

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA
AUTOMATIZACIÓN Y MONITOREO DE LOS SISTEMAS DE AIRE
ACONDICIONADO HIDRÓNICO DE LOS EDIFICIOS DE ING. QUÍMICA Y
CIENCIAS HUMANAS DE LA UIS**

**ZULMA CAROLINA ANAYA JAIMES
CARLOS URIEL CORTÉS RODRÍGUEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA
2012**

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA
AUTOMATIZACIÓN Y MONITOREO DE LOS SISTEMAS DE AIRE
ACONDICIONADO HIDRÓNICO DE LOS EDIFICIOS DE ING. QUÍMICA Y
CIENCIAS HUMANAS DE LA UIS**

**ZULMA CAROLINA ANAYA JAIMES
CARLOS URIEL CORTÉS RODRÍGUEZ**

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

Director

**OMAR ARMANGO GÉLVEZ AROCHA
Ingeniero Mecánico**

Codirector

**JABID EDUARDO QUIROGA MÉNDEZ
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2012

DEDICATORIA

A mis padres, Ana María y Pedro Antonio, por sus consejos, apoyo, ejemplo y compañía en todas las etapas de mi vida, sin ellos no hubiese alcanzado este gran logro.

A mis hermanos, Yina y Johann, para quienes trato de ser un buen ejemplo.

A Sofy, la mejor amiga, quien cree siempre en mí y me brinda su apoyo incondicional.

A todos mis amigos, por las muchas experiencias compartidas.

Zulma Anaya

DEDICATORIA

Dedico este libro a mi padre Carlos Cortés, cuyo ejemplo de fortaleza, sacrificio y esfuerzo inspira mis pasos en los momentos más difíciles, sin el esto no sería posible.

A mi madre Blanca Rodríguez quien con su infinita nobleza, amor y paciencia me enseña a tratar de elegir siempre los buenos senderos en mi vida.

A Yaz, quien es siempre un motivo para seguir adelante y explorar nuevos horizontes, buscando siempre ser un apoyo en su vida.

A Fercho, que ha compartido conmigo las buenas y malas experiencias de la vida y me ha mostrado muchas veces los lugares donde pisar para seguir adelante.

A todos mis compitas, Oscar, Hair, Camilo y en especial a Tommy y a Pequitas que siempre han compartido mis éxitos, sueños y derrotas como si fuesen propios.

A Zulmita, por su amor y apoyo desinteresado y con quien comparto el esfuerzo y trabajo en este logro, como uno mas de los tantos que juntos a lo largo de la universidad alcanzamos y disfrutamos.

A Cesar, Lucho, Cali y todos los que en algún momento me acompañaron en las largas y amenas jornadas de estudio a lo largo de toda la carrera.

Carlos Cortes

AGRADECIMIENTOS

Al ingeniero mecánico Omar Armando Gélvez Arocha, quien con su conocimiento y experiencia nos guio y aconsejo a través del tiempo de realización de este proyecto de grado.

A Sergio Rivero, amigo y profesional de la División de Mantenimiento Tecnológico por su disponibilidad y permanente colaboración.

Al ingeniero Edwin Ordoñez, profesional del CENTIC quien nos guio y colaboro con aspectos claves durante la realización del proyecto de grado.

A todos aquellos que de una u otra manera colaboraron con la realización de este proyecto.

MUCHAS GRACIAS.

*Zulma Carolina Anaya Jaimes
Carlos Uriel Cortés Rodríguez*

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	22
1. SISTEMA SCADA	24
1.1 GENERALIDADES DE UN SISTEMA SCADA	24
1.1.1 MODELO DE AUTOMATIZACIÓN PIRAMIDAL:	25
1.1.2 PRESTACIONES DE UN SISTEMA SCADA.	27
1.2 ESTRUCTURA DE UN SISTEMA SCADA	29
1.2.1 HARDWARE DE UN SISTEMA SCADA.	30
1.2.2 SOFTWARE DE UN SISTEMA SCADA.	38
1.3 CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE SISTEMAS SCADA	40
2. SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO HIDRÓNICO	43
2.1 GENERALIDADES DEL SISTEMA DE A.A. HIDRÓNICO	43
2.1.1 VENTAJAS DE LOS SISTEMAS HIDRÓNICOS.	45
2.1.2 PRINCIPALES INCONVENIENTES DE LOS SISTEMAS HIDRÓNICOS	45
2.1.3 EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS HIDRÓNICOS RESPECTO A LOS DE EXPANSIÓN DIRECTA.	46
2.2 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE A.A. HIDRÓNICO	46
2.2.1 ENFRIADOR DE AGUA O CHILLER.	48
2.2.2 TORRE DE ENFRIAMIENTO.	52
2.2.3 UNIDADES TERMINALES O FAN-COIL INDIVIDUALES.	54
2.2.4 RED DE SUMINISTRO DE AGUA.	56
2.3 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO	58
2.3.1 SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA QUÍMICA.	58
2.3.2 SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DEL EDIFICIO DE CIENCIAS HUMANAS.	76

2.4	MANTENIMIENTO Y ANALISIS DE FALLOS DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO	89
3.	DISEÑO DEL SISTEMA SCADA	91
3.1	REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA SCADA	91
3.2	VARIABLES A INTEGRAR EN EL SISTEMA SCADA	92
3.2.1	VARIABLES MEDIDAS.	94
3.2.2	VARIABLES A INTEGRAR.	95
3.3	ANÁLISIS DE LA INSTRUMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE A.A. HIDRÓNICO	96
3.3.1	SISTEMA DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA QUÍMICA.	96
3.3.2	SISTEMA DEL EDIFICIO DE CIENCIAS HUMANAS.	105
3.3.3	UNIDADES REMOTAS.	112
4.	ESTRUCTURA DEL SISTEMA SCADA	113
4.1	REDES DE COMUNICACIÓN	113
4.1.1	DEFINICIONES	113
4.1.2	REDES DE COMUNICACIÓN DE LA UIS.	114
4.2	PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN	116
4.2.1	MODBUS.	116
4.2.2	BACNET.	116
4.2.3	LONTALK.	117
4.2.4	TCP/IP.	117
4.3	PROTOCOLO BACNET	118
4.3.1	GENERALIDADES.	118
4.3.2	ARQUITECTURA DEL PROTOCOLO.	119
4.3.3	CAPA DE APLICACIÓN DEL PROTOCOLO BACNET.	119
4.3.4	CAPA DE RED DEL PROTOCOLO BACNET.	121
4.3.5	CAPA DE ENLACE DE DATOS E INTERFAZ DEL PROTOCOLO BACNET.	121
4.4	UNIDAD CENTRAL MTU	122

4.4.1	SWITCH CORE DUO.	123
4.4.2	SERVIDOR DE DATOS (ADS).	125
4.4.3	RECURSOS DE RED Y CONECTIVIDAD DEL SISTEMA.	125
4.5	SOFTWARE DEL SISTEMA SCADA	128
4.5.1	DESCRIPCIÓN DE LA PLATAFORMA.	128
4.5.2	SOFTWARE APLICATIVO ADS.	129
4.5.3	INTERFAZ GRÁFICA.	130
5.	PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DEL SISTEMA SCADA	133
5.1	ESTRUCTURA GENERAL DEL SISTEMA PROPUESTO	133
5.2	SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA SCADA	135
5.2.1	INSTRUMENTACIÓN DE CAMPO.	135
5.2.2	UNIDADES REMOTAS.	142
5.2.3	SOFTWARE SCADA.	145
5.2.4	UNIDAD MAESTRA MTU.	146
5.3	FASES DE IMPLEMENTACION DEL SISTEMA SCADA	147
5.3.1	INGENIERÍA DE DETALLE.	147
5.3.2	INSTALACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS.	148
5.3.3	CONFIGURACIÓN DE LOS PLC Y EL SOFTWARE SCADA.	148
5.3.4	CAPACITACIÓN DEL PERSONAL.	148
5.4	PRESUPUESTO DEL PROYECTO	149
5.5	FORMULACION DE PROYECTOS PARA EL BPPIUIS	151
5.5.1	MODULO 1: IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO.	154
5.5.2	MODULO 2: PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DEL PROYECTO.	155
5.5.3	MODULO 3: FINANCIAMIENTO Y SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO.	155
5.5.4	NOMBRE DEL PROYECTO.	156
	CONCLUSIONES	158
	RECOMENDACIONES	161

BIBLIOGRAFIA

162

ANEXOS

164

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Referencia de software SCADA.	39
Tabla 2. Especificaciones compresores I.Q.	62
Tabla 3. Control de los ventiladores de los condensadores I.Q.	63
Tabla 4. Sensores, transductores y accesorios chiller I.Q.	64
Tabla 5. Características técnicas de las bombas de agua fría de I.Q.	69
Tabla 6. Especificaciones Minisplit I.Q.	75
Tabla 7. Especificaciones compresores C.H.	79
Tabla 8. Descripción de los transductores, sensores y accesorios del chiller C.H.	81
Tabla 9. Características técnicas de las bombas de C.H.	85
Tabla 10. Especificaciones Fan Coil C.H.	88
Tabla 11. Variables medidas actualmente I.Q.	94
Tabla 12. Variables medidas actualmente C.H.	94
Tabla 13. Variables a integrar I.Q.	95
Tabla 14. Variables a integrar C.H.	95
Tabla 15. Entradas digitales del tablero de control I.Q.	98
Tabla 16. Entradas análogas del tablero de control I.Q.	98
Tabla 17. Salidas digitales del tablero de control I.Q.	99
Tabla 18. Salidas análogas del tablero de control I.Q.	99
Tabla 19. Valores requeridos para el BAS de comunicación I.Q.	104
Tabla 20. Numero de los errores en tiempo real I.Q.	105
Tabla 21. Valores requeridos para el BAS de comunicación C.H.	110
Tabla 22. Características Switch core BD 8806.	124
Tabla 23. Características del ADS.	125
Tabla 24. Características del sistema METASYS.	129
Tabla 25. Sensor de temperatura de zona	136
Tabla 26. Sensor de humedad relativa	137
Tabla 27. Sensores on/off para motores eléctricos	138

Tabla 28. Sensor de flujo de agua	139
Tabla 29. Sensor de flujo de aire	140
Tabla 30. Medidor de variables eléctricas	141
Tabla 31. Unidad remota	145
Tabla 32. Presupuesto instrumentación	149
Tabla 33. Presupuesto unidades remotas	150
Tabla 34. Presupuesto costo de obra	151
Tabla 35. Consolidado de costos	151
Tabla 36. Etapas para la formulación de proyectos al BPPUIIS	152
Tabla 37. Formatos ID – Identificación del Proyecto.	154
Tabla 38. Formatos PE - Preparación y Evaluación del Proyecto.	155
Tabla 39. Formatos FS – Financiamiento y Sostenibilidad del Proyecto.	156

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Pirámide de Automatización	25
Figura 2. Estructura básica de un sistema SCADA.	29
Figura 3. Tipos de topología de red.	35
Figura 4. Pila del Modelo OSI.	37
Figura 5. Ejemplo de un interfaz hombre máquina.	39
Figura 6. Sistema de enfriamiento hidrónico.	44
Figura 7. Sistema de enfriamiento-calefacción hidrónico.	44
Figura 8. Sistema aire-agua.	47
Figura 9. Sistema agua-aire.	48
Figura 10. Ciclo de compresión.	49
Figura 11. Corte de un condensador multitubular.	49
Figura 12. Unidad evaporadora-condensación por aire.	51
Figura 13. Diagrama P-H del ciclo ideal de refrigeración por compresión.	52
Figura 14. Funcionamiento de un ciclo de refrigeración mecánica.	53
Figura 15. Vista de un fan-coil individual.	55
Figura 16. Corte con detalle de un fan-coil individual.	55
Figura 17. Sistema de dos tuberías.	56
Figura 18. Control del suministro de agua.	57
Figura 19. Sistemas de tres tuberías.	57
Figura 20. Subsistemas del A.A. Edificio Ingeniería Química.	58
Figura 21. Chiller sistema A.A. Ingeniería Química.	59
Figura 22. Diagrama de flujo del refrigerante en el chiller I.Q.	60
Figura 23. Esquema del evaporador del chiller I.Q.	61
Figura 24. Compresor chiller I.Q.	61
Figura 25. Componentes del condensador del chiller I. Q.	63
Figura 26. Ubicación de los transductores, sensores y accesorios del chiller I.Q.	64
Figura 27. Tablero de control del chiller I.Q.	65

Figura 28. Parámetros de funcionamiento chiller I.Q.	67
Figura 29. Esquema del sistema de distribución de agua fría I.Q.	68
Figura 30. Bombas y válvulas de triple servicio del sistema de agua fría I.Q.	69
Figura 31. Válvula triple servicio Bell & Gossett	70
Figura 32. Detalle del tanque de expansión I.Q.	71
Figura 33. Control de flujo por las unidades terminales	72
Figura 34. Detalle del control en las unidades terminales de I.Q.	73
Figura 35. Plano del sistema de la unidad manejadora de piso I.Q.	74
Figura 36. Componentes de la unidad manejadoras de piso I.Q.	74
Figura 37. Minisplit tipo cassette.	75
Figura 38. Componentes del sistema de A.A. Edificio Ciencias Humanas.	76
Figura 39. Chiller Edificio Ciencias Humanas.	77
Figura 40. Diagrama de flujo de refrigerante en el chiller C.H.	78
Figura 41. Compresor del chiller de C.H.	79
Figura 42. Esquema evaporador C.H.	80
Figura 43. Esquema condensador C.H.	80
Figura 44. Transductores, sensores y accesorios chiller C.H.	81
Figura 45. Tablero de control Chiller C.H.	82
Figura 46. Parámetros de funcionamiento del chiller C.H.	83
Figura 47. Torre de enfriamiento C.H.	84
Figura 48. Bomba centrifuga C.H.	85
Figura 49. Conexión de las unidades terminales ACW C.H.	87
Figura 50. Unidad acondicionadora de aire C.H.	88
Figura 51. Fan Coil CH.	88
Figura 52. Modulo de control del chiller I.Q..	97
Figura 53. Arquitectura de los contactos del tablero a los relés I.Q.	100
Figura 54. Conexiones eléctricas de los tableros del Sys1 I.Q.	100
Figura 55. Diagrama del circuito eléctrico de los elementos del Sys1 I.Q.	101
Figura 56. Diagrama del panel de poder I.Q.	102
Figura 57. Conexiones del micro panel I.Q..	103
Figura 58. Modulo de control del chiller C.H.	106

Figura 59. Esquema del modulo de control C.H.	107
Figura 60. Conexión de sensores chiller C.H.	108
Figura 61. Conexiones eléctricas de los tableros del Sys1 C.H.	109
Figura 62. Conexiones eléctricas de los tableros del Sys2 C.H.	109
Figura 63. Conexiones del micro panel C.H.	110
Figura 64. Arquitectura colapsada de BACnet.	119
Figura 65. Estructura general de BACnet.	120
Figura 66. Redes de comunicación BACnet	121
Figura 67. Switch core BD 8806	123
Figura 68. Diagrama de conexión general	127
Figura 69. Red de integración del sistema METASYS	128
Figura 70. Presentación de la interfaz grafica	131
Figura 71. Esquema general de la interfaz de usuario	131
Figura 72. Elementos comunes en gráficos	132
Figura 73. Ejemplo de manejo de los sistemas	132
Figura 74. Estructura global del sistema SCADA	134
Figura 75. LG BACnet Gateway	142
Figura 76. Controlador digital programable	143
Figura 77. NAE55	147
Figura 78. Conexión del analizador a la red eléctrica	192

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. FORMATOS DILIGENCIADOS DEL BPPIUIS	165
ANEXO B. ESTUDIO DE CARGAS ELÉCTRICAS	191
ANEXO C. MAPAS PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN	206

RESUMEN

TITULO:

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA AUTOMATIZACIÓN Y MONITOREO DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO HIDRÓNICO DE LOS EDIFICIOS DE ING. QUÍMICA Y CIENCIAS HUMANAS DE LA UIS.*

AUTORES:

Zulma Carolina Anaya Jaimes. Carlos Uriel Cortés Rodríguez**

PALABRAS CLAVES:

Sistema SCADA, Aire Acondicionado hidrónico, BACnet.

