT);    //PIN DIGITAL 3 definida como salida
    pinMode(DIGITAL4, OUTPUT);    //PIN DIGITAL 4 definida como salida
    pinMode(DIGITAL5, OUTPUT);    //PIN DIGITAL 5 definida como salida
    pinMode(DIGITAL6, OUTPUT);    //PIN DIGITAL 6 definida como salida
    pinMode(DIGITAL7, OUTPUT);    //PIN DIGITAL 7 definida como salida
    pinMode(DIGITAL8, OUTPUT);    //PIN DIGITAL 8 definida como salida }
}
```

Se tiene 4 wasmote con sensores diferentes colocados dentro del pasillo frio, a estos equipos se los tiene que diferenciar utilizando un identificador del equipo o en ingles Data Member (ID),


este identificador tiene que ser único para todos los equipos inmersos en este proyecto, y se lo programa de la siguiente manera:

```
// Se define el identificador en cada wasmote..
// Solo el coordinador será el DC_1 ...
char *wasmote_id = "DC_1";

void loop() {
    INGRESO_DATOS = xbeeDM.receivePacketTimeout( 1000 );

    // Se chequea lo recibido
    if( INGRESO_DATOS == 0 )
    {
        USB.print(F("Data: "));
        USB.println( xbeeDM._payload, xbeeDM._length);
    }
    else
    {
        // Si el paquete está alterado se imprime un mensaje de error:
        USB.print(F("Error al recibir el paquete:"));
        USB.println(error,DEC); }
}
```

```
=====
Current ASCII Frame:
Length: 50
Frame Type: 128
frame (HEX): 3C3D3E8003233339343738363238352344435F3123342348554D4
frame (STR): <=> #394786285#DC_2#HUMA:56.1#TCA:26.13#BAT:45#
=====
```



El dato que se presentó anteriormente tenía como identificador DC_2 (en el ejemplo) que corresponde esos datos de temperatura humedad y batería al wasmote 2, con este dato leído se hace la consulta de temperatura para comprobar que ventilador debe encenderse. En la figura 5.35 se presenta la distribución de los wasmote con sus respectivos ventiladores.

Los datos de los 4 wasmote mencionados (DC_2, DC_3, DC_4, DC_5) deben enviar sus datos al wasmote coordinador con DC_1 ubicado dentro de la UMA-7 que encenderá los 4 ventiladores completando el sistema A, el proyecto debe tener redundancia por lo que se pondrá

una sentencia en la programación que permita pasar la información al otro coordinador DC_6 si el primero ha fallado, para esto se debería tener las mismas conexiones eléctricas de comando de los ventiladores en los dos coordinadores.

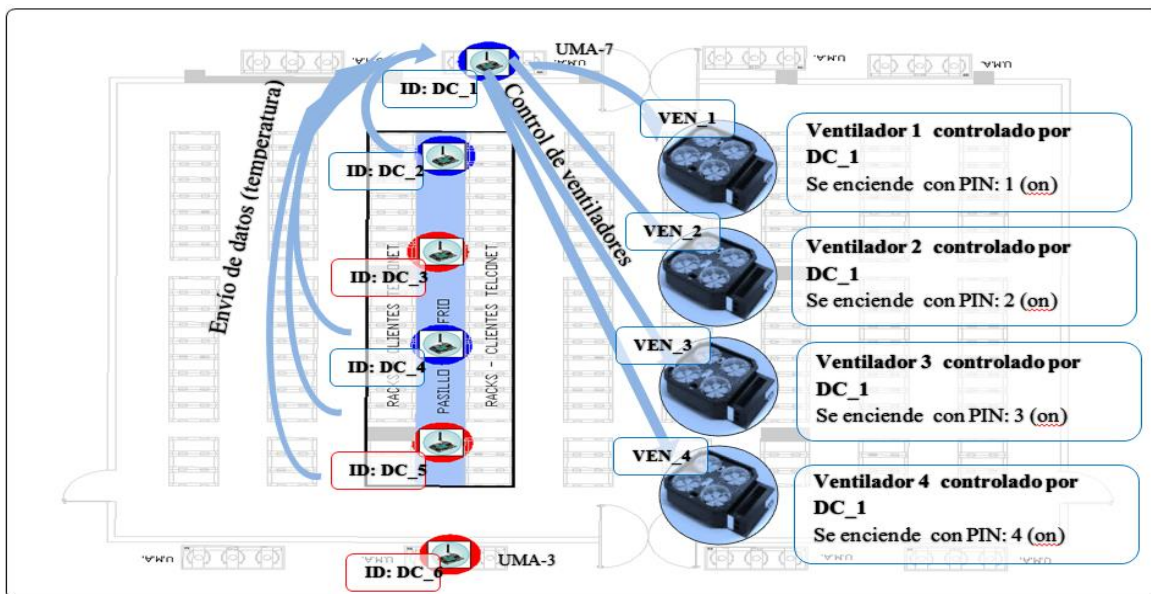


Figura 5.35. Ubicación de los módulos coordinadores libelium y ventilador. Elaborado por Patricio Vaca

En el caso de tener un incremento de temperatura 2 grados centígrados en un punto determinado del pasillo frío se encenderá solo el ventilador que le corresponde, la descompensación de calor básicamente se da porque no todos los racks son iguales, algunos tienen solo switch de comunicación otros tienen servidores que consumen gran cantidad de energía comparado con un switch al tener mayor transacciones por ejemplo sus procesadores tienen mayor consumo de energía y se calientan más.

Entonces es indispensable tener un control diferente para cada caso de incremento de temperatura, para cada ventilador se tiene las siguientes sentencias:

- Caso 1: El valor de la temperatura en el pasillo frío se encuentra mayor de 16° centígrados, se enciende el ventilador controlado por los pines: PIN1 (fase1= on) pero

además se encenderá el PIN5 (Contacto seco = on) que encenderá la UMA que esté apagada.

- Caso 2: El valor de la temperatura en el pasillo frío está entre que 16° y 14° centígrados, se enciende el ventilador controlado por los pines: PIN1 (fase1= on).
- Caso 3: El valor de la temperatura en el pasillo frío menor que 14° centígrados, se apagan los pines PIN1 (fase1= off) y PIN5 (Contacto seco = on) como resultado se apagará el ventilador y la UMA encendida remotamente.

Se puede ver el detalle de la programación de estos 3 casos en el anexo 3 de este documento.