CONTENIDO:

Los sistemas SCADA representan una herramienta de automatización flexible e integral a la hora de supervisar procesos y tener el control sobre los parámetros de estos, permitiendo generar un registro histórico y monitoreo de las variables y eventos de los sistemas.

En el presente trabajo de grado se presenta una propuesta de diseño de un sistema SCADA para los aires acondicionados de los edificios de Ingeniería Química y Ciencias Humanas de la UIS, el cual se adapta a las necesidades expuestas por la División de Mantenimiento Tecnológico de la universidad. Para la elaboración de esta propuesta se abordaron los principios de funcionamiento de los sistemas de aire acondicionado hidrónico, a fin de determinar las variables a integrar y elementos del sistema SCADA.

El desarrollo de este proyecto consta en su primera parte de una conceptualización de los sistemas SCADA y los sistemas de aire acondicionado hidrónico, posteriormente se realiza una descripción detallada de los aires acondicionados de cada edificio y de sus respectivos subsistemas, elementos e instrumentación de campo. Lo siguiente consiste en definir las variables a integrar al sistema SCADA, así como la arquitectura y redes de comunicación de este sistema. Finalmente, el proyecto presenta una propuesta para la implementación del sistema SCADA, conforme a las características definidas para las unidades maestras, unidades remotas, redes de comunicación e instrumentación de campo, elaborando un presupuesto de la propuesta, el cual incluye los costos de los equipos, configuración de estos y servicios de instalación.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Omar Armando Gélvez Arocha.

ABSTRACT

TITLE:

DESIGN PROPOSAL OF A SCADA SYSTEM FOR AUTOMATION AND MONITORING OF HYDRONIC ING CONDITIONING AIR SYSTEMS OF THE CHEMISTRY AND HUMAN SCIENCES BUILDINGS AT UIS.*

AUTHORS:

Zulma Carolina Anaya Jaimes. Carlos Uriel Cortés Rodríguez**

KEYWORDS:

SCADA System, hydronic Conditioning Air, BACnet.

CONTENTS:

SCADA systems represent a flexible and comprehensive automation tool in monitoring the process and having control over these parameters, allowing to generate a historical record and to monitor variables and systems events.

This work present a proposal work degree of the SCADA system design for the air conditioning of buildings of Chemical Engineering and Humanities of UIS, which adapts to the needs expressed by the Technological Maintenance Division of the University. In preparing this proposal we addressed the principles of operations of hydronic air conditioning systems, in order to determine the variables to integrate and the SCADA system elements.

The development of this project consists in the first part of a conceptualization of SCADA systems and hydronic air conditioning systems, then a detailed description of each building air conditioners and their subsystems, components and instrumentation field. The next thing is to define the variables in order to integrate the SCADA system, as well as the architecture and communication networks of this system. Finally, the project presents a proposal for the implementation of the SCADA system, according to the characteristics defined for master units, remote units, communication networks and instrumentation field, developing a budget proposal, which includes the cost of equipment , the configuration and installation services.

* Degree Work.

**Faculty of physical-mechanical Engineering, School of Mechanical Engineering, Engineer: Omar Armando Gélvez Arocha

INTRODUCCIÓN

Los sistemas SCADA representan una herramienta de automatización flexible e integral a la hora de supervisar procesos y tener el control sobre los parámetros de estos, permitiendo generar un registro histórico de variables y eventos de los sistemas. Estas características hacen que los sistemas SCADA faciliten labores de mantenimiento, generando alarmas e informes en tiempo real.

La División de Mantenimiento Tecnológico de la Universidad Industrial de Santander, en busca de desarrollar políticas que contribuyan al uso eficiente y ahorro energético en los sistemas de aire acondicionado de los principales edificios del campus, requiere implementar un modo de monitoreo y supervisión constante de los equipos y procesos de estos sistemas y reducir así los problemas que presentan en su operación y mantenimiento.

Mediante este proyecto de grado se presenta una propuesta de implementación de un sistema SCADA para los sistemas de aire acondicionado de los edificios de Ingeniería Química y Ciencias Humanas de la UIS, el cual se adapta a las necesidades expuestas por la División de Mantenimiento Tecnológico. Para la elaboración de esta propuesta se abordaron los principios de funcionamiento de los sistemas de aire acondicionado, a fin de determinar las variables a integrar en el sistema SCADA, la instrumentación de campo asociada y la selección y configuración de los elementos del sistema.

El desarrollo del proyecto se presentara en cinco capítulos los cuales explicaran desde los conceptos básicos de un sistema SCADA hasta la propuesta de implementación del diseño planteado.

En el primer capítulo se presentan los conceptos básicos y las características generales así como la estructura, los elementos y los lineamientos a la hora de diseñar e implementar un sistema SCADA.

En el segundo capítulo se hablara de los sistemas de aire acondicionado hidrónico, explicando su principio de funcionamiento y componentes, para después describir en detalle cada uno de los sistemas existentes en los edificios de Ingeniería Química y Ciencias Humanas de la UIS.

En el tercer capítulo se presenta el diseño del sistema SCADA, señalando los requerimientos y seleccionando las variables a integrar en este, así como una descripción detallada de la instrumentación existente actualmente en los sistemas de aire acondicionado.

En el cuarto capítulo se hace referencia a la estructura de comunicación con la que cuenta la universidad, describiendo las redes y protocolos de comunicación en general, así como un informe detallado del hardware y software existente en el CENTIC, el cual se plantea como la unidad maestra del sistema SCADA.

En el quinto capítulo se presenta la estructura planteada del sistema SCADA, bajo los lineamientos establecidos previamente, junto con los elementos que se sugieren para implementar la propuesta y un presupuesto para su desarrollo.

1. SISTEMA SCADA

Los sistemas de monitorización y control en tiempo real son elementos esenciales en el funcionamiento tanto de procesos industriales, como en el desarrollo de gran parte de las tareas rutinarias en nuestra sociedad. El acrónimo SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) se puede traducir como *Control de Supervisión y Adquisición de Datos*. De manera que se denomina sistema SCADA a aquel conjunto de redes, equipos y software diseñado con la finalidad de monitorear y controlar en tiempo real procesos a distancia.

El propósito de este capítulo es describir las características de un sistema SCADA, sus elementos y estructuras, así como las consideraciones de diseño e implementación.

1.1 GENERALIDADES DE UN SISTEMA SCADA

Los sistemas SCADA se presentan principalmente como una herramienta de supervisión y mando. Al tener una representación gráfica de los procesos distribuidos en áreas amplias, visualizando los estados de estos, las situaciones de alarma, acceso a historiales, entre otros, es posible evitar el desplazamiento al nivel de campo para evaluar el estado del sistema, facilitando las labores de supervisión y control por parte de los operadores.

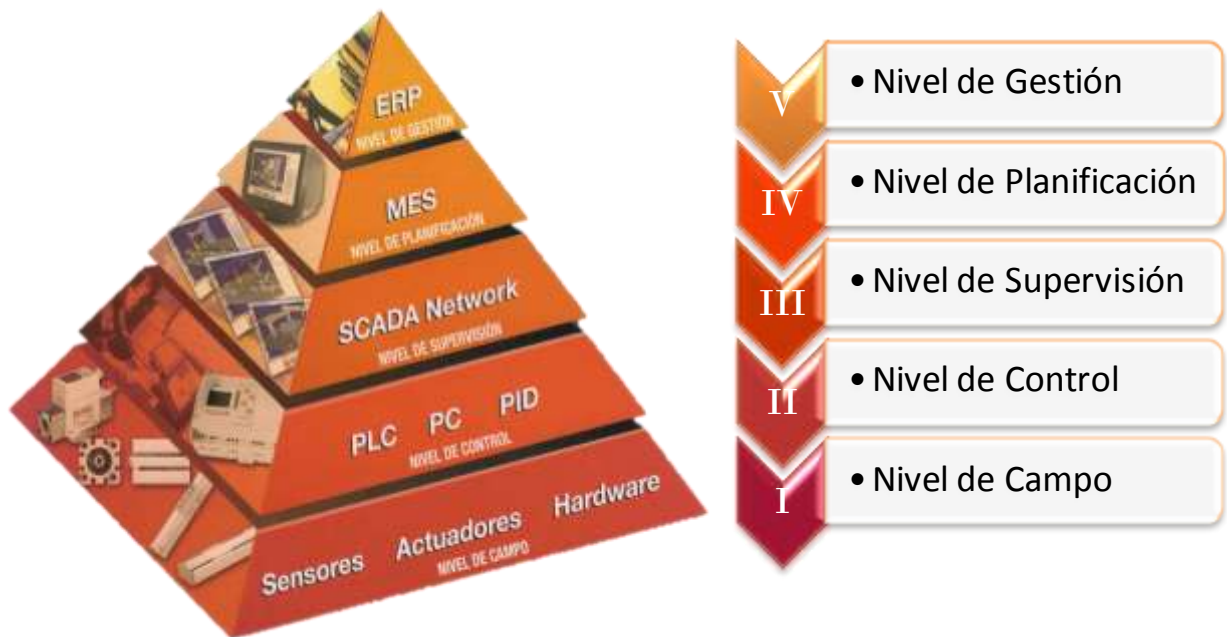
Un término clave en la definición de sistema SCADA es el de *supervisión*, que significa que un operador humano es quien tiene la última decisión sobre la acción final, en otras palabras, los lazos de control se cierran por medio del operario, aunque en la actualidad, se puede hacer de forma tanto manual, como automática.

1.1.1 Modelo de automatización piramidal:

La pirámide CIM1 es un modelo de referencia al momento de automatizar un proceso, ya que brinda algunos lineamientos a seguir para que el proyecto se integre de forma adecuada a los diversos ámbitos presentes en la industria.

El modelo piramidal consta de cinco niveles como se muestra en la Figura 1. Cada nivel se caracteriza por un tipo de información y de procesamiento diferente, siendo necesaria la integración del proceso automatizado para incluir la comunicación interna en cada nivel y entre niveles.

Figura 1. Pirámide de Automatización



La pirámide de automatización se encuentra compuesta por los siguientes niveles:

¹ Acróstico de: "Computer Integrated Manufacturing"

- **Nivel I (Nivel de Campo):** Es el nivel mas próximo al proceso, aquí se encuentra la instrumentación asociada al sistema, comprendida tanto por los sensores encargados de la medición de las señales del proceso, así como los actuadores que operan sobre este en base a ordenes impartidas por niveles superiores.
- **Nivel II (Nivel de Control):** En este nivel se encuentran los equipos encargados del control y/o adquisición de datos del proceso. Estos equipos se interconectan con los elementos del nivel de campo, registrando los valores de los sensores e impartiendo acciones sobre los actuadores; así mismo, establecen comunicación con otros elementos de su mismo nivel, como del nivel de supervisión.
- **Nivel III (Nivel de Supervisión):** Este nivel es el encargado de registrar los datos de los niveles inferiores, con estos datos es posible evaluar el estado del sistema desde las diversas perspectivas presentes en la industria (mantenimiento, control de calidad, producción, gerencia, etc.). Este nivel sirve de enlace entre los niveles de gerencia y los niveles de campo.
- **Nivel IV (Nivel de Planificación o MES²):** En este nivel se dirigen y se monitorizan los procesos de producción de la planta. Aquí se coordinan labores entre los diversos departamentos presentes en la industria, se evalúan estados y se generan informes para los departamentos gerenciales.
- **Nivel V (Nivel de Gestión o ERP³):** Es el nivel mas alto de la pirámide de automatización, aquí se unifica la información de los niveles inferiores y se determinan las acciones a tomar por los diversos departamentos que componen la industria.

El sistema SCADA se ubica en los tres primeros niveles de la pirámide de automatización, donde los niveles I y II contienen el hardware SCADA, mientras el

2 Acróstico de: "Manufacturing Execution Systems": Sistema de Ejecución de Manufactura

3Acróstico de: "Enterprise Resource Planning": Planeación de Recursos Empresariales

nivel III lo compone la aplicación de software; brinda soporte a los niveles IV y V en la determinación de acciones que mejoren la productividad.

Es de vital importancia que el sistema SCADA se integre de forma adecuada y cumpla con los requerimientos presentes en la pirámide.

1.1.2 Prestaciones de un sistema SCADA.

El sistema SCADA comprende una serie de funciones y utilidades encaminadas a establecer una comunicación lo más clara posible entre el proceso y el operador. Entre las prestaciones que ofrece esta herramienta de comunicación se encuentra:

- **La adquisición de datos.** Recolectar, procesar, almacenar y mostrar la información recibida en forma continua desde los equipos de campo.
- **Supervisión remota de instalaciones y equipos.** Permitir al operador conocer el estado de desempeño de las instalaciones y los equipos alojados en la planta, lo que permite dirigir las tareas de mantenimiento y estadística de fallas.
- **Control remoto de instalaciones y equipos.** Mediante el sistema se puede activar o desactivar los equipos remotamente (abrir válvulas, activar interruptores, prender motores, etc.), de manera automática y también manual. Además es posible ajustar parámetros, valores de referencia o algoritmos de control.
- **Visualización gráfica dinámica.** El sistema es capaz de brindar imágenes en movimiento que representen el comportamiento del proceso, dándole al operador la impresión de estar presente dentro de una planta real. Estos

gráficos también pueden corresponder a curvas de las señales analizadas en el tiempo.

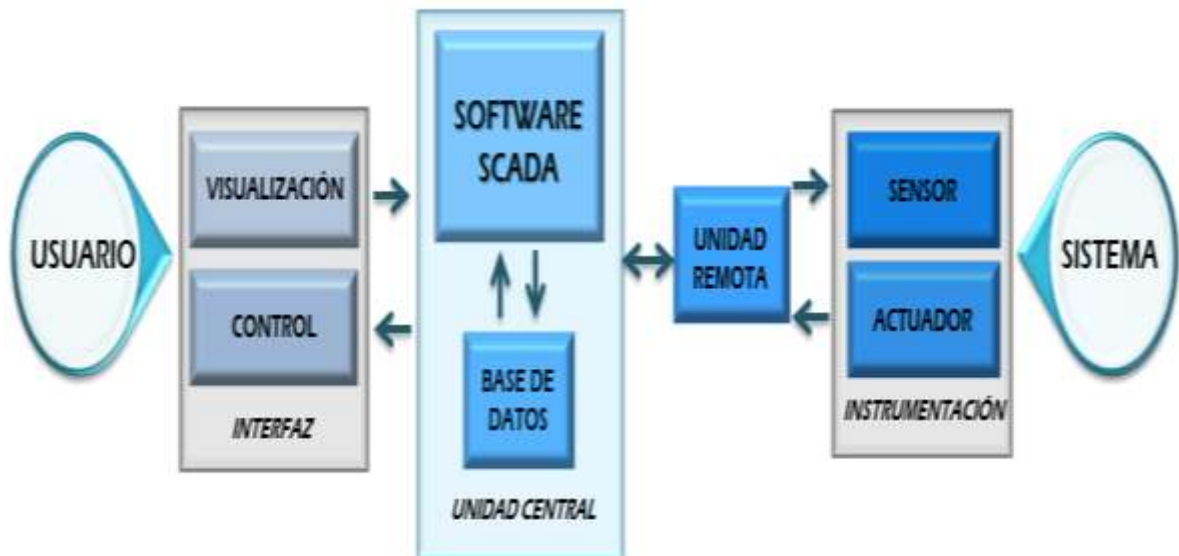
- **Representación de señales de alarma.** A través de las señales de alarma automáticas se logra alertar al operador frente a una falla o la presencia de una condición perjudicial o fuera de lo aceptable. Estas señales pueden ser tanto visuales como sonoras. También pueden ser enviadas por vía correo electrónico, vía telefónica y celular.
- **Generación de reportes.** Con los datos adquiridos el sistema SCADA permite generar representaciones graficas, predicciones, control estadístico del proceso en un tiempo determinado por el operador, que sirvan como soporte para la gestión de la producción, gestión administrativa y financiera, etc.
- **Programación de eventos.** Posibilidad de programar subprogramas que brinden activación de tareas automáticas, generación programada de reportes, estadísticas, graficas de curvas o tendencias, etc.
- **Registro histórico de datos.** Generar el histórico de las señales de planta con datos adquiridos, información puede utilizarse posteriormente en la elaboración de informes y administración de datos.
- **Seguridad de los datos.** Tanto el envío como la recepción de datos deben estar suficientemente protegidos de influencias no deseadas, intencionadas o no (fallos en la programación, intrusos, etc.).
- **Seguridad en los accesos.** Restringiendo zonas de programa comprometidas a usuarios no autorizados, registrando todos los accesos y acciones llevadas a cabo por cualquier operador.

1.2 ESTRUCTURA DE UN SISTEMA SCADA

La estructura funcional de un sistema de visualización y adquisición de datos obedece generalmente a la estructura Maestro-Esclavo. La estación central (el maestro) se comunica con las demás estaciones (esclavos) requiriendo de éstas una serie de acciones o datos.

El sistema SCADA está compuesto por una unidad central, la cual mediante comunicación continua, recibe y envía información a una o varias unidades remotas, conectadas directamente en la zona de instrumentación a los sensores y actuadores, donde dicha información puede estar disponible, por medio de una interfaz, tanto para los usuarios directamente implicados en los procesos, como para el personal encargado del mantenimiento, control de calidad, supervisión, etc. La Figura 2 representa la idea básica del sistema SCADA.

Figura 2. Estructura básica de un sistema SCADA.



Los elementos de los sistemas SCADA se pueden dividir en dos categorías, los componentes de hardware y el componente de software, como se detalla a continuación.

1.2.1 Hardware de un sistema SCADA.

El sistema SCADA requiere ciertos elementos físicos encargados de las labores de adquisición de datos, control, comunicación y gestión, entre otros. El sistema SCADA esta formado por los siguientes elementos básicos:

1.2.1.1 Unidad central (MTU⁴). Es el computador o servidor principal del sistema en donde se soporta el software SCADA, el cual ejecuta las acciones de mando en base a los valores actuales de las variables medidas. Es el encargado de las labores de gestión y comunicación con las unidades remotas.

La MTU se encarga, principalmente, de la recopilación y almacenamiento de datos. Esta información generada en el proceso se pone a disposición de los usuarios SCADA. Las funciones de la unidad central son las siguientes:

- Gestionar las comunicaciones.
- Adquisición y almacenamiento de datos de las RTU.
- Envío de información.
- Comunicación con los Operadores.
- Visualización de datos.

4 Acróstico de "Master Terminal Unit": Unidad Terminal Maestra.

1.2.1.2 Unidades remotas. Por unidades remotas se comprenden el conjunto de equipos encargados del control o supervisión del proceso, cuya función principal es recopilar datos para luego transmitirlos hacia la MTU. Son dispositivos instalados en una localidad remota del sistema junto al nivel de campo.

Un sistema puede contener varios RTUs dentro de los dispositivos utilizados como unidades remotas, generalmente se pueden encontrar los siguientes:

- ✓ RTU(*Remote Terminal Unit*): Especializados en comunicación.
 - ✓ PLC (*Programmable Logic Controller*): Tareas generales de control.
 - ✓ IED (*Intelligent Electronic Device*): Tareas específicas de control.
-
- **Unidad Terminal Remota (RTU).** Son dispositivos dedicados a la adquisición de datos del nivel de campo, los cuales se caracterizan por poseer una amplia capacidad de comunicación, característica por la cual, en sus inicios eran la opción predilecta en la implementación de sistemas SCADA.

Estos dispositivos son sistemas basados en microprocesadores, de composición modular, en donde se pueden encontrar módulos de entradas y salidas, tanto digitales como análogas. Además, estos equipos presentan una constitución robusta, a fin de poder soportar las diversas condiciones ambientales presentes en el nivel de campo.

- **Controladores Lógicos Programables (PLC).** Son dispositivos electrónicos cuya función primordial es la ejecución de labores de control automático. Al igual que las RTU, los PLC son equipos basados en microprocesadores, que permiten una alta capacidad de procesamiento; su composición puede ser compacta o modular, además de presentar un alto grado de robustez.

Debido al gran desarrollo de los dispositivos electrónicos, los PLC han evolucionado con el tiempo, presentando mejores prestaciones incluyendo el campo de las comunicaciones. En la actualidad estos equipos permiten enlaces de comunicación seriales, telefónicos, por vía celular, fibra,... etc.

Las características nombradas anteriormente hacen del PLC un dispositivo versátil, confiable, económico y robusto, capaz de desempeñarse en muchos campos de aplicación, convirtiéndose así en la herramienta de automatización más importante. Estas características han hecho del PLC la opción predilecta como unidad remota en la actualidad para los sistemas SCADA.

- **Dispositivo Electrónico Inteligente (IED).** También denominados periféricos inteligentes, son elemento con propiedades de decisión propias que se ocupan de tareas de control, regulación, comunicación y monitoreo. Estos dispositivos tienen la capacidad de comunicar los datos relacionados con la función que realizan. Dentro de esta clasificación se pueden encontrar elementos tales como reguladores, variadores de frecuencia, relés, controladores PID, analizadores de red,... etc.

1.2.1.3 Instrumentación de campo. Los instrumentos de campo son los más próximos al proceso. Están constituidos por aquellos dispositivos que permiten realizar la automatización o control del sistema y son los encargados de la captación de información.

Están divididos en dos grupos, los actuadores y los sensores y/o transmisores.

- **Actuadores:** Estos son los dispositivos finales de control, a partir de ellos se cambia el estado de ciertas condiciones en las que opera un proceso.

Algunos de los actuadores más conocidos son las válvulas, bombas, motores, compresores, entre otros.

- **Sensores y/o transductores:** Los sensores son dispositivos encargados de la medición de variables físicas, químicas, eléctricas,.. etc. En tanto, los transductores son elementos que permiten la conversión de señales físicas en señales eléctricas y viceversa.

1.2.1.4 Sistema de comunicación. Es la red que se encarga de la transferencia de información del punto donde se realizan las operaciones, hasta el punto donde se supervisa y controla el proceso. Una red de comunicación permite la interconexión entre dos o mas dispositivos y tiene la finalidad de compartir información, recursos y ofrecer servicios.

Dependiendo de la aplicación de redes de comunicación se especializan, brindando una mayor cobertura a las necesidades del sistema, por ejemplo una red industrial enfatiza la velocidad de respuesta sobre la posibilidad de enviar gran cantidad de datos ya que el control oportuno y eficaz de un proceso industrial así lo requiere. Por otro lado una red de datos enfatiza el envío de gran cantidad de información sobre la velocidad de respuesta ya que en este caso algún retraso no afectará la función principal de esta red. En general se puede decir que los sistemas de automatización de edificios guardan una relación muy cercana con las redes de comunicación de datos, puesto que en ocasiones las redes de datos existentes en un edificio sirven como base para la implementación de sistemas de automatización.

Las redes de datos pueden clasificarse dependiendo de la extensión que cubran de la siguiente manera:

LAN (Local Area Network): Su extensión esta limitada físicamente a un edificio o a un entorno de 200 metros, con repetidores podría llegar a la distancia de un campo de 1 kilometro.

MAN (Metropolitan Area Network): Representa una evolución del concepto de red de área local a un ámbito mas amplio, cubriendo áreas mayores que en algunos casos no se limitan a un entorno metropolitano sino que pueden llegar a una cobertura regional e incluso nacional mediante la interconexión de diferentes redes de área metropolitana.

WAN (Wide Area Network): Es un tipo de red de datos capaz de cubrir distancias desde unos 100 metros hasta unos 1000 km, proveyendo de servicio a un país o a un continente. Un ejemplo de este tipo de redes seria Internet.

Las redes de datos poseen elementos que las caracterizan y que también pueden ser usados para generar una clasificación de acuerdo al grado de autenticación, la velocidad de transmisión, la topología de red, el método de acceso al medio, el protocolo de comunicación usado, etc. La teoría referente a redes de datos es muy extensa y compleja y para el caso particular desarrollado en este proyecto solo se abordaran tres de esos elementos fundamentales para el diseño de sistemas SCADA:

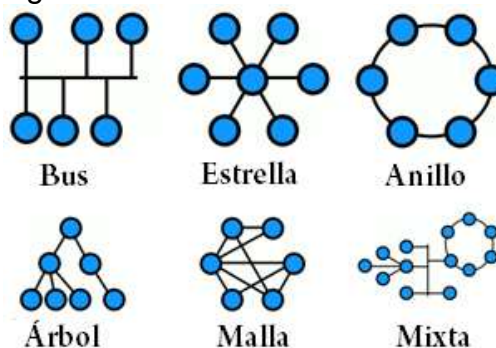
- ✓ Topología de red.
 - ✓ Tipo de comunicación.
 - ✓ Protocolo de comunicación.
-
- **Topologías de red.** La topología de red se refiere a la forma en que están interconectados los distintos equipos (nodos) de una red. Un nodo es un dispositivo activo como un computador, una impresora, un switch, conmutador o router. Las topologías de la red son de dos tipos: la física y la lógica.

La topología física se refiere al diseño físico de la red incluyendo la distribución y ubicación de dispositivos y cables. La topología lógica hace referencia a la ruta empleada para el intercambio de información entre los dispositivos acoplados ya sean usuarios o servidores.

La topología física de la red no necesariamente debe ser igual a la topología lógica, ya que la implementación de una u otra depende de distintos factores. Existen ocho tipos básicos de topología:

- ✓ **Punto a punto:** La relación es del tipo Maestro-Esclavo. Un solo elemento remoto (RTU) está conectado al sistema de control (MTU) mediante una línea de comunicación.
- ✓ **Bus:** Todos los nodos existentes son conectados a un solo cable, la información debe viajar por toda su extensión en busca del destinatario.
- ✓ **Daisy chain:** Cada dispositivo se conecta en serie al anterior, la información rebota hasta encontrar su destino.
- ✓ **Estrella:** Cada dispositivo participante (host) se conecta únicamente a un dispositivo central (Hub) el cual actúa como un repetidor de las señales.

Figura 3. Tipos de topología de red.



- ✓ **Anillo:** Los dispositivos son acoplados con la intención de formar un círculo, la información viaja a través de dicho anillo en una sola dirección.

- ✓ **Malla:** Los nodos se conectan de forma múltiple formando una malla completamente conectada o una malla parcialmente conectada.
- ✓ **Árbol:** Los nodos principales componen una base a la cual son enlazados con conexiones punto a punto otros nodos pertenecientes a un nivel inferior en la jerarquía, y estos a su vez sirven de enlace a otros nodos inferiores.
- ✓ **Híbrida:** Combina dos o más de las topologías enunciadas para crear una distribución completamente nueva.

- **Tipo de comunicación.** La selección del tipo de comunicación depende de la infraestructura presente, la disponibilidad de canales de comunicación y la distancia que separa la estación central de las estaciones remotas. La comunicación entre los clientes SCADA y la estación central generalmente se realiza por medio de redes LAN, mientras para los enlaces con las RTU se utilizan los siguientes tipos:

- | | |
|--------------------|---------------------|
| ✓ Línea telefónica | ✓ Telefonía celular |
| ✓ Cable coaxial | ✓ Radio |
| ✓ Ethernet | ✓ Buses de campo |
| ✓ Fibra óptica | ✓ Seriales |

- **Protocolos de comunicación.** Un protocolo de comunicación se define como un conjunto de reglas, involucrando aspectos de hardware y software, que gobiernan el intercambio de información o mensaje entre dos o más dispositivos acoplados por medio de una red.

Modelo ISO OSI⁵: El modelo de interconexión de sistemas abiertos es el modelo de red descriptivo creado por la Organización Internacional para la Estandarización ISO en el año 1984. Es un marco de referencia para la definición de arquitecturas de redes (conjunto de capas y protocolos de red).