Para tener más claro el comportamiento de las dos salidas según la temperatura se tiene la figura 5.36 donde se puede observar en detalle las variaciones de temperatura real en el pasillo frío del Centro de Datos de Telconet.

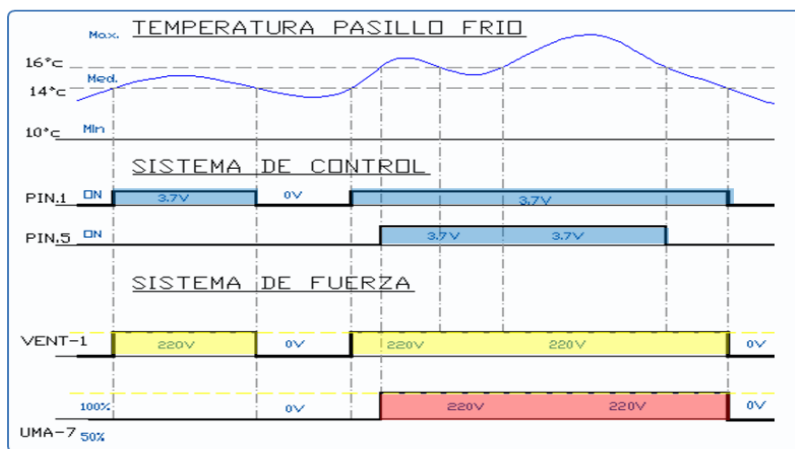


Figura 5.36. Comportamiento de salidas digitales y acción de equipos. Elaborado por Patricio Vaca

El voltaje de control se lo tiene que acoplar con la parte de potencia para lo cual se tiene que hacer un sistema electrónico colocando el Circuito Integrado ULN2003A entre los relés de potencia y los pines de control. En la figura 5.37 se puede observar cual es el principio de

conexiones del UL20003A, para el ejemplo que cita el fabricante son bobinas que se unen en un mismo punto, sin embargo se puede aplicar para bobinas separadas como es el caso de los relés.

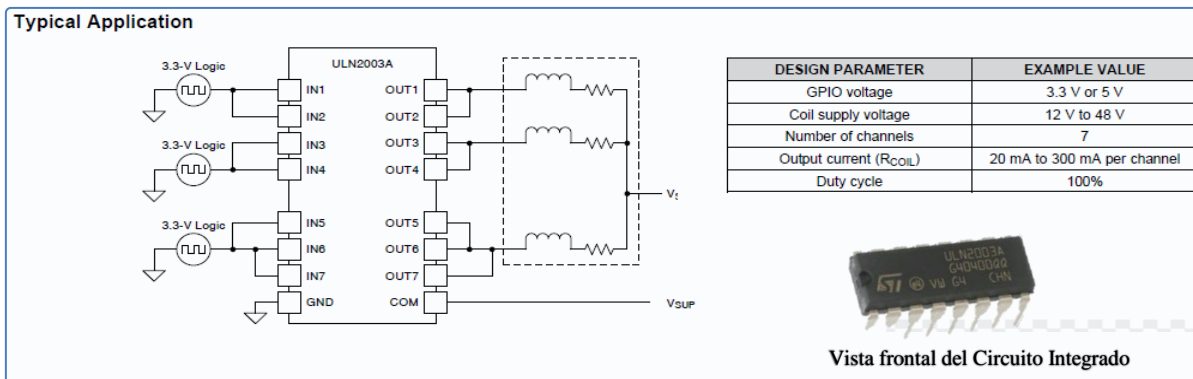


Figura 5.37. Diagrama de conexiones y datos de alimentación eléctrica del ULN2003A. [27]

Se utilizarán dos de estos circuitos integrados para el proyecto ya que se necesitan 5 salidas para controlar 5 relés independientes (4 ventiladores más 1 contacto seco), el UL2003A solo tiene 3 salidas de acoplamiento con dos se tiene 6 salidas, al final se tiene una salida como reserva para cualquier eventualidad con una de las salidas ya utilizadas, como se muestra en la figura 5.38.

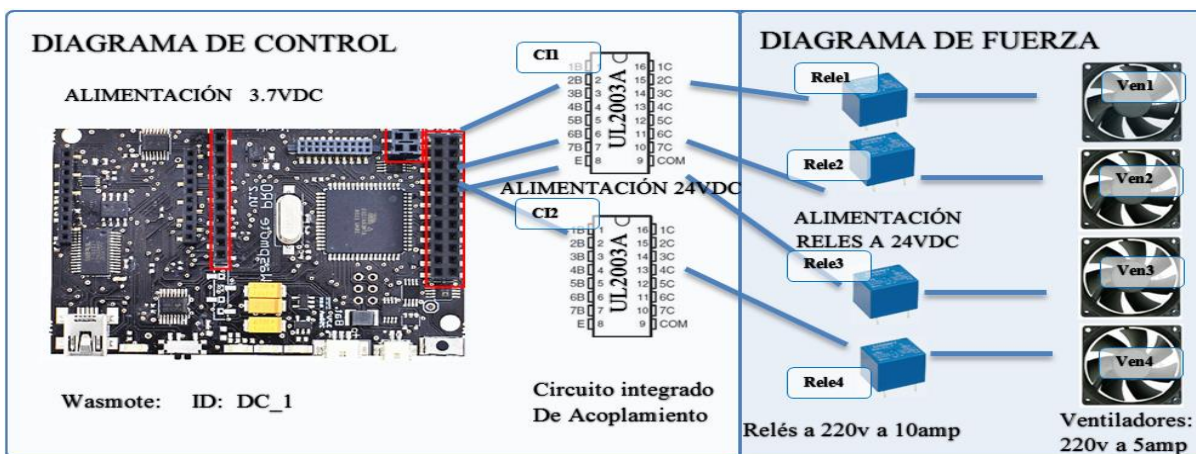
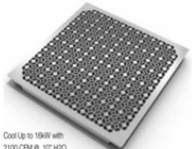
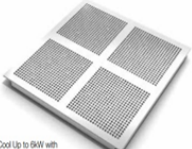


Figura 5.38. Esquema de conexiones de control del módulo libelium con los ventiladores.