⁵ Acróstico de "Open Systems Interconnection"

Esta normativa esta formada por siete capas, como se aprecia en la Figura 4., que define las diferentes fases por las que deben pasar los datos para viajar de un dispositivo a otro sobre una red de comunicación.

Figura 4. Pila del Modelo OSI.



- ✓ *Capa física.* Es la que se encarga de las conexiones físicas de la computadora hacia la red, tanto en lo que se refiere al medio físico como a la forma en la que se transmite la información.
- ✓ *Capa de enlace de datos.* Esta capa se ocupa del direccionamiento físico, de la topología de red, el acceso al medio, de la detección de errores, de la distribución ordenada de tramas y del control del flujo.
- ✓ *Capa de red.* Permite que los datos lleguen desde el origen al destino, aun cuando ambos no estén conectados directamente. Los dispositivos que facilitan tal tarea se denominan routers. En este nivel se realiza el

direccionamiento lógico y la determinación de la ruta de los datos hasta su receptor final.

- ✓ *Capa de transporte.* Cada encargada de efectuar el transporte de los datos (que se encuentran dentro del paquete) de la maquina origen a la de destino, independizándolo del tipo de red física que se esté utilizando.
- ✓ *Capa de sesión.* Esta capa es la que se encarga de mantener y controlar el enlace establecido entre dos computadores que están transmitiendo datos de cualquier índole.
- ✓ *Capa de presentación.* El objetivo es encargarse de la representación de la información, de manera que aunque distintos equipos puedan tener diferentes representaciones internas de caracteres los datos lleguen de manera reconocible. En ella se tratan aspectos tales como la semántica y la sintaxis de los datos transmitidos. Esta capa también permite cifrar los datos y comprimirlos, por lo tanto, podría decirse que esta capa actúa como un traductor.
- ✓ *Capa de aplicación.* Ofrece a las aplicaciones la posibilidad de acceder a los servicios de las demás capas y define los protocolos que utilizan las aplicaciones para intercambiar datos, como correo electrónico, gestores de bases de datos y servidores de ficheros (FTP). Normalmente el usuario no interactúa directamente con el nivel de aplicación, suele interactuar con programas que a su vez interactúan con el nivel de aplicación pero ocultando la complejidad subyacente.

1.2.2 Software de un sistema SCADA.

Es la parte mas importante de un sistema SCADA, en este se centran todas las actividades del sistema, y de su configuración depende el buen funcionamiento de

este. A partir del software SCADA se administra la adquisición y el procesado de los datos por medio de la MTU, a su vez, por medio de este, acceden los clientes SCADA a los datos del sistema.

Los software SCADA se clasifican según su tipo de plataforma de desarrollo abierta y propietaria, las plataforma abiertas son desarrolladas por empresas dedicadas a aplicaciones SCADA, mientras las aplicaciones propietarias son desarrolladas por los mismos fabricantes de equipos de automatización, algunos ejemplos de software se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Referencia de software SCADA.

SOFTWARE	FABRICANTE	TIPO DE PLATAFORMA
Citect	Schneider	Propietaria
Ifix	General Electric	Abierta
Intouch	Wonderware	Abierta
Lookout	NationalInstrument	Abierta
RSView32	Rockwell Automation	Propietaria
WinCC	Siemens	Propietaria

Interfaz hombre maquina. Comprende los sinópticos de control y los sistemas de presentación gráfica. La función de un Panel Sinóptico es la de representar, de forma simplificada, el sistema bajo control (un sistema de aprovisionamiento de agua, una red de distribución eléctrica, una factoría). En los sistemas complejos suelen aparecer los terminales múltiples, que permiten la visualización, de forma simultánea, de varios sectores del sistema. Las HMI deben presentar de forma amena y amigable el proceso, en la Figura 5. se muestra un ejemplo de interfaces hombre-maquina.

Figura 5. Ejemplo de un interfaz hombre máquina.



Fuente: Disponible online en:<http://img.alibaba.com/photo/HMI_Human_Machine_Interface.jpg>

1.3 CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE SISTEMAS SCADA

Al momento de diseñar un sistema SCADA se deben tener en cuenta diversos factores para que el sistema cumpla con las especificaciones propuestas y se integre de manera adecuada a la infraestructura existente. La utilización correcta de los recursos existentes repercute directamente en el costo del proyecto, el cual es uno de los elementos más importantes en la evaluación de un diseño o propuesta.

La integración del sistema SCADA a los sistemas de comunicación existentes es de vital importancia para el desempeño del sistema y la reducción de costos del proyecto. La utilización de las redes LAN, redes telefónicas privadas o sistemas de radio frecuencia existentes implica un costo menor que la implementación de un sistema de comunicación nuevo.

Según las especificaciones del sistema y el nivel de complejidad que se requiera, cambian los criterios de diseño del sistema SCADA, es importante no

sobredimensionar el sistema a fin de no elevar costos de implementación. En términos generales los criterios de diseño son los siguientes:

- **DISPONIBILIDAD.** En un sistema informático se entiende como la medida en la que sus parámetros de funcionamiento se mantienen dentro de las especificaciones de diseño. Se basará en dos pilares fundamentales: hardware y software.
- **ROBUSTEZ.** Ante un fallo de diseño, un accidente o una intrusión, un sistema eficiente debe de poder mantener un nivel de operatividad suficiente como para mantener unos mínimos de servicio. Para esto se aplica el plan de contingencia. Si una parte de un sistema queda aislada, la parte aislada debe tener la suficiente capacidad de autogestión como para poder mantener un mínimo de control sobre su área de influencia.
- **SEGURIDAD.** Un fallo en el diseño, un usuario malintencionado o una situación imprevista podrían alterar los parámetros de funcionamiento de un sistema. Cualquier sistema de control puede utilizar uno o varios métodos de comunicación para enlazar todos los puntos de control de un proceso y, en el momento en que se utilizan sistemas de comunicación que implican el acceso desde múltiples puntos, es posible que alguno de estos accesos sea no deseado.
- **MANTENIBILIDAD.** Los tiempos de mantenimiento pueden reducirse al mínimo si el sistema está provisto de unas buenas herramientas de diagnóstico que permitan realizar tareas de mantenimiento preventivo, modificaciones y pruebas de forma simultánea al funcionamiento normal del sistema.

- **ESCALABILIDAD.** Este concepto está básicamente relacionado con la posibilidad de ampliar el sistema con nuevas herramientas o prestaciones y los requerimientos de tiempo necesarios para implementar estas ampliaciones, debido a:
 - ✓ Espacio disponible.
 - ✓ Capacidad del equipo informático (memoria, procesadores, alimentaciones).
 - ✓ Capacidad del sistema de comunicaciones (limitaciones físicas, protocolos, tiempo de respuesta).

2. SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO HIDRÓNICO

Son aquellos sistemas en los que la generación de frío y calor se realiza mediante la producción de agua fría y caliente que es utilizada como fluido caloportador para llevar la energía térmica generada a las zonas climatizadas a través de tuberías. Podemos distinguir básicamente tres tipos de elementos en estos sistemas: la generación de frío y/o calor, el sistema de distribución y las unidades terminales. Los sistemas todo agua como también son llamados surgen de la necesidad centralizar el sistema de producción de frío o calefacción en un cuarto de máquinas o en una planta central. Se emplean generalmente en construcciones donde por regulaciones de seguridad no es posible tener circulación de refrigerante por todas las zonas de la edificación.

2.1 GENERALIDADES DEL SISTEMA DE A.A. HIDRÓNICO

Podemos encontrarnos sistemas hidrónicos a dos o cuatro tubos. Los primeros producen y distribuyen agua fría o caliente para dar sólo refrigeración o sólo calefacción, de modo que en épocas intermedias o bien en instalaciones donde haya necesidades simultáneas de frío y de calor este tipo de sistemas no satisface adecuadamente las exigencias de confort. Los segundos producen y distribuyen indistintamente agua fría y caliente según las necesidades de cada espacio a climatizar.

La producción se puede realizar mediante el uso de enfriadoras y calderas, bien mediante bombas de calor o incluso equipos frigoríficos de producción simultánea de agua fría y caliente, que es la mejor opción desde el punto de vista conjunto de confort y eficiencia energética.

Figura 6. Sistema de enfriamiento hidrónico.

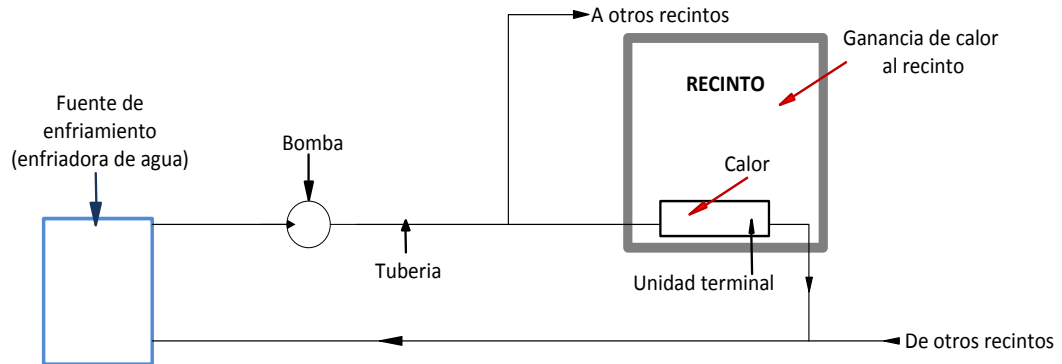
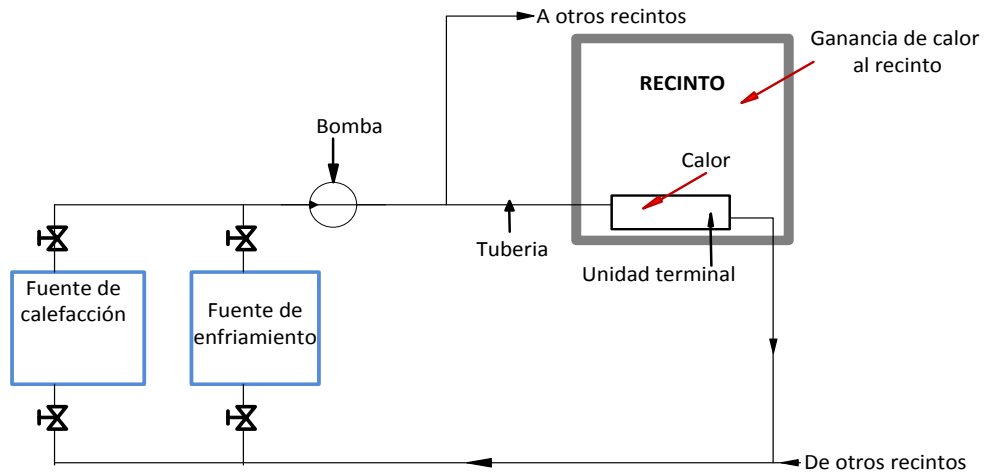


Figura 7. Sistema de enfriamiento-calefacción hidrónico.



En la distribución intervienen las unidades de bombeo y la red de tuberías que distribuyen el agua hasta los distintos subsistemas o unidades terminales. Normalmente, estos sistemas disponen de unidades terminales en cada habitación a climatizar, dichas unidades generalmente son fan-coils, radiadores o inductores.

Es también habitual disponer de unidades de tratamiento de aire UTA's para acometer la climatización integral de los locales. La utilización de UTA's en los sistemas hidrónicos permiten el control termohigrométrica del ambiente interior.

2.1.1 Ventajas de los sistemas hidrónicos.

- Permiten un control individual de la temperatura en las distintas zonas a climatizar con un costo relativamente bajo.
- Si la instalación es a cuatro tubos, permite la elección de frío o calor de manera totalmente individualizada.
- Garantizan el aire primario de ventilación.
- Con el uso de unidades de tratamiento de aire permiten mantener las condiciones de humedad dentro de los límites que marca la reglamentación. Asimismo, permite un grado de filtración adecuado al uso de cada instalación.
- Permite la recuperación de la energía del aire de extracción.
- Es un sistema respetuoso con el medio ambiente, ya que el fluido que se extiende por el edificio es agua que no produce efecto invernadero. Además, la detección de fugas es inmediata.
- En cuanto a seguridad es un fluido a baja presión e inerte.
- Es un sistema muy versátil que permite modificaciones durante la explotación del edificio instalando nuevas unidades terminales o adaptando las existentes.
- Facilitan el mantenimiento, ya que las unidades terminales requieren un mantenimiento muy reducido y las unidades de generación, al estar centralizadas en salas de máquinas adecuadas para tal fin, hacen más fáciles dichas operaciones.
- Permiten incorporar cualquier tipo de generador o unidad terminal.

2.1.2 Principales inconvenientes de los sistemas hidrónicos

- Son sistemas más complejos de diseñar, instalar, y requieren de una mayor inversión económica.
- Requieren un control externo de todos los elementos descritos.
- Las unidades terminales ocupan más espacio.

- Su uso en edificios ya construidos es muy restringido.

2.1.3 Eficiencia de los sistemas hidrónicos respecto a los de expansión directa.

Desde el punto de vista de la concepción de cada sistema, el hidrónico satisface por sí mismo las necesidades más exigentes de tratamiento integral del aire, mientras que el de expansión directa necesita componentes adicionales para hacerlo. Sin embargo, el sistema multisplit resulta más fácil de diseñar e instalar, esto hace que este sistema sea especialmente interesante en edificios ya existentes. Desde el punto de vista del sistema de distribución, el criterio técnico de diseño en el sistema hidrónico es sólo la pérdida de carga definida en las tuberías, existiendo pocas restricciones en cuanto al trazado geométrico (vertical u horizontal) y la longitud de las mismas.

En el de expansión directa, este punto es más crítico ya que debe respetarse una pérdida de carga máxima que no baje en exceso la capacidad y eficiencia del sistema, al mismo tiempo que debe garantizarse una velocidad mínima para tener arrastre de aceite. También existen limitaciones de trazado geométrico y longitudes máximas de tubería.

2.2 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE A.A. HIDRÓNICO

Los sistemas de expansión indirecta, como también son conocidos este tipo sistemas de aire acondicionado, se basan en la distribución de agua fría o caliente a los dispositivos individuales de transferencia de calor. Están compuestos por múltiples componentes encargados de funciones específicas según sus características, estos son mencionados y brevemente descritos a continuación,

enfocándonos en los sistemas de enfriamiento de agua, debido a que son los implicados en este proyecto de grado.

Los principales componentes del sistema son:

- Enfriador de agua o chiller
 - ✓ Condensador
 - ✓ Evaporador
 - ✓ Compresor
- Torre de enfriamiento
- Red de suministro de agua
- Unidades terminales

Algunos componentes en los sistemas de expansión indirecta varían dependiendo si es un sistema aire-agua. Figura 8. o un sistema agua-aire Figura 9.