Elaborado por Patricio Vaca

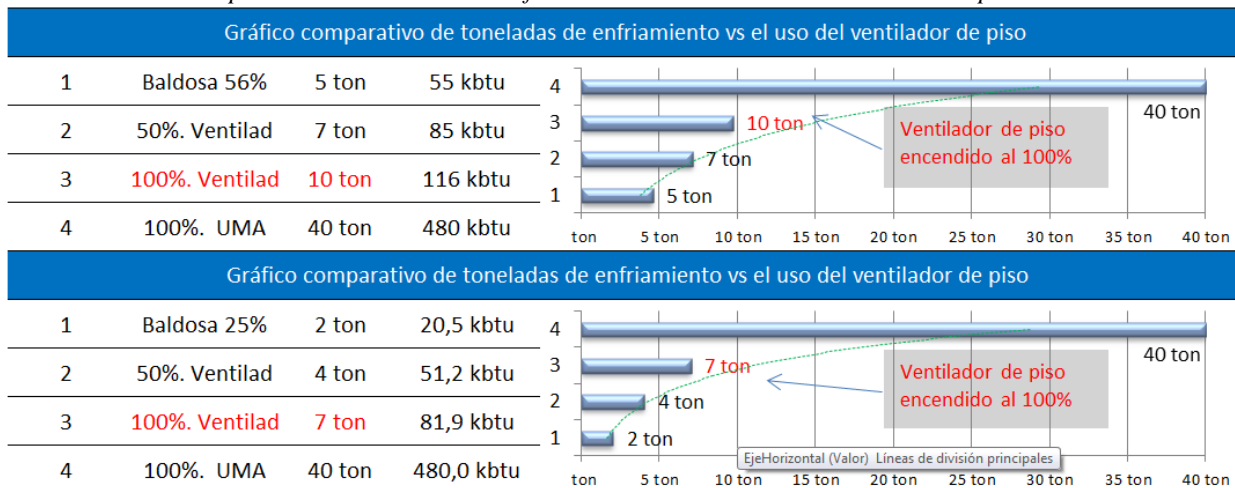
Al encender un ventilador colocado bajo una baldosa perforada incrementará la distribución de aire frío en una zona específica enfriándola en poco tiempo ya que aumentan los BTU de enfriamiento, para tener una idea más clara de la reacción al momento de encender un ventilador se tiene la tabla 5.13.

Tabla 5.13. *Enfriamiento de baldosas perforadas y ventiladores. Elaborado por Patricio Vaca*

Aporte de enfriamiento con equipo de ventilación (UNIT FAN UNDERFLOOR) sobre una baldosa perforada al 56%							
	kw baldosa	kw fan	kw tot	btu (3413kw)	ton (12000btu)	cfm (400ton)	Ventilador
 <p>Cool Up to 16kW with 2100 CFM @ .10" H2O in a contained area.</p> <p>Perforada al 56%</p>	16 kw	kw	16 kw	54.608 btu	5 ton	2.002,3 cfm	OFF
	16 kw	9 kw	25 kw	85.325 btu	7 ton	3.128,6 cfm	50%.
	16 kw	18 kw	34 kw	116.042 btu	10 ton	4.254,9 cfm	100%.
 <p>Cool Up to 6kW with 740 CFM @ .10" H2O in a contained area.</p> <p>Perforada al 25%</p>	6 kw	kw	6 kw	20.478 btu	2 ton	750,9 cfm	OFF
	6 kw	9 kw	15 kw	51.195 btu	4 ton	1.877,2 cfm	50%.
	6 kw	18 kw	24 kw	81.912 btu	7 ton	3.003,4 cfm	100%.

El comportamiento del enfriamiento de una baldosa perforada al 56% y al 25% al momento de encender un ventilador al 50% y 100% se lo puede observar en la tabla 5.14.

Tabla 5.14. *Comparativo de toneladas de enfriamiento de los ventiladores. Elaborado por Patricio Vaca*



Como se puede observar en las tablas el aporte enfriamiento puede hasta triplicar la cantidad de toneladas de aire si el ventilador está encendido en su totalidad, caso contrario si está encendido a la mitad de su capacidad solo duplicará el enfriamiento.

A pesar de los cálculos y los datos técnicos los valores de enfriamiento que salen por una baldosa perforada son 25% menos en la realidad.

Acoplamiento del nuevo módulo de control con el PLC de la U.M.A. Las conexiones eléctricas se las realizará con un relé de 24v de alimentación en su bobina que podrá conducir 220v con 10 amperios por sus terminales, será el mismo relé con los que controlan los ventiladores, las conexiones eléctricas se las realizará de la siguiente manera tal como muestra la figura 5.39.

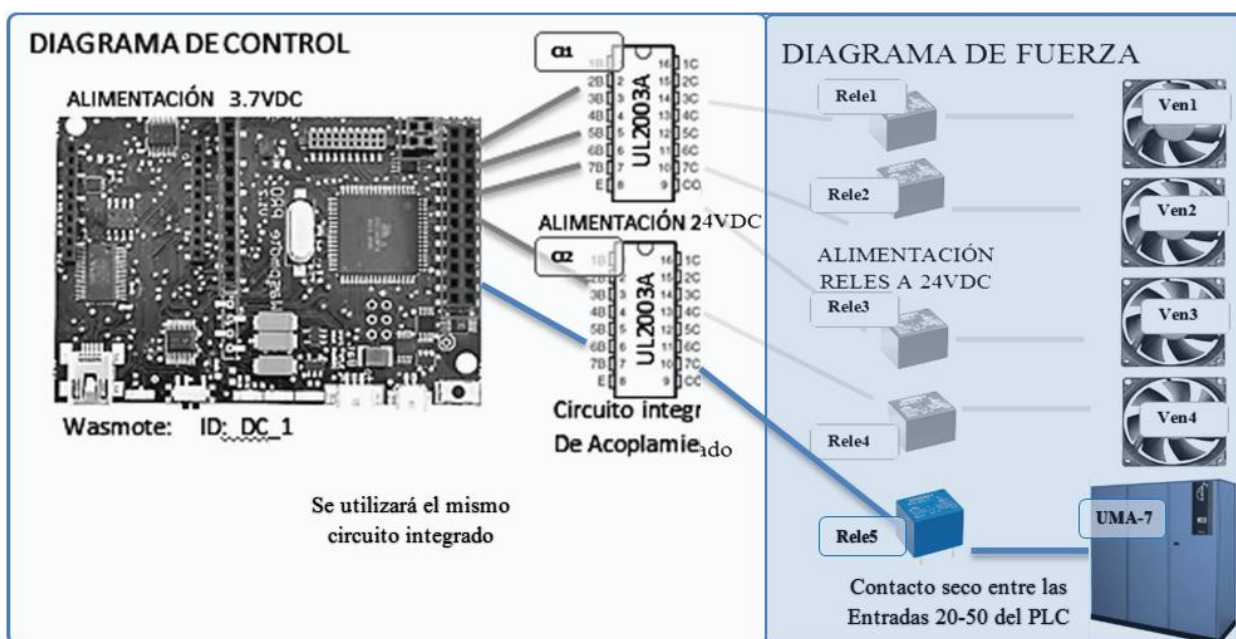


Figura 5.39. Diagrama de conexión de control para la UMA. Elaborado por Patricio Vaca

El contacto seco del Relé-5 se conectará con las borneras 20-50 del PLC de la UMA, como se puede observar en la figura 5.40.