Figura 8. Sistema aire-agua.

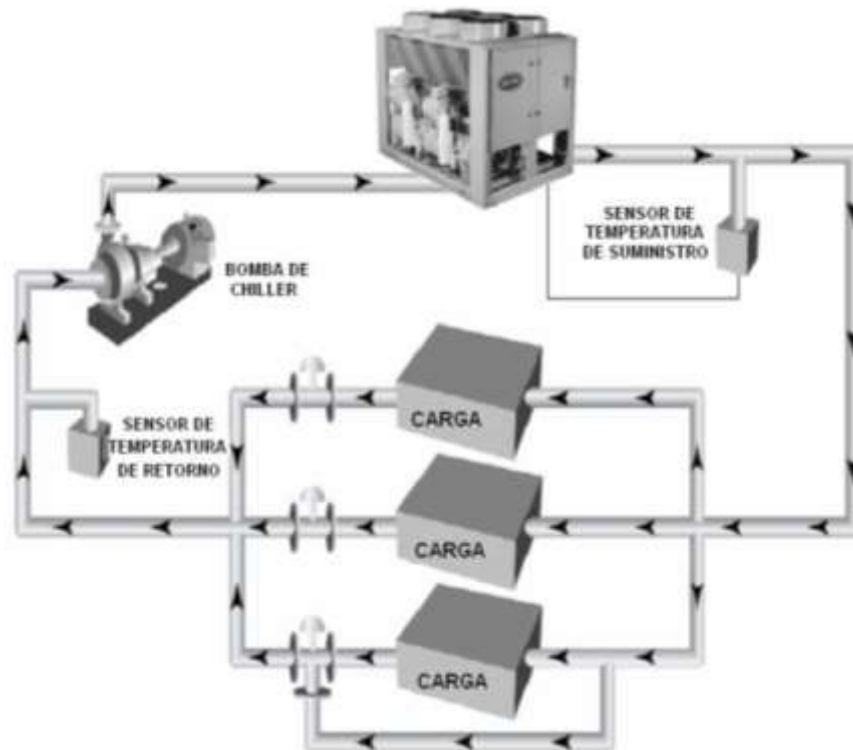
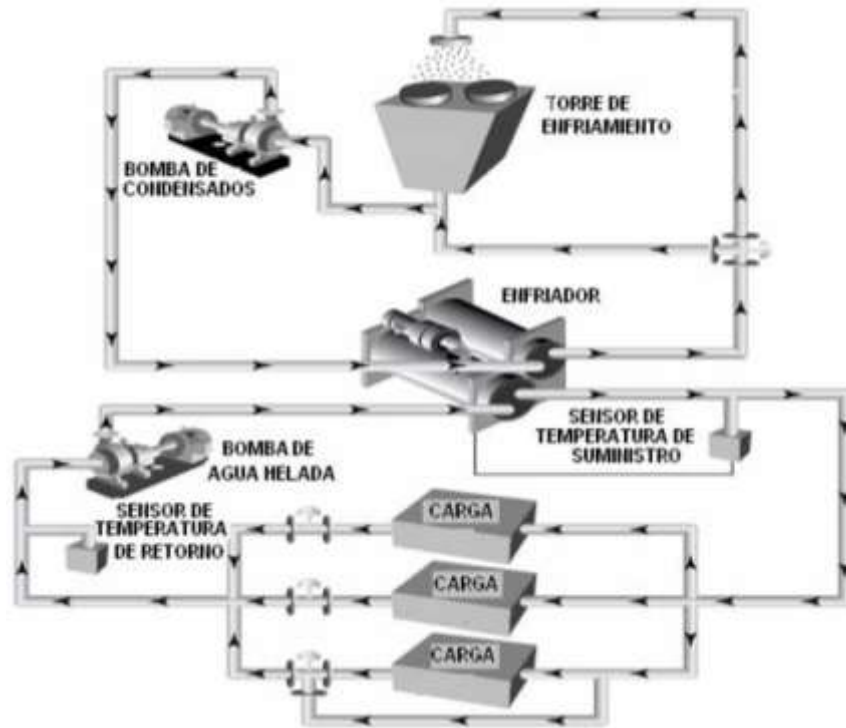


Figura 9. Sistema agua-aire.

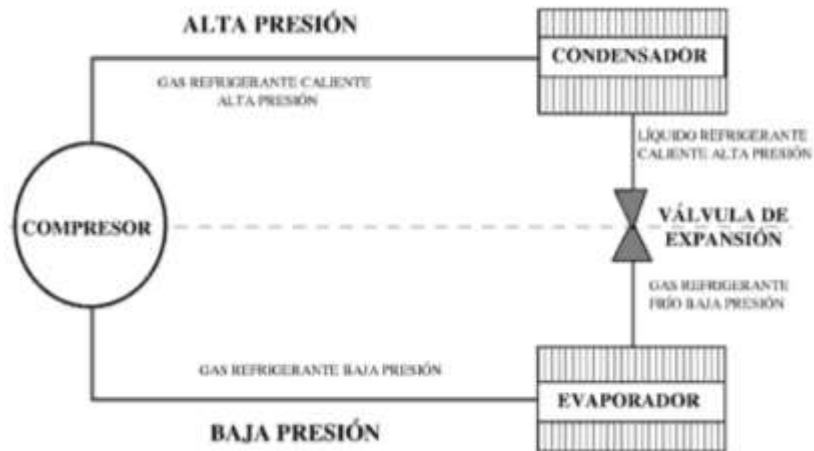


2.2.1 Enfriador de agua o chiller.

Un Chiller (o enfriador de agua) es un aparato industrial que produce agua fría. La idea consiste en extraer el calor generado en un proceso por contacto con agua a una temperatura menor a la que el proceso finalmente debe quedar. Así, el proceso cede calor bajando su temperatura y el agua, durante el paso por el proceso, la eleva. El agua ahora "caliente" retorna al chiller adonde nuevamente se reduce su temperatura para ser enviada nuevamente al proceso.

Un chiller es un sistema completo de refrigeración por compresión en el cual están involucrados varios elementos y etapas.

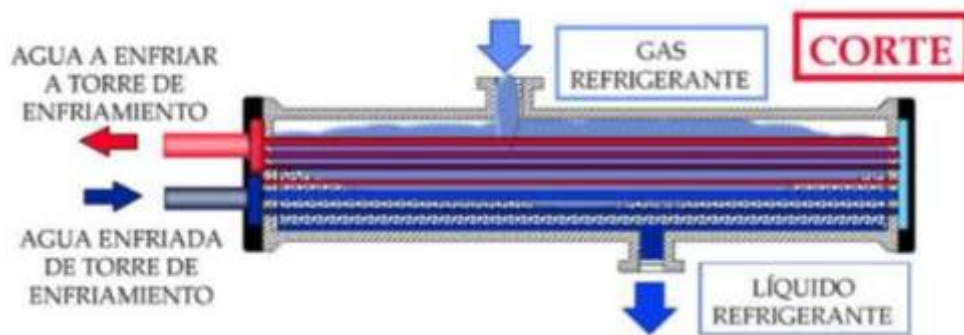
Figura 10. Ciclo de compresión.



Fuente: SANTIAGO DÍAZ, Víctor. Acondicionamiento térmico de edificios. P 153

2.2.1.1 Condensador. El condensador en un sistema de refrigeración es un intercambiador de calor que cede el calor del sistema hacia otro medio. Este calor consiste en el absorbido por el evaporador más el calor proveniente de la energía derivada de la compresión. El refrigerante comprimido por el compresor a alta presión y temperatura ingresa al condensador donde elimina el calor a un medio más frío. Este gas condensa (se vuelve líquido), y deja el condensador para continuar el ciclo.

Figura 11. Corte de un condensador multitubular.



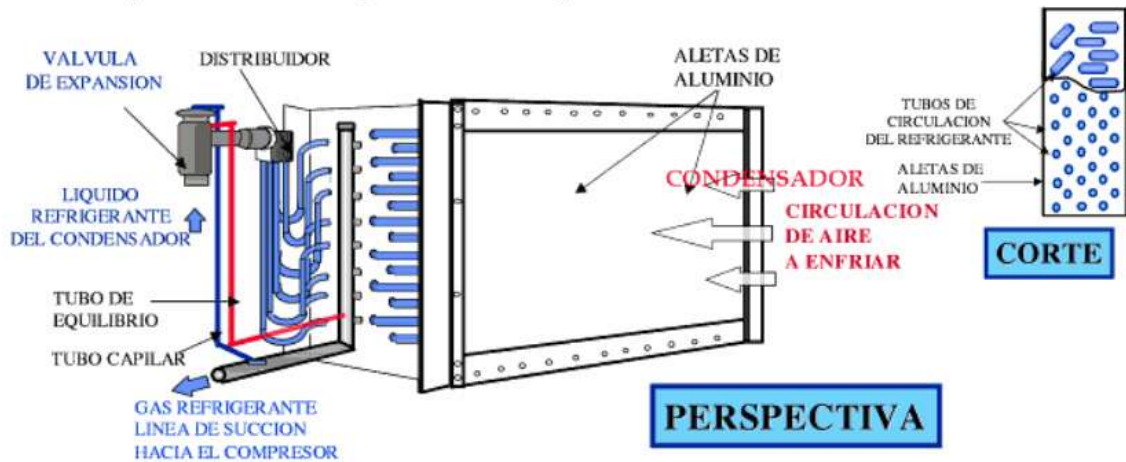
Fuente: SANTIAGO DÍAZ, Víctor. Acondicionamiento térmico de edificios. P 161

2.2.1.2 Evaporador. El evaporador opera como intercambiador de calor, por cuyo interior fluye el refrigerante el cual cambia su estado de líquido a vapor. Este cambio de estado permite absorber el calor sensible contenido alrededor del evaporador y de esta manera el gas, al abandonar el evaporador lo hace con una energía interna notablemente superior debido al aumento de su entalpía, cumpliéndose así el fenómeno de refrigeración.

El flujo de refrigerante en estado líquido es controlado por un dispositivo o válvula de expansión la cual genera una abrupta caída de presión en la entrada del evaporador. En los sistemas de expansión directa, esta válvula despiden una fina mezcla de líquido y vapor a baja presión y temperatura. Debido a las propiedades termodinámicas de los gases refrigerantes, este descenso de presión está asociado a un cambio de estado y, lo que es más importante aún, al descenso en la temperatura del mismo.

- Válvula de expansión. Es un dispositivo que tiene la capacidad de generar la caída de presión necesaria entre el condensador y el evaporador en el sistema. Básicamente su misión se restringe a dos funciones: la de controlar el caudal de refrigerante en estado líquido que ingresa al evaporador y la de sostener un sobrecalentamiento constante a la salida de este. Para realizar este cometido dispone de un bulbo sensor de temperatura que se encarga de cerrar o abrir la válvula para así disminuir o aumentar el ingreso de refrigerante y su consecuente evaporación dentro del evaporador, lo que implica una mayor o menor temperatura ambiente, respectivamente.

Figura 12. Unidad evaporadora-condensación por aire.



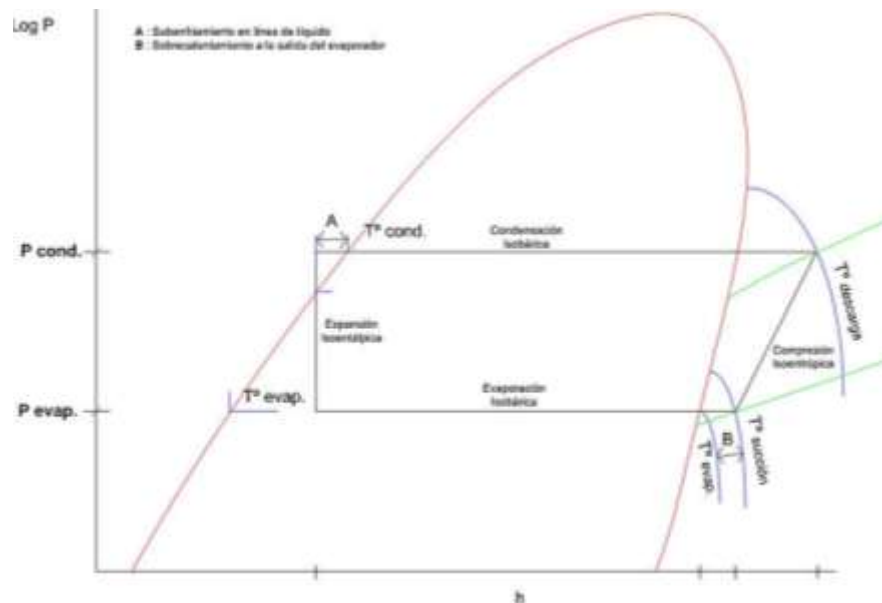
Fuente: SANTIAGO DÍAZ, Víctor. Acondicionamiento térmico de edificios. P 166

Este dispositivo permite mejorar la eficiencia de los sistemas de refrigeración y de aire acondicionado, ya que regula el flujo másico del refrigerante en función de la carga térmica.

2.2.1.3 Compresor. El compresor tiene dos funciones en el ciclo de refrigeración: en primer lugar succiona el vapor refrigerante y reduce la presión en el evaporador a un punto en el que puede ser mantenida la temperatura de evaporación deseada. En segundo lugar, el compresor eleva la presión del vapor refrigerante a un nivel lo suficientemente alto, de modo que la temperatura de saturación sea superior a la temperatura del medio enfriante disponible para la condensación del vapor refrigerante.

En el siguiente diagrama de Presión vs entalpia se puede observar claramente las etapas del proceso de refrigeración por compresión y su estado termodinámico al pasar por cada uno de los elementos del chiller.

Figura 13. Diagrama P-H del ciclo ideal de refrigeración por compresión.