potencia consumida en los diferentes racks solo con una UMA abastece de enfriamiento para todo el pasillo, tal como muestra la figura 5.42.

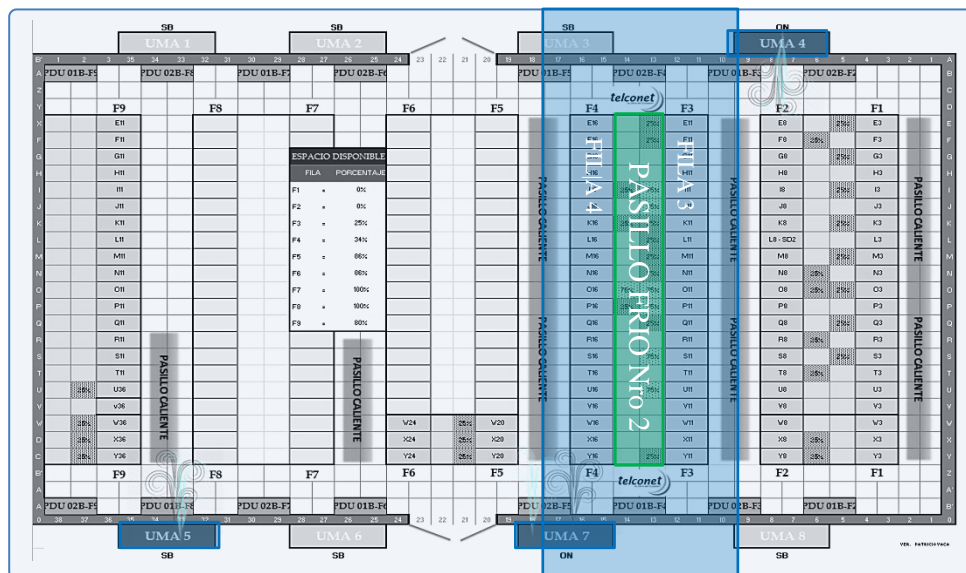








Figura 5.42. Cuarto principal de Telconet con distribución de pasillos fríos y calientes. Elaborado por Patricio Vaca

En condiciones normales de carga eléctrica de los racks se tiene la tabla 5.15 que muestra la carga térmica del cuarto y los equipos necesarios para enfriar todas las filas. El consumo de los equipos internos de los racks cambia constantemente, si llegaran a coincidir el consumo máximo de todos los rack al mismo tiempo según las mediciones realizadas en el segundo trimestre del 2016, se tendría una carga de 42.6Kw como se muestra en la tabla 5.15.

Según las mediciones de consumo energético la potencia en la fila 3 y fila 4 podría duplicarse y por ende también la temperatura en pasillo frío y es allí donde se necesitaría encender una UMA más.

Tabla 5.15. Carga térmica nominal y máxima de la fila 3 y fila 4 del centro de datos de Telconet.
Elaborado por Patricio Vaca

ESPACIO		CARGA TERMICA NOMINAL						EQUIPOS INSTALADOS				
CUARTO PRINCIPAL	QUITO	AREA (m2)	VENTANAS (m2)	ILUMINACIÓN (w)	EQUIPOS (KVA)	EQUIPOS (Kw)	PERSO NAS	TOTAL (btu)	TOTAL (TON)	TOTAL (TON)	UMAS ENCENDIDAS	OBSERVACIÓN
FILA 3 (F3)	18° c	44,7	0,0	448	40	36	2	150.551	12,5	21,7	  	Con una UMA de 40Ton se puede enfriar 21,7Ton que se requiere
FILA 4 (F4)	18° c	44,7	0,0	448	27	24,3	2	109.367	9,1			
TI	18° c	402,4	0,0	4480	150	135	2	682.156	56,8	56,8	Encendidas 3 UMAS en toda la sala	Con 3 UMAS se enfría el cuarto principal

ESPACIO		CARGA TERMICA MÁXIMA						EQUIPOS INSTALADOS				
CUARTO PRINCIPAL	QUITO	AREA (m2)	VENTANAS (m2)	ILUMINACIÓN (w)	EQUIPOS (KVA)	EQUIPOS (Kw)	PERSO NAS	TOTAL (btu)	TOTAL (TON)	TOTAL (TON)	UMAS ENCENDIDAS	OBSERVACIÓN
FILA 3 (F3)	18° c	44,7	0,0	448	66,89	60,201	2	235.739	19,6	42,3	  	Con una UMA de 40Ton no se puede enfriar 42,3Ton que se requiere
FILA 4 (F4)	18° c	44,7	0,0	448	78,12	70,308	2	271.315	22,6			
TI	18° c	402,4	0,0	4480	243,54	219,186	2	978.490	81,5	81,5	Encendidas 4 UMAS en toda la sala	Con 3 UMAS se enfría el cuarto principal

Como ya se lo mencionó anteriormente el encendido de la UMA se tendrá que hacer con el relé-5 el mismo que será conectado con la salida número 5 del wasmote la programación para el encendido del pin será de la siguiente manera.

Esta programación se la puede observar en el anexo 4.

Tomando en cuenta el consumo máximo que se obtiene sobre el pasillo frío si se enciende una UMA más para compensar el calor que se produce, en algunos casos va a existir encendidos y apagados de la UMA por pocos minutos ya que bajará la temperatura del pasillo en pocos minutos por lo que se colocará dentro de la programación de la UMA un tiempo de encendido inmediato pero al apagarse tenga un tiempo de espera de 15 minutos (TIME SLEEP), con esto se evita que el equipo esté encendiéndose y apagándose constantemente lo que es perjudicial para el equipo e incrementa el consumo energético de centro de datos por los picos de corriente que se producen al encender la UMA.

Al encenderse una UMA más el comportamiento del aire que es expulsado por cada baldosa perforada será según lo indica la tabla 5.16, según los cálculos dicha baldosa aportará con el doble de BTU que son expulsados. En la programación se puede observar que en el caso extremo que se duplique el consumo energético o pase algún desperfecto en la UMA que esté trabajando,

no solo se encienda la UMA del lado contrario si no también los 4 ventiladores, justamente para tener mayor distribución de aire el momento que se enciendan 2 UMAS.

Tabla 5.16. Ventilador sobre una baldosa perforada al 56% y al 25%. Elaborado por Patricio Vaca R

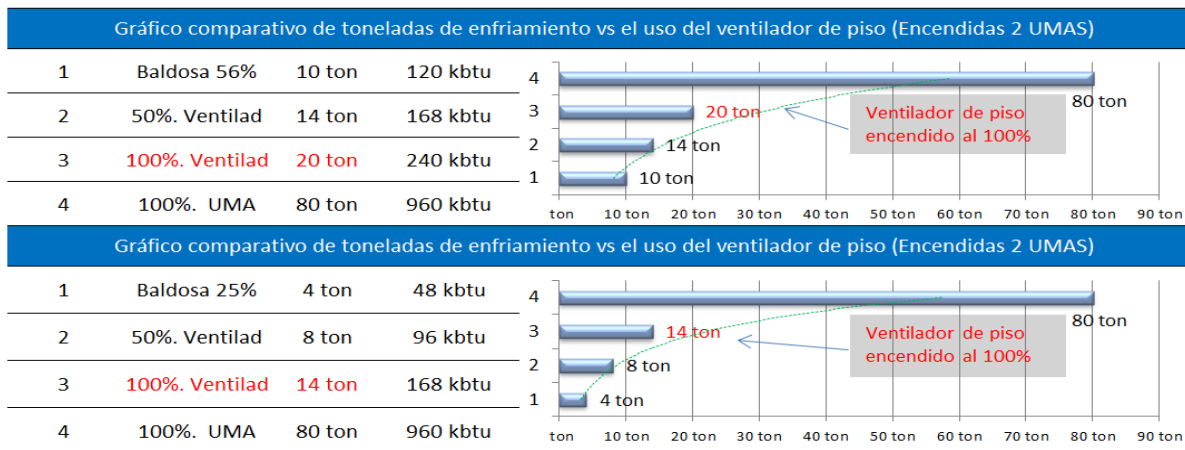
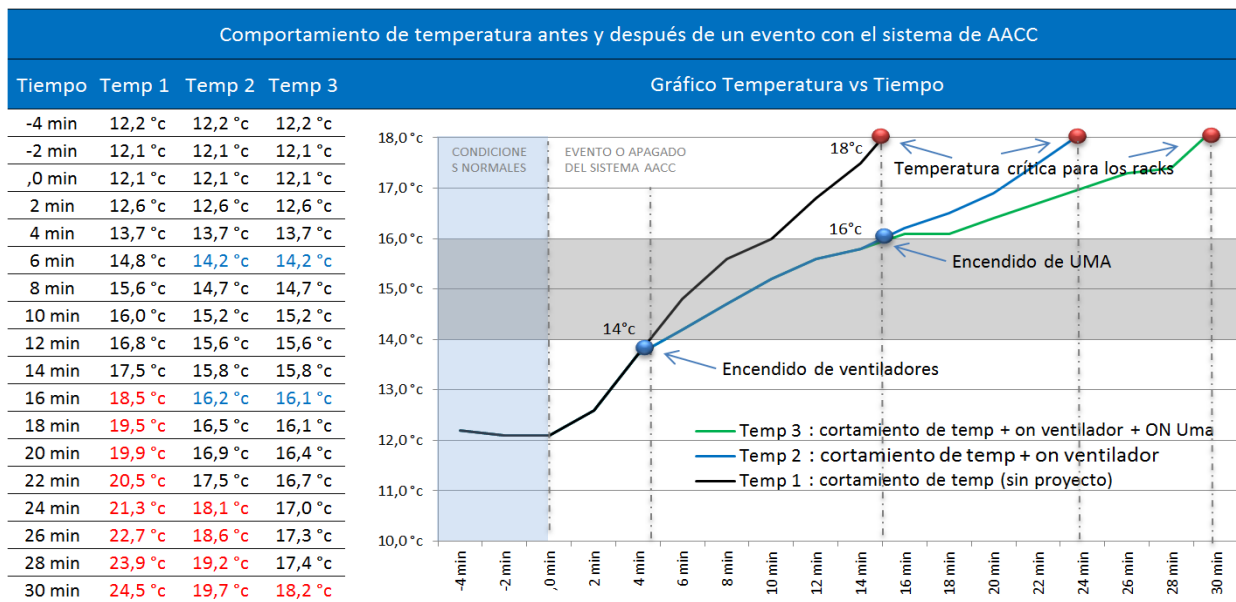


Tabla 5.17. Comportamiento de la temperatura estatus actual vs con la implementación del proyecto. Elaborado por Patricio Vaca R



Luego de un evento ya sea eléctrico o por daño de un equipo y este apague el sistema de aire acondicionado, la temperatura de pasillo frío incrementará tal punto que se alarmen los equipos en 15 minutos que es cuando dicha temperatura llegue a 18° centígrados, si solo se incluye en la infraestructura el sistema de ventiladores se gana 9 minutos para que se lleguen alarmar los

equipos, en total se obtiene 24 minutos para maniobras, por otro lado si la implementación es tal como el diseños y se implementa sistema de ventiladores y encendido de UMAs el tiempo para maniobras se duplica teniendo 30 min para que exista un evento de alarmas. Este comportamiento de la temperatura se lo puede ver en la tabla 5.17 donde se hace una comparación de la temperatura antes y después de un evento.

Pese a que sistema de censado ayuda no mitiga su totalidad el incremento de temperatura en la sala ya que las maniobras para encendido de los chiller en un caso extremo deben ser realizadas manualmente.