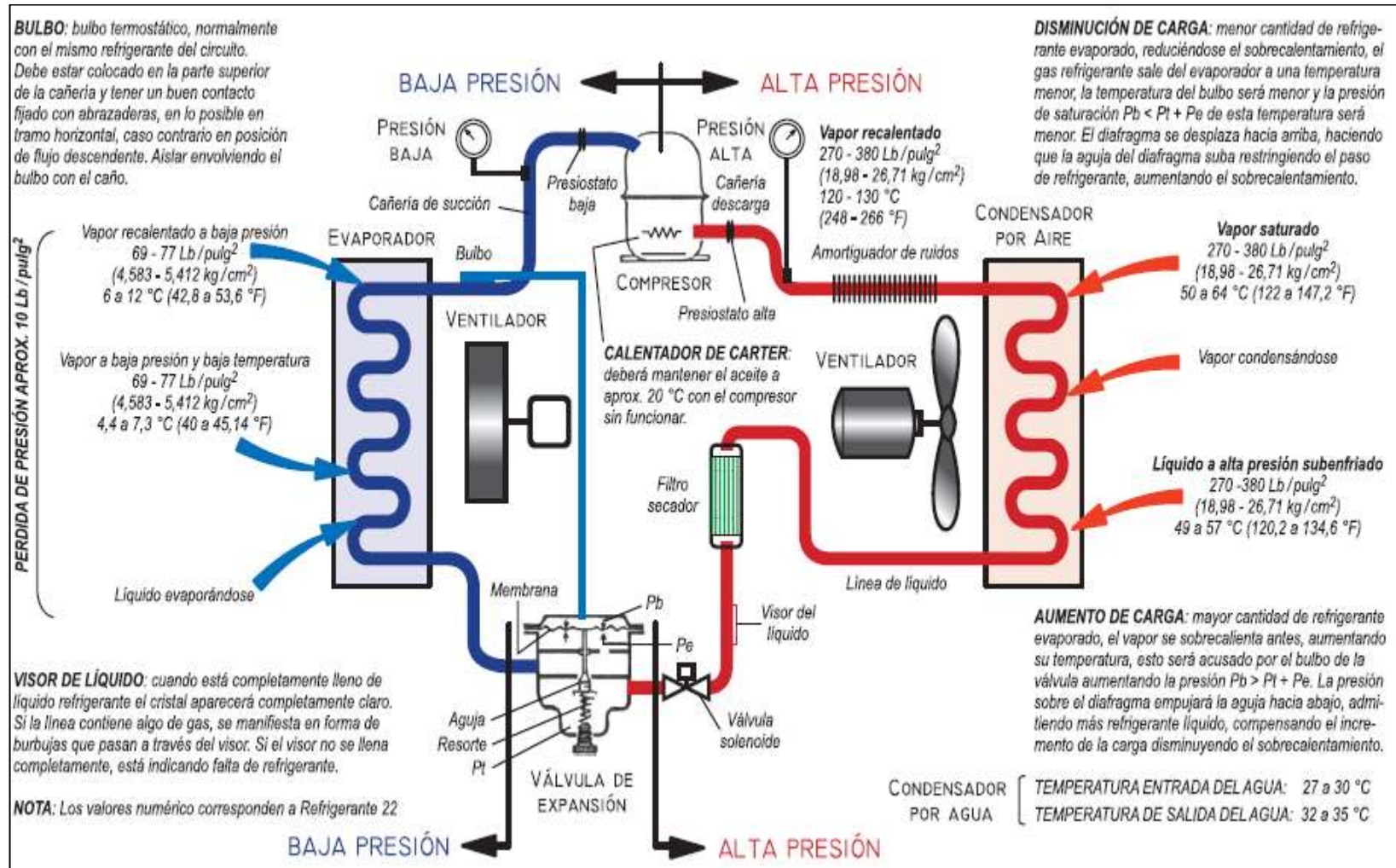
Fuente: Disponible online en http://es.wikipedia.org/wiki/Refrigeracion_por_compresion

2.2.2 Torre de enfriamiento.

Las torres de enfriamiento son utilizadas principalmente para enfriar el agua en sistemas de aire acondicionado. El agua tibia que vuelve desde los chillers, (intercambiadores de calor) es bombeada a la cima de la torre y distribuida por boquillas en forma de rocío o lluvia a través de un sistema conocido como media, construido con una malla metálica o polímero, por los que se desliza el agua que al descender baja su temperatura. El propósito de esta malla es trasladar el agua en la caída a través de la mayor superficie posible. Cuando el agua se deja caer por esta, el aire frío de fuera de la torre de enfriamiento es forzado hacia ella. El agua, enfriada por evaporación parcial, cae en el fondo y es circulada de regreso al chiller para iniciar el proceso nuevamente.

El proceso de compresión en el chiller con algunos parámetros normales de funcionamiento para cada uno de sus componentes se muestra a continuación.

Figura 14. Funcionamiento de un ciclo de refrigeración mecánica.



Fuente: QUADRI, Néstor. Sistemas de aire acondicionado P 96

2.2.3 Unidades terminales o fan-coil individuales.

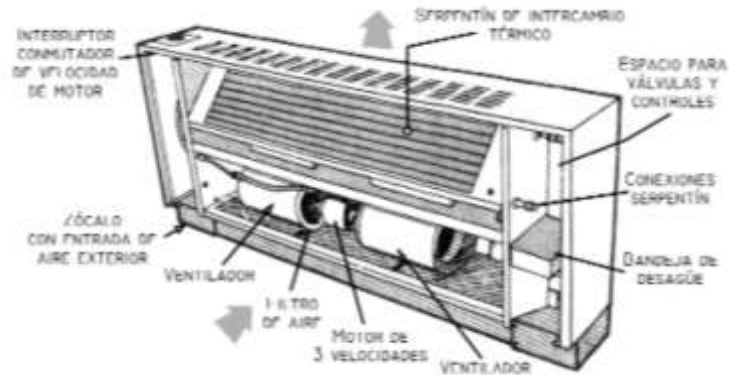
Como su nombre lo indica, fan (ventilador) y coil (serpentín), el fan-coil no es más que un gabinete con un serpentín por el cual circula el agua fría o caliente proveniente de una unidad de enfriamiento o una caldera y ventiladores centrífugos que provocan la circulación del aire del local, constituyendo las unidades terminales en los mismos.

Cada unidad terminal fan-coil esta constituida por un gabinete que contiene la toma de aire exterior y de retorno, filtro, serpentín y ventiladores centrífugos de doble entrada montados sobre un eje común a un motor eléctrico, que distribuye el aire al ambiente por medio de una reja frontal u horizontal. Cuenta con un pleno de mezcla en la parte inferior para regular las proporciones de aire de retorno del local y aire nuevo de ventilación y de esa manera, el aire circula y atraviesa sobre el serpentín o batería que puede ser de 2 a 4 hileras por la cual fluye el agua fría o caliente.

Los sistemas que emplean este tipo de equipos son de instalación muy simple y tienen la posibilidad de regulación manual o automática de temperatura en cada ambiente, ajustando la capacidad del ventilador, los que cuentan con tres velocidades y eventualmente el control del caudal de agua suministrado, adecuando de esa manera su capacidad a las cargas parciales.

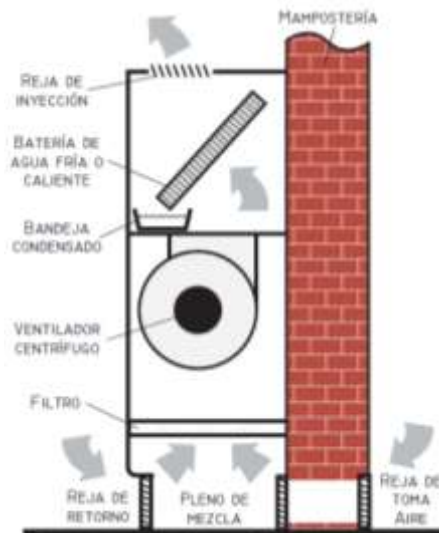
En la mayoría de las aplicaciones residenciales no todas las habitaciones son utilizadas al mismo tiempo o con la misma intensidad de carga. Con la instalación de fan-coil en cada ambiente, se puede lograr el control individual de temperatura lo que permite obtener una instalación altamente eficiente, al enfriarse los locales que realmente se utilizan, puesto que cuando no se requiere refrigeración, deteniendo el ventilador, se reduce la transferencia de calor del aire al mínimo.

Figura 15. Vista de un fan-coil individual.



Fuente: QUADRI, Néstor. Sistemas de aire acondicionado P 148

Figura 16. Corte con detalle de un fan-coil individual.



Fuente: QUADRI, Néstor. Sistemas de aire acondicionado P 148

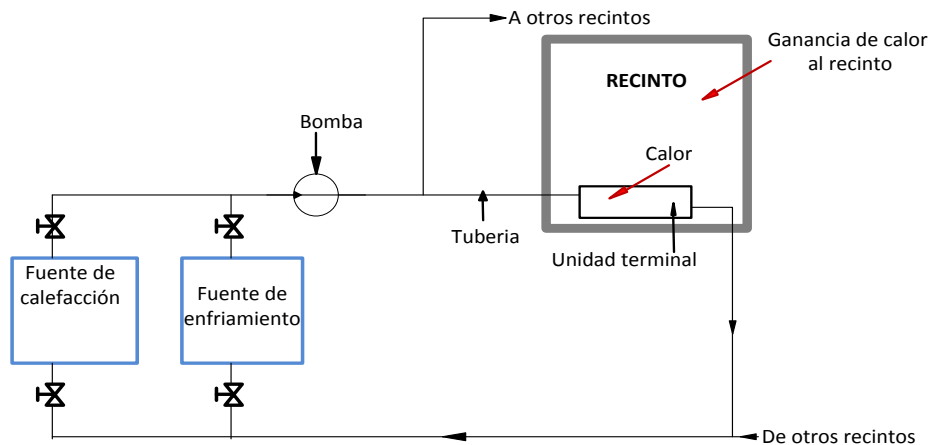
De esa forma, se acondiciona una casa o departamento con varias unidades terminales, pero con un solo enfriador de reducida capacidad. Estos equipos pueden eliminar humedad del local y permiten introducir el aire exterior a través de una pequeña abertura en la pared con una toma de aire con registro de ajuste manual. .

2.2.4 Red de suministro de agua.

Los sistemas todo agua se pueden clasificar de acuerdo al número de tuberías que se emplean para suministrar el agua a las unidades terminales, así como para retornar el agua a las fuentes de calefacción o enfriamiento.

- **Sistemas de dos tuberías:** Tanto calefacción como el enfriamiento de un espacio se puede lograr utilizando la misma tubería, conectando una caldera para el calentamiento de agua en paralelo con un chiller.

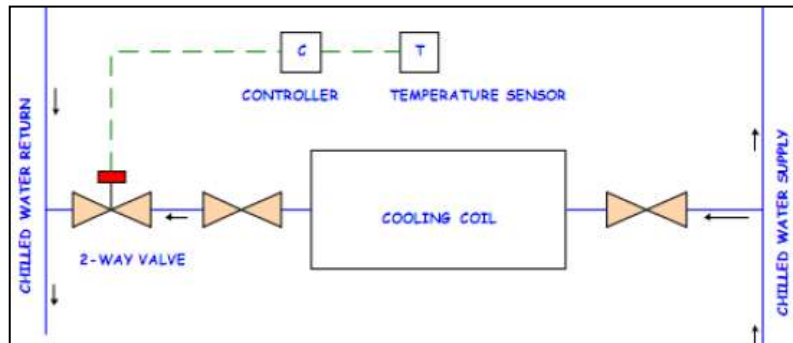
Figura 17. Sistema de dos tuberías.



Estos sistemas consisten en una red de tuberías aisladas; una tubería alimenta el agua de enfriamiento o calefacción, y la segunda tubería retorna al chiller o a la caldera. De este modo dependiendo de la temperatura exterior se elige el suministro de agua fría o caliente.

La cantidad de aire primario es fija y el control de la temperatura del aire se logra mediante la variación del suministro de agua a través del serpentín. Cuando el sensor de temperatura demanda más enfriamiento la válvula de dos o tres vías localizada en la línea se abre totalmente.

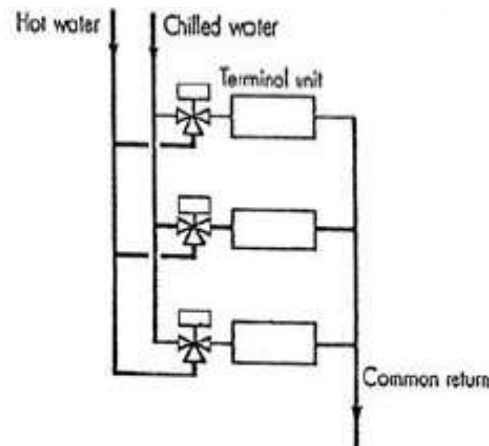
Figura 18. Control del suministro de agua.



Fuente: PHD course M147. Design options for HVAC distribution system. P 34.

- **Sistemas de tres tuberías:** Estos sistemas poseen suministros separados de agua fría y agua caliente, con un retorno común. Se usan muy poco ya que consumen mas energía debido a la mezcla de agua fría y caliente en el retorno común.

Figura 19. Sistemas de tres tuberías.



Fuente: PHD course M147. Design options for HVAC distribution system. P 35.

- **Sistema de cuatro tuberías:** Proveen dos sistemas de agua independientes, uno dedicado al agua fría y el otro al agua caliente; es decir los sistemas de cuatro tuberías tienen suministro de agua fría, retorno de agua fría, suministro de agua caliente y retorno de agua caliente.

2.3 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

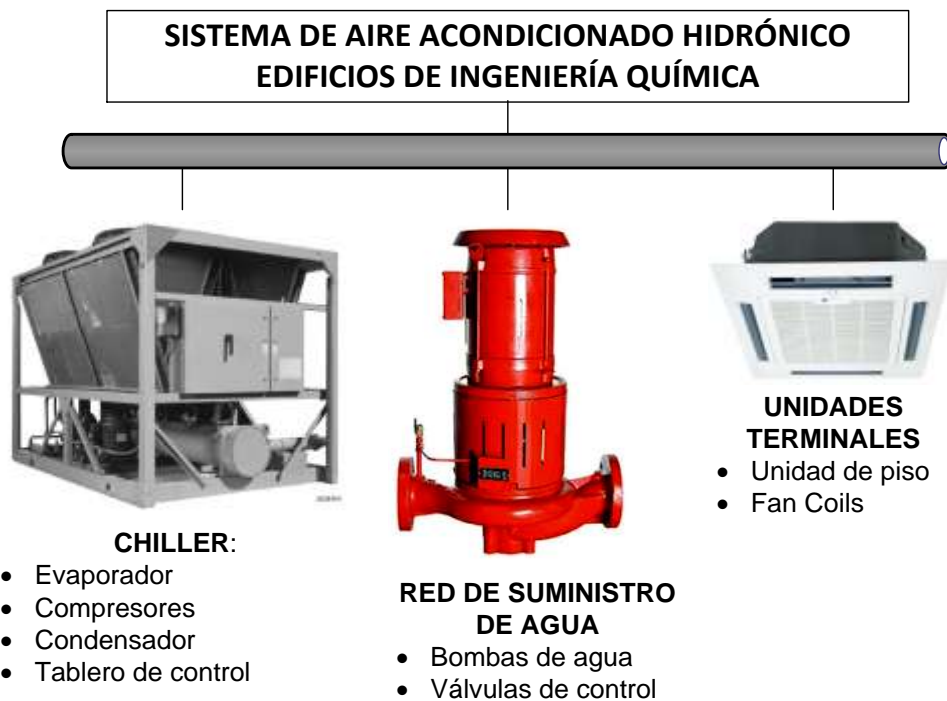
En esta parte del capítulo se hará una breve descripción de cada uno de los sistemas de aire acondicionado que hacen parte de este trabajo de grado, indicando las especificaciones de los componentes expuestos en el ítem anterior.