5.4.4. Estudio de implementación del proyecto.

Para la implementación del proyecto se debe estimar los valores de instalación con mano de obra calificada tomando en cuenta únicamente días laborales, será necesario la ayuda de un técnico eléctrico para realizar el trabajo implementación, un ingeniero en sistemas que hará la programación, habrá un supervisor de los dos técnicos, con el tiempo estimado de 4 semanas para la presentación total del proyecto, los días estarán distribuidos de acuerdo al avance del proyecto que se muestra en la tabla 5.18, el primer día se reunirán las tres personas para luego implemente los equipos y realice las conexiones el técnico eléctrico, ya estando implementado los equipos en los sitios especificados anteriormente el ingeniero en sistemas realizará la programación para adquisición de datos en cada equipo receptor y emisor, culminando el proyecto junto con el supervisor de obra que estará presente para revisar la culminación de la implementación y comprobar que el sistema funciona al 100 por ciento, el tiempo se repartirá de la siguiente forma entre las tres personas, como muestra la tabla 5.18

Tabla 5.18. Programación semanal para la implementación del proyecto. Elaborado por Patricio Vaca




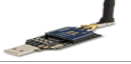










	Días trabajados	Semana Nro. 1					Semana Nro. 2					Semana Nro. 3					Semana Nro. 4					
Técnico eléctrico	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1											
Ingeniero sistemas	10	1	1					1	1			1	1	1	1	1	1					
Supervisor de obra	10	1	1				1					1				1	1	1	1	1	1	1
Tareas (General)		Armado e Implementación					Conexiones eléctricas					Programación					Revisión y pruebas					

5.5. Elaborar un presupuesto referencial para la implementación del sistema de monitoreo.

5.5.1. Análisis de costo de equipos para el proyecto.

Para el análisis de implementación de este proyecto fue indispensable tomar en cuenta varias cotizaciones de algunos proveedores, siendo los mejores precios los descritos en la tabla 5.19:

Tabla 5.19. Costo de equipos para implementación del proyecto. Elaborado por Patricio Vaca

Item	Descripción del equipo	Gráfico	Cantidad	Costo/ Unitario	Costo total	Costo inc iva
1	Meshlium: 802.15.4, ZigBee, Digimesh, 868/900 MHz		2	\$ 1.264,48	\$ 2.528,96	\$ 2.883,01
2	Gases Board		10	\$ 116,48	\$ 1.164,80	\$ 1.327,87
3	Waspnote		10	\$ 157,23	\$ 1.572,30	\$ 1.792,42
4	Waspnote Gateway		1	\$ 178,40	\$ 178,40	\$ 203,38
5	Antenna (5dB for 2.4GHz version and 4.5dB for 868MHz version)		10	\$ 45,78	\$ 457,80	\$ 521,89
5	Antenna (5dB for 2.4GHz version and 4.5dB for 868MHz version)		10	\$ 15,60	\$ 156,00	\$ 177,84
6	Mini-USB Cable		1	\$ 5,48	\$ 5,48	\$ 6,25
7	2300 mAh Battery - 3,7voltios - litio		10	\$ 15,48	\$ 154,80	\$ 176,47
8	Sensor de temperatura DS18S20		10	\$ 14,95	\$ 149,50	\$ 170,43
9	Sensor de humedad HS1100		10	\$ 16,85	\$ 168,50	\$ 192,09
10	Caja de plástico para módulo, tamaño (10x7x4) cm		10	\$ 10,25	\$ 102,50	\$ 116,85
11	Ventilador de bajo del piso falso		4	\$ 1.236,00	\$ 4.944,00	\$ 5.636,16
11	Cable flexible 2 x16 awg super flex		200	\$ 0,57	\$ 114,00	\$ 129,96
11	Materiales varios: Amarras plasticas - taípe - tornillos - cable flexible		1	\$ 150,00	\$ 150,00	\$ 171,00
Costo total inc iva					\$ 13.505,63	

El valor de los equipos para la implementación del proyecto de censado de temperatura y humedad en el cuarto principal de TELCONET es de \$ **13.505.63** dólares.

5.5.2. Costo de implementación de la infraestructura del nuevo sistema de monitoreo de temperatura y humedad.

Tal como se mostró en la etapa de implementación son 4 semanas para terminar el proyecto, con la distribución del proyecto sobre 3 personas con 10 días de trabajo para cada una, lo que el presupuesto para la remuneración del personal será tal como muestra la tabla 5.20.

Tabla 5.20. *Costo de mano de obra para la implementación del proyecto. Elaborado por Patricio Vaca.*

Item	Mano de obra	Nro de días	Costo/ día	Costo total	Costo inc iva
1	Técnico eléctrico	10	\$ 20,00	\$ 200,00	\$ 228,00
2	Ingeniero sistemas	10	\$ 30,00	\$ 300,00	\$ 342,00
3	Supervisor de obra	10	\$ 40,00	\$ 400,00	\$ 456,00
Costo total inc iva					\$ 1.026,00

El costo por los equipos y la implementación del sistema será de **\$13566.40 dólares** donde están incluidos todos los gastos por movilización de personal al sitio de trabajo y además se toma desde los equipos más importantes como los materiales varios como amarras plásticas y pernos, el costo del proyecto se lo puede observar en la tabla 5.21.

Tabla 5.21. *Costo total del proyecto. Elaborado por Patricio Vaca.*

Item	Descripción	Costo inc iva
1	Adquisición de equipos electrónicos	\$ 13.505,63
2	Mano de obra (instalación y programación)	\$ 1.026,00
Costo total inc iva		\$ 14.531,63

6. CONCLUSIONES

- Actualmente en el centro de datos de Telconet no existe una adecuada retroalimentación del comportamiento de la temperatura y humedad.
- Una de las razones principales por las que fueron escogidos los sensores de temperatura y humedad además de cumplir con las necesidades del proyecto, es que el módulo electrónico wasmote tiene librerías que definen la curva característica de cada sensor, haciendo más fácil de determinar la variación de cada uno de los parámetros.
- Para el diseño del proyecto de la red mesh se tomó en cuenta la mínima potencia de transmisión ya que las distancias son muy cortas entre los equipos.
- El momento que falla un equipo meshlium (recepción) el equipo wasmote (transmisión) según la programación éste puede cambiar la MAC de envío y así re-direccionar el camino de transmisión de datos, teniendo un enlace redundante en caso de evento con un equipo.