2.3.1 Sistema de aire acondicionado del Edificio de Ingeniería Química.

El sistema de aire acondicionado del edificio de Ingeniería Química es de tipo todo agua, el cual está constituido por los siguientes sub-sistemas:

- Enfriador de agua o chiller
- Sistema de distribución de agua fría
- Unidades terminales

Figura 20. Subsistemas del A.A. Edificio Ingeniería Química.



2.3.1.1 Enfriador de agua o chiller. Es un equipo marca YORK INTERNATIONAL, refrigerado por aire, con una capacidad nominal de 74 Tons, para enfriar entre 100 y 350 GPM de agua. Su PIN (Número de Identificación del Producto) describe las siguientes características:

YCAL0074EB28XCB

TIPO DE PRODUCTO				CAPACIDAD NOMINAL				INDICADOR	REFRIGERANTE			VOLTAGE			DISEÑO	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Y	C	A	L	0	7	4	E	B	2	8	X	C	A			
: YORK : Chiller : Air-Cooled : Scroll				0: 60Hz – 74Tons				:Alta Eficiencia	: R-407C			:230/3/60 :A través de la línea			:Modelo fabricado en serie :Serie A	

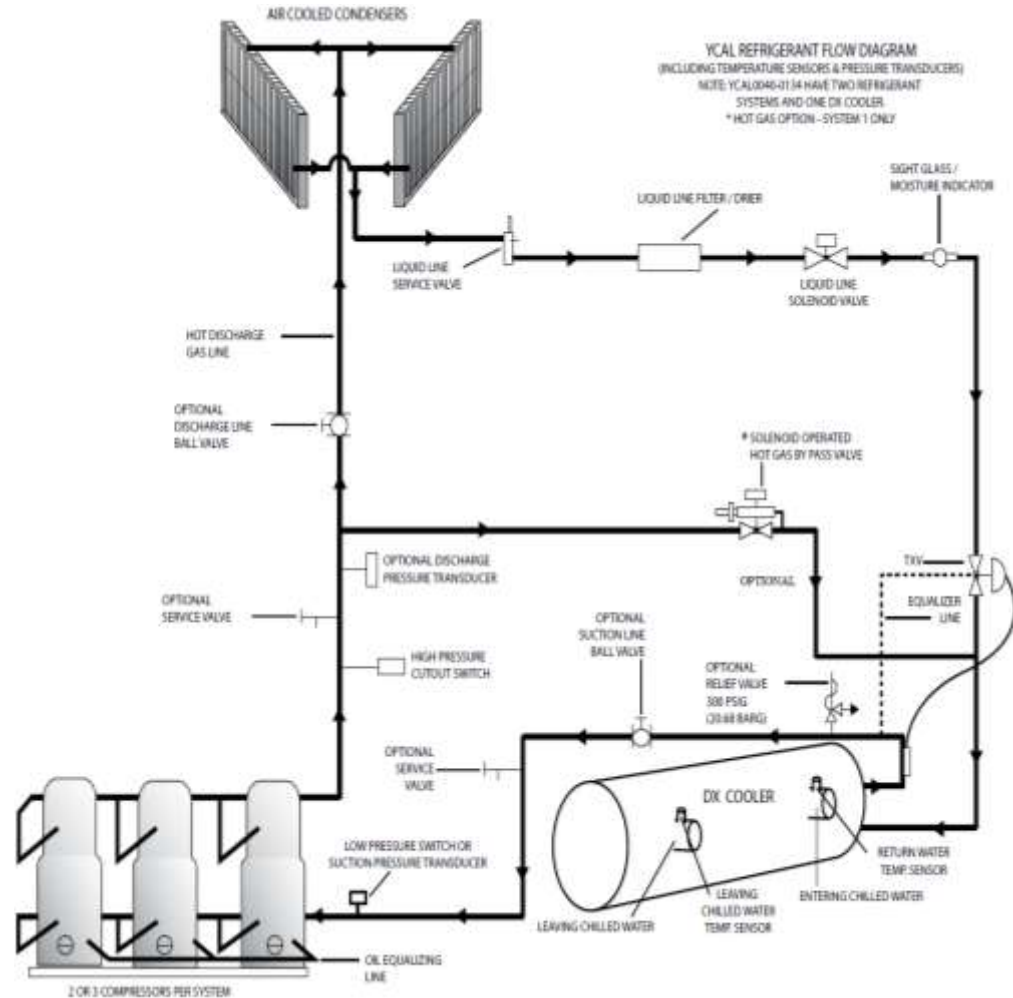
Este modelo esta compuesto por un evaporador agua-refrigerante (*R-407c*) el cual al evaporarse se distribuye a 2 subsistemas independientes con un rack de 3 compresores cada uno y dos condensadores enfriados por aire para cada rack como se muestra en las Figura 21 y 22. Además de los transductores y el tablero de control para visualizar modificar las variables del sistema.

Figura 21. Chiller sistema A.A. Ingeniería Química.



Fuente: YORK, Installation, operation and maintenance manual P 1

Figura 22. Diagrama de flujo del refrigerante en el chiller I.Q.

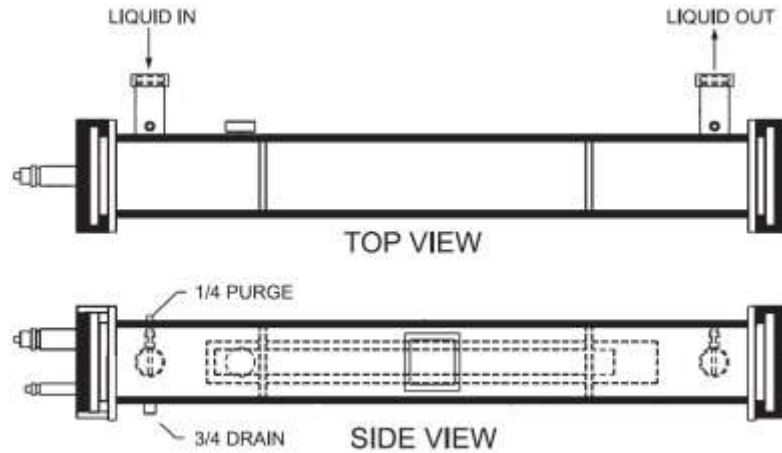


Fuente: YORK, Installation, operation and maintenance manual P 17

- **Evaporador**

El evaporador del chiller es de expansión directa de carcasa y tubos, donde el refrigerante pasa por el interior de los tubos de cobre, y el agua es forzada a pasar a través de los tubos por baffles de acero galvanizado. El enfriador (evaporador), esta diseñado para una presión de trabajo de 150 psig por el lado casco y 300 psig por el lado de los tubos, a carcasa Cuenta con un aislamiento flexible de 3/4"(19 mm).

Figura 23. Esquema del evaporador del chiller I.Q.



Fuente: YORK, Installation, operation and maintenance manual P 68

- **Rack de Compresores**

Esta compuesto por dos grupos de 3 compresores Copeland Scroll en cada uno de los sub-sistemas del chiller, con características de potencia diferentes para cada grupo (15 y 13 Hp) como se muestra en la tabla 2.

Figura 24. Compresor chiller I.Q.



Fuente: Disponible online en < [http://www.emersonclimate.com/en-us/Products/Compressors/Scroll_ Compressor](http://www.emersonclimate.com/en-us/Products/Compressors/Scroll_Compressor)>

Tabla 2. Especificaciones compresores I.Q.

Marca: <i>Copeland Scroll</i>	Datos eléctricos				Especificaciones						
	LRA [A]	I _{MAX} [A]	V [V]	PH	F [Hz]	P _{ot} [HP]	\dot{V} [m ³ /h]	n [Rpm]	P [Bar]	T [°C]	V _{oil} [L]
SISTEMA 1 Modelo: ZR19M 3E-TW5-222	425	72	230	3	60	15	51.6	3500	22.6-32	35-50	4.14
SISTEMA 2 Modelo: ZR16M 3E-TW5-222	350	59	230	3	60	13	42.9	3500	22.6-32	35-50	4.14

Donde la nomenclatura es la siguiente:

LRA: Amperaje de rotor bloqueado

I_{MAX} : Corriente máxima de funcionamiento

V: Voltaje de operación

PH: Numero de fases

F: Frecuencia de la red eléctrica

P_{ot}: Potencia nominal del motor

\dot{V} : Flujo volumétrico nominal

n: Velocidad angular

P: Presión de operación

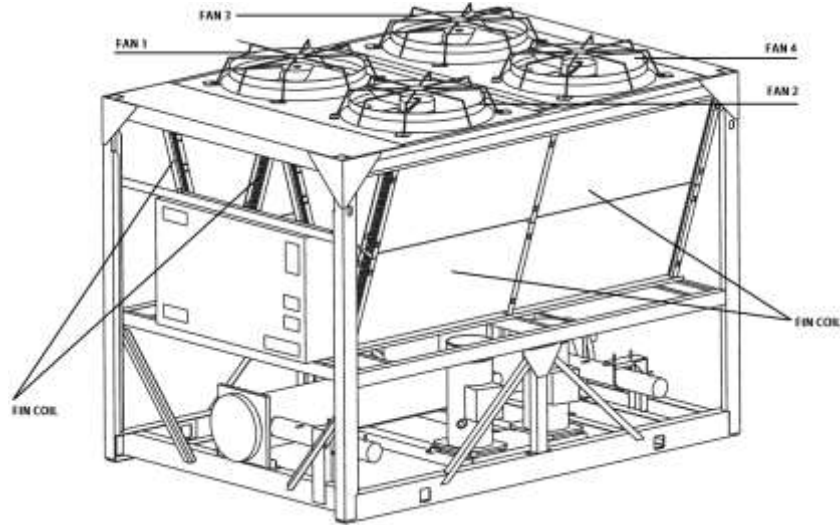
T: Temperatura de operación

V_{oil}: Volumen de aceite en el compresor

- **Condensadores**

Los dos sistemas que componen el chiller tienen en total cuatro fin coil (radiadores) y 4 ventiladores, dos para cada subsistema, que están ubicados sobre el evaporador y el rack de compresores. El control de los ventiladores es realizado en base a la temperatura ambiente y presión de descarga (comparando los valores medidos y valores programados del sistema de control), como se observa en la Tabla 3.

Figura 25. Componentes del condensador del chiller I. Q.



Fuente: YORK, Installation, operation and maintenance manual P 119.

Los cuatro ventiladores YORK operan con un motor de 2HP a una velocidad de 1160 rpm.

Tabla 3. Control de los ventiladores de los condensadores I.Q.

VENTILADORES		CONTACTOR RELÉS		I/O BOARD SALIDAS		No. VENTILADOR	
ON	OFF	SYS 1	SYS 2	SYS 1	SYS 2	SYS 1	SYS 2
$T_{amb} > 18.3^{\circ}\text{C}$ (65°F) Ó $P_{descarga} > \text{Fan Ctrl On}$ Press + 2.76bars (40psig)	$T_{amb} < 15.6^{\circ}\text{C}$ (60°F) Y $P_{descarga} < \text{Fan Diff}$ Off Press + 2.76bars (40psig)	7M & 8M	10M & 11M	TB7-8 & TB7-9	TB10-9 & TB10-9	1 & 3	2 & 4

- **Transductores, sensores y accesorios**

El chiller cuenta con una serie de transductores para medir las diferentes variables del ciclo de refrigeración, y así poder realizar un control adecuado a este.

La ubicación y descripción de estos transductores se muestra en la Figura 26 y en la Tabla 3 respectivamente.

Figura 26. Ubicación de los transductores, sensores y accesorios del chiller I.Q.

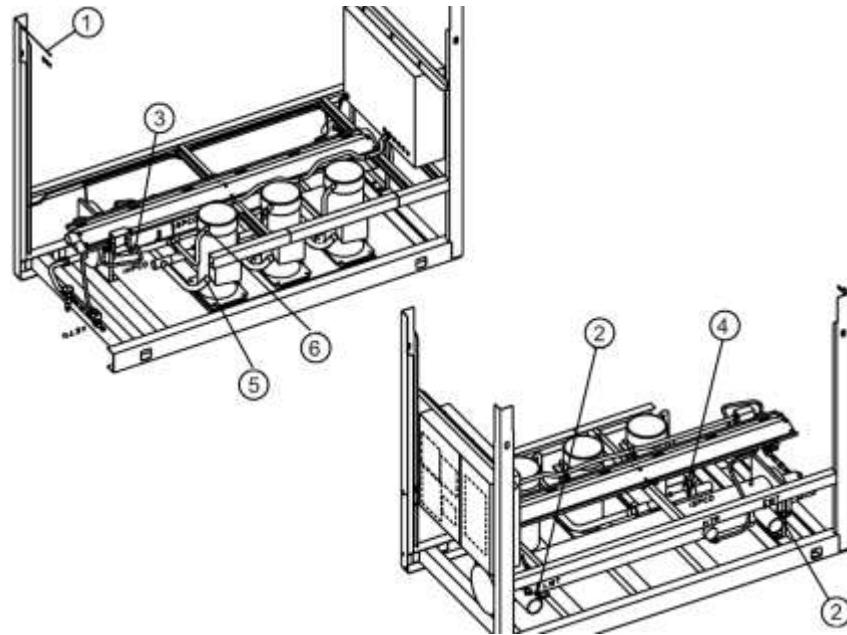


Tabla 4. Sensores, transductores y accesorios chiller I.Q.

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	1	Temperatura ambiente
2	2	Temperatura del agua (entrada /salida)
3	1 por sistema	Switch de alta presión de salida
4	1 por sistema	Switch de baja presión de salida
5	1 por sistema	Transductor de presión de succión
6	1 por sistema	Transductor de presión de descarga

- **Tablero de control**

El micro-ordenador y centro de control YORK es un sistema de control basado en un microprocesador diseñado para proporcionar todo el control para el chiller. La lógica de control incorporado en el microprocesador se basa en un sistema que proporcionará el control para el enfriado, temperaturas del líquido, así como secuenciación, dispositivos de seguridad para mostrar el estado y los horarios diarios.

Figura 27. Tablero de control del chiller I.Q.



Fuente: YORK, Installation, operation and maintenance manual P 81

El Centro de control del micro-ordenador se compone de cuatro elementos básicos:

- I. IPU II y Tablero
- II. transformador
- III. Display
- IV. Teclado.