- Luego de un evento ya sea eléctrico o por daño de un equipo, éste apaga el sistema de aire acondicionado, la temperatura de pasillo frío incrementará a tal punto que se alarman los equipos en menos de 15 minutos y la temperatura ha pasado de 12°c a 18° centígrados, si solo se incluye en la infraestructura el sistema de ventiladores se gana 9 minutos para que se lleguen a alarmarse los equipos, en total se obtiene 24 minutos para maniobras, por otro lado si la implementación es tal como el diseño y se implementa el sistema de ventiladores y encendido de UMAs el tiempo para maniobras se duplica teniendo 30 min para maniobras en caso que exista un evento.
- Pese a que sistema de censado ayuda a mantener el enfriamiento, esto no mitiga en su totalidad el incremento de temperatura en la sala ya que las maniobras para encendido de los chiller en un caso extremo deben ser realizadas manualmente.

- El proyecto sobrepasa los 10 mil dólares pero si se hace un análisis de alternativas se encuentran dos importantes, en primer lugar se podría colocar todo el censado de temperatura y humedad alámbrica mente, esto reduciría el costo a un valor aproximado de 8 mil dólares, pero por otro lado se podría comprar los ventiladores del piso falso con censado y accionamiento automático donde el valor de cada uno de ellos es de 5 mil dólares si se instalan 4 ventiladores como en el alcance del proyecto el costo sería de 20 mil dólares, por lo que se ganaría un gran ahorro al diseñar desde cero este monitoreo.

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda tener todos los permisos de las gerencias para la elaboración del proyecto, ya que se utilizará espacio e infraestructura del centro de datos de Telconet para la instalación de los equipos de comunicación inalámbrica.
- El equipo wasmote tiene 8 entradas análogas, con estas entradas se podría obtener la información de temperatura y humedad tan solo con un equipo, pero no es recomendable hacerlo ya que la carga eléctrica se vuelve inestable con esa cantidad de sensores, se recomienda tener solo un sensor por equipo wasmote.
- Para la red inalámbrica tipo mesh se debe tener en cuenta el entorno y el espectro de frecuencia utilizado para de esta manera disminuir el grado de interferencia debido a dispositivos operando en el mismo canal.
- Para el monitoreo de temperatura y humedad se utilizará una máquina virtual con las facilidades que requiere el programa Zabbix con almacenamiento de una base de datos disponible para 3 años.
- Para la implementación del proyecto se recomienda usar el algoritmo criptográfico AES (Advanced Encryption Standard) con el fin de minimizar el riesgo de ataques cibernéticos y además mantener seguros los datos transmitidos, pese a que ocupará más espacio de bytes en la cabecera de datos esto no modificará el tiempo de transmisión por las distancias cortas que se tiene y la velocidad aplicada.

BIBLIOGRAFÍA:

- [1] Tomislav Topic (2013), **“Proyecto DataCenter de Telconet TIER III”**, Quito, Ecuador. :
<http://www.telconet.net/servicios/datacenter>
- [2] UPTIME (2013-2016), **“Certificados otorgados por el Instituto UP TIME”**, California,EU.
 Recuperado de <http://uptimeinstitute.com/TierCertification/design-document-certifications.php?page=1&ipp=All&clientId=103&countryName=&tierLevel>
- [3] Johnson Control (2008). **“AIR-COOLED SCREW LIQUID CHILLERS STYLE A MODELS”**
 pag. 17, Milwaukee, EU.: Editorial 201.23-NM2
- [4] W. Pitt Turner,IV John H. Seader VincentE Renaud, Uptime Institute Professional Service.LLC
 (2009-2012), **“Data Center Site Infrastructure Tier Standard: Topology”**, New York, E.U.
 Editorial Julian Kudritzki
- [5] UNIFLAIR, (2007). **“UG40/MP40 CONTROL AND LOCAL NETWORK”**, Conselve, Italy,
 Editorial Viale della Técnica
- [6] Johnson Control YORK (2008). **“AIR-COOLED SCREW LIQUID CHILLERS STYLE A MODELS”**
 pag.01, Milwaukee, EU.: Editorial 201.23-NM2
- [7] UNIFLAIR, (2009). **“LEONARDO EVOLUTION Manual de instrucciones”**, Conselve, Italy,
 Editorial Viale della Técnica
- [8] ATL AdvancedTechnology of Lacer (2016), **“Air separation systems”**, Romania. Recuperado de
<http://www.atl-fo.eu/hu/termek/tavkozlesi-halozatok-passziv-infrastrukturajahoz-kapcsolodo-term/gptermi-infrastruktura-eszkozei/hutes/air-separation-systems>
- [9] Google Centros de datos (2015), **“El interior de nuestros centros de datos”** Carolina del norte,
 EU.: <https://www.google.com/about/datacenters>
- [10] ABDC (2012), **“Pasillo Frío, pasillo caliente, técnicas básicas de climatización en Datacenters”**
 España.: <http://blog.aodbc.es/2012/06/05/pasillo-frio-pasillo-caliente-tecnicas-basicas-de-climatizacion-en-datacenters-i>

- [11] MPL Technology Group (2014), “Data Center Best Practice” Chesterton, Inglaterra
<http://mpltechnologygroup.com/en/data-center-best-practices/>
- [12] UNIFLAIR, (2009). “**LEONARDO EVOLUTION Manual de instrucciones**”, pag 8-11,
Conselve, Italy, Editorial Viale della Técnica
- [13] TEMPATRON, (2011). “**Temperature & Humidity Sensors**”, pag 1-2, United Kingdom ,
Editorial Eltime House.
- [14] UNIFLAIR, (2009). “**DIAGRAMA CONEXIONES INTERNAS UMA VWER 40TON**”, pag 5,
Conselve, Italy, Editorial Viale della Técnica
- [15] UNIFLAIR, (2009). “**DIAGRAMA CONEXIONES INTERNAS UMA VWER 40TON**”, pag 6,
Conselve, Italy, Editorial Viale della Técnica
- [16] UNIFLAIR, (2009). “**DIAGRAMA CONEXIONES INTERNAS UMA VWER 40TON**”, pag 7,
Conselve, Italy, Editorial Viale della Técnica
- [17] TIA-942 Data Centre Standards Overview, (2008). “**Data Centre Standards Overview**”, pag 5,
Berlin, Germany, Editorial Gloucestershire GL51 9NQ.
- [18] DIGI SERVICE AND SUPPORT, (2016). “**XBEE® S1 802.15.4 RF MODULES**”, pag 02, China.
Recuperado de.: [http:// www.digi.com.cn](http://www.digi.com.cn)
- [19] IEEE STANDARS 802.15.4, (2003). “**Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR -PANs)**”,
pag 10, Piscataway, USA, Editorial Rosewood Drive.
- [20] Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L.,(2014), “**Meshlium Xtreme - datasheet**” pag 4,
Zaragoza, España, Editorial Veistack. Recuperado de.: <http://www.libelium.com/>
- [21] Libelium Comunicaciones Distribuidas, (2014). “ **Waspnote Data Frame Programming Guide)**”, pag 04, Zaragoza, España, Editorial Veistack. Recuperado de.:
http://www.libelium.com/uploads/2013/02/data_frame_guide.pdf

- [22] Libelium Comunicaciones Distribuidas, (2014). “**Wasmote 802.15.4 Networking Guide**”, pag.20, Zaragoza, España, Editorial Veistack. Recuperado de.: <http://www.libelium.com>
- [23] Libelium Comunicaciones Distribuidas, (2014). “**Wasmote 802.15.4 Networking Guide**”, pag.14 Zaragoza, España, Editorial Veistack. Recuperado de.: <http://www.libelium.com>
- [24] Fundación Wikimedia, Inc, (2016). “**Advanced Encryption Standard**”, EEUU. Recuperado de.: https://es.wikipedia.org/wiki/Advanced_Encryption_Standard
- [25] UNIFLAIR, (2009). “**Manual de usuario equipos LEONARD**”, pag. 15, Conselve, Italy, Editorial Viale della Técnica.
- [26] Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L.,(2014), “**Wasmote Utilities Programming Guide**” pag 10, Zaragoza, España, Editorial Veistack. Recuperado de.: http://www.libelium.com/uploads/2013/02/wasmote_programming_guide.pdf.
- [27] Texas Instruments,(2016,) “ **ULN2003 High-Voltage, High-Current Darlington Transistor Arrays**” , pag. 2, Dallas, Texas, Recuperado de <http://www.ti.com>.
- [28] UNIFLAIR, (2009). “**DIAGRAMA CONEXIONES INTERNAS UMA VWER 40TON**”, pag 13, Conselve, Italy, Editorial Viale della Técnica.

ANEXOS

Anexo 1

Tables and Illustrations

Table 1: Tier Requirements Summary

	Tier I	Tier II	Tier III	Tier IV
Active Capacity Components to Support IT Load	N	N+1	N+1	N after any failure
Distribution Paths	1	1	1 active and 1 alternate	2 simultaneously active
Concurrently Maintainable	No	No	Yes	Yes
Fault Tolerance (single event)	No	No	No	Yes
Compartmentalization	No	No	No	Yes
Continuous Cooling*	load density dependent	load density dependent	load density dependent	Yes (Class A)

*For additional information on Continuous Cooling, refer to the Uptime Institute white paper *Continuous Cooling Is Required for Continuous Availability*.

UPTIME INSTITUTE WHITE PAPER Tier Classifications Define Site Infrastructure Performance

Anexo 2

Ashrae v2011 - La temperatura y humedad apropiada en un Centro de Datos

Dentro del Data Center, mantener la temperatura adecuada de forma estabilizada y controlada es una pauta fundamental del control ambiental, permitiendo el establecimiento y ejecución de una política claramente definida que contribuya a tener un Data Center robusto, confiable y durable. El rango de temperatura óptimo para un Data Center es entre 17 °C y 21 °C. Es necesario aclarar que esa temperatura no es de carácter obligatorio e inamovible, sino que existe también un margen aceptable de operación que sería de 15 °C y 25 °C.

Cualquier temperatura mayor a 25 °C deberá ser corregida de manera inmediata, ya que implica poner en riesgo el equipamiento del Data Center.

En los grandes Data Centers, la temperatura es difícil de medir, ya que no existe un único punto de referencia para tomar la muestra. Por ello se debe realizar por pasillos, y hasta en algunos casos, se puede llegar a tomar la temperatura en varios Racks.

Actualmente en el mundo de IT, existe una discusión sobre cuál es la temperatura ideal para operar un Data Center debido a la publicación de las mejores prácticas recomendadas por el reconocido organismo ASHRAE [American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers] en 2011, donde la entidad sugiere un rango de operación permitido más amplio según el tipo de Data Center, es decir, más elevado que lo afirmado en su previa publicación en 2008, y más aún comparada contra la versión del 2004.

Rangos aceptables de temperatura

En 2004 la recomendación de operación era entre 20 °C y 25 °C; en la publicación del año 2008, el rango recomendado se amplió a 18 °C y 27 °C. En el año 2011, el rango recomendado

se mantuvo, pero se amplió el rango permitido de 5 °C a 40 °C (cabe aclarar que esto no es para todos los tipos de Data Centers, sino que varía según su clasificación).

Si se sabe que nuestros equipos se renuevan siempre cada tres años probablemente no se tenga problemas operando nuestro Data Center a 27 °C. En cambio la vida útil de nuestros servidores va a ser mucho más extendida, se debería pensar en un rango de operación más bajo para así prolongar la duración de los equipos. Como se citó anteriormente, según la Regla de los 10 grados, a menor temperatura, mayor es la durabilidad de los componentes.

Por otra parte la norma TIA/EIA-942 recomienda como rango aceptable de temperatura entre 20 °C y 25 °C.

Recuperado de: <http://www.datacentershoy.com/2013/07/cual-es-la-temperatura-correcta-de-un.html>

Anexo 4

A continuación la programación de encendido de la UMA.

```

if (temperatura>18 )
{
  USB.println(F("....."));
  USB.print("La temperatura se encuentra mayor de 18 grados: ");
  USB.println(temperatura);
  USB.print("Se encenderá una UMA más para bajar la temperatura");
  USB.println(F("....."));
  digitalWrite(DIGITAL5, HIGH);      // Se enciende salida digital 5 }
  else
  {
    if (temperatura<14)
    {
      USB.println(F("....."));
      USB.println("La temperatura se encuentra menor a 14 grados: ");
      USB.println(temperatura);
      USB.println(F("....."));
      digitalWrite(DIGITAL5, LOW);      // Se apaga salida digital 5 }
    }
  }
}

```