La consola permite la programación y el acceso a puntos de ajuste, presiones, temperaturas, recortes, horario diario, opciones, y falta de información.

El acceso y control mediante el teclado y las funciones de este tablero se puede dividir en 4 grupos:

- I. Status. Mediante esta tecla se puede visualizar en pantalla el estado general y parámetros de funcionamiento del sistema como: cual es el sistema líder, el numero de compresores en funcionamiento, limites de succión y descarga, horas de uso de cada sistema y en general los parámetros censados para el

funcionamiento del chiller, así como los mensajes de falla en el sistema incluyendo un histórico de fallas, causas y fechas de estas fallas.

- II.** Display/print. Mediante ellas podemos modificar los parámetros de funcionamiento del sistema (presiones, temperaturas) así como los parámetros eléctricos e imprimir y guardar el historial y los valores de estos.
- III.** Entry/Setpoint. Mediante ellas se accede y se seleccionan las funciones que se quieran modificar o visualizar en el sistema y al modulo de programación del microprocesador, cabe resaltar que la programación no se puede realizar directamente en el tablero de control.
- IV.** Unit. Con este grupo de teclas se puede seleccionar el tipo de sistema en las unidades, el tipo de control (local o remoto) y además seleccionar manualmente el sistema líder en el chiller.

En general a través del tablero de control de la unidad enfriadora se puede tener acceso, modificar o imprimir los siguientes parámetros.

Figura 28. Parámetros de funcionamiento chiller I.Q.

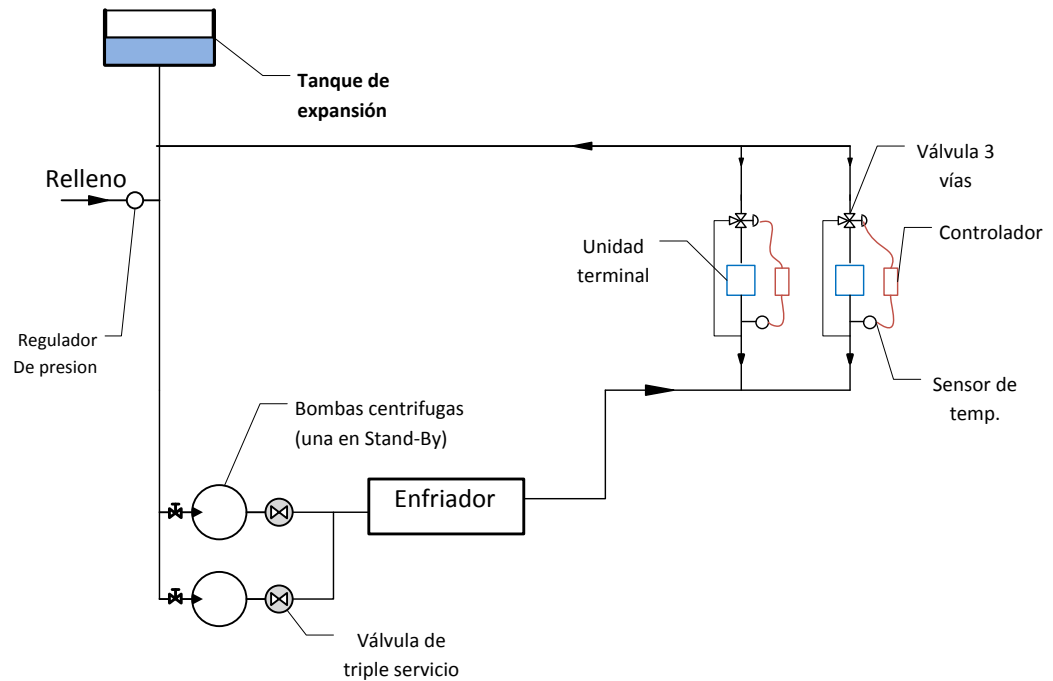
YORK INTERNATIONAL CORPORATION		MILLENNIUM LIQUID CHILLER		COOLING RANGE 42.0 +/- 2.0 DEGF	
UNIT STATUS		2:04PM 01 JAN 10		AMBIENT AIR TEMP 74.8 DEGF	
SYS 1	NO COOLING LOAD			LEAD SYSTEM SYS 2	
SYS 2	COMPRESSORS RUNNING 2			EVAPORATOR PUMP ON	
OPTIONS				EVAPORATOR HEATER OFF	
CHILLED LIQUID	WATER			ACTIVE REMOTE CONTROL NONE	
AMBIENT CONTROL	STANDARD			UNIT XXX.X AMPS X.X VOLTS	
LOCAL/REMOTE MODE	REMOTE			SOFTWARE VERSION C.MMC.03.03	
CONTROL MODE	LEAVING LIQUID			SYSTEM 1 DATA	
LEAD/LAG CONTROL	AUTOMATIC			COMP STATUS 1=OFF 2=OFF 3=OFF	
FAN CONTROL	AMB & DSCH PRESS			RUN TIME 0- 0- 0- 0 D-H-M-S	
CURRENT FEEDBACK	NONE			SUCTION PRESSURE 66 PSIG	
SOFT START	ENABLED			DISCHARGE PRESSURE 219 PSIG	
EXPANSION VALVE	THERMOSTATIC			SUCTION TEMPERATURE 52.8 DEGF	
PROGRAM VALUES				SAT SUCTION TEMP 40.0 DEGF	
DSCH PRESS CUTOUT	395 PSIG			SUCTION SUPERHEAT 12.8 DEGF	
SUCT PRESS CUTOUT	44 PSIG			COOLER INLET REFRIG 31.6 DEGF	
LOW AMBIENT CUTOUT	25.0 DEGF			LIQUID LINE SOLENOID OFF	
LEAVING LIQUID CUTOUT	36.0 DEGF			HOT GAS BYPASS VALVE OFF	
ANTI RECYCLE TIME	600 SECS			CONDENSER FAN STAGES OFF	
FAN CONTROL ON PRESS	240 PSIG			EEV OUTPUT 0.0 %	
FAN DIFF OFF PRESS	80 PSIG			SYSTEM XXX.X AMPS X.X VOLTS	
NUMBER OF COMPRESSORS	6			SYSTEM 2 DATA	
NUMBER OF FANS PER SYSTEM	4			COMP STATUS 1=OFF, 2=OFF, 3=OFF	
UNIT TRIP VOLTS	3.0			SUCTION PRESSURE 51 PSIG	
REFRIGERANT TYPE	R-22			DISCHARGE PRESSURE 157 PSIG	
REMOTE UNIT ID PROGRAMMED	2			SUCTION TEMPERATURE 44.3 DEGF	
UNIT DATA				SAT SUCTION TEMP 32.1 DEGF	
RETURN LIQUID TEMP	58.2 DEGF			SUCTION SUPERHEAT 12.2 DEGF	
LEAVING LIQUID TEMP	53.0 DEGF			COOLER INLET REFRIG 31.6 DEGF	
				LIQUID LINE SOLENOID ON	
				CONDENSER FAN STAGE 3	
				EEV OUTPUT 0.0%	
				SYSTEM XXX.X AMPS X.X VOLTS	
				DAILY SCHEDULE	
				S M T W T F S *=HOLIDAY	
				MON START=00:00AM STOP=00:00AM	
				TUE START=00:00AM STOP=00:00AM	
				WED START=00:00AM STOP=00:00AM	
				THU START=00:00AM STOP=00:00AM	
				FRI START=00:00AM STOP=00:00AM	
				SAT START=00:00AM STOP=00:00AM	
				HOL START=00:00AM STOP=00:00AM	

Fuente: YORK, Installation, operation and maintenance manual P93

2.3.1.2 Sistema de distribución de agua fría. El sistema de distribución de agua fría de este edificio es un sistema cerrado de dos tuberías que consta de los siguientes elementos:

- Bombas centrifugas
- Válvulas de triple servicio
- Tanque de expansión y red de tuberías
- Control del flujo de agua según la carga térmica

Figura 29. Esquema del sistema de distribución de agua fría I.Q.



- **Bombas de agua**

Para hacer circular el agua fría del enfriador a través de las tuberías hasta cada una de las unidades acondicionadoras, se cuenta con dos bombas centrifugas verticales de 171 GPM, cabeza de 82 FT c/u en paralelo marca *Bell & Gossett*, modelo 80 SC. En operación normal una de estas bombas funciona y la otra esta en Stand-By.

Figura 30. Bombas y válvulas de triple servicio del sistema de agua fría I.Q.



Las características técnicas de estas bombas se describen en la siguiente tabla.

Tabla 5. Características técnicas de las bombas de agua fría de I.Q.

DESCRIPCION	UNIDADES	DETALLE
Marca	-	<i>Bell & gossett</i>
Modelo	-	Serie 80 3 x 3 x 11
Tipo de bomba	-	Centrifuga
Configuración	-	Vertical, acople flexible
Caudal constante	GPM	171
Potencia del motor	HP	10
Velocidad angular	RPM	1750
Características eléctricas	V/Ph/HZ	220/3/60

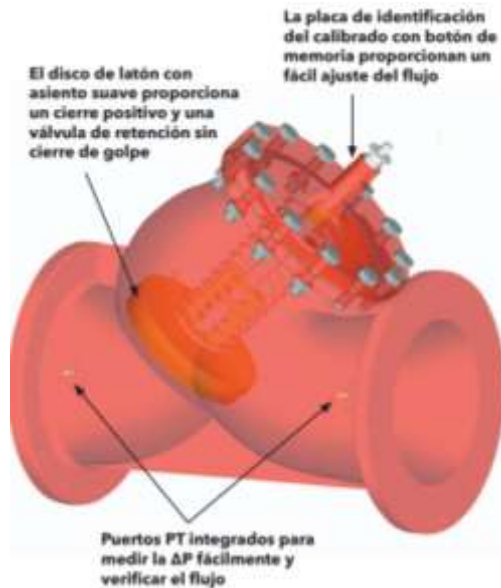
- Válvulas de triple servicio

Para un óptimo funcionamiento del sistema de bombeo este cuenta con un filtro en la succión y una válvula de triple servicio Bell & Gossett que actúa como:

- ✓ Válvula de balance⁶.
- ✓ Válvula de retención que permite el flujo de agua en un solo sentido.
- ✓ Válvula de cierre cuando se requiera hacer mantenimiento a la bomba.

⁶ Proporciona los flujos dentro del sistema de distribución (ramificaciones y terminales) de acuerdo a las cantidades de diseño especificadas.

Figura 31. Válvula triple servicio Bell & Gossett



Fuente: Disponible online en: <
<http://documentlibrary.xylemappliedwater.com/files/2012/09/B-835A-SP.pdf> >

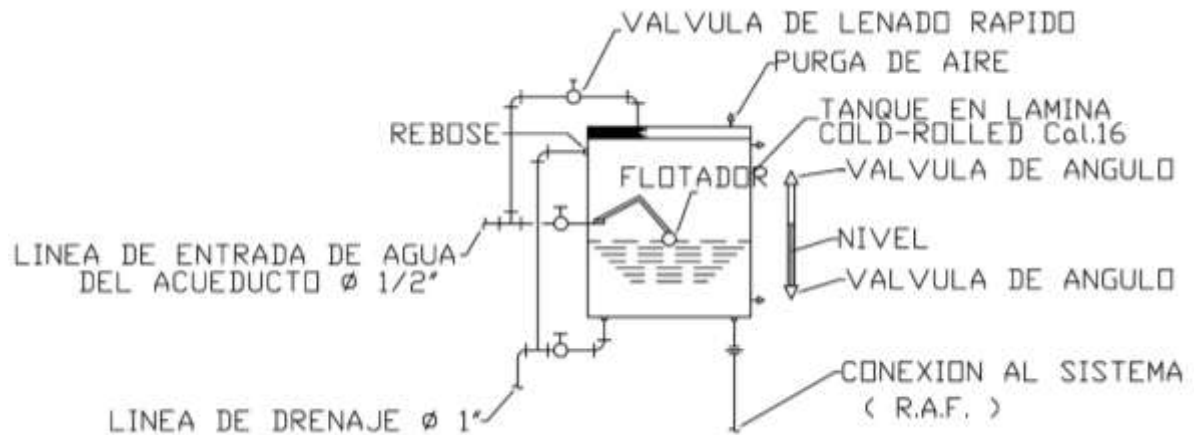
- **Red de tuberías y Tanque de expansión**

El tanque de expansión absorbe los cambios en el volumen del fluido, puede formar parte del sistema de eliminación de aire y constituye un punto de presión constante en el sistema. Esta última función es muy importante, ya que es necesario contar con un punto de presión constante para restablecer la presión en otros puntos de un sistema de circuito cerrado, ya que de otro modo el sistema sería un circuito eléctrico sin tierra. Por lo tanto la ubicación del tanque de expansión constituye un aspecto muy importante en el plan de diseño.

En nuestro caso el tanque de expansión está ubicado en la cubierta del edificio en un nivel más alto que la ubicación del chiller del sistema como se recomienda.

En la Figura 32 se observa en detalles las conexiones del tanque de expansión de este sistema.

Figura 32. Detalle del tanque de expansión I.Q.



La red de tuberías en cada tramo del edificio varía su diámetro y calibre según el caudal de agua que transporte. La línea de suministro principal tiene un diámetro de 3" y un caudal igual al nominal de las bombas es decir 171 Gpm, a las unidades terminales (Fan coil) llegan tubos de 3/4" y 1/2" con caudales de entre 4.17 y 6.71 Gpm y a la unidad manejadora de piso, una tubería de 2" con un caudal de 38.33 Gpm. Los tramos de tuberías que comunican las unidades terminales con el chiller varían su diámetro y caudal según la cantidad de unidades por nivel y el sector, estos diámetros y caudales se pueden observar en mayor detalle en los planos del sistema de aire acondicionado y ventilación del edificio de Ingeniería Química.

- **Control del flujo de agua según la carga térmica**

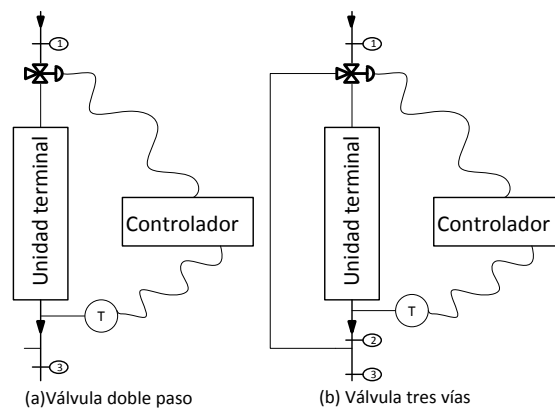
La capacidad de enfriamiento de las unidades terminales se controla comúnmente con válvulas de 3 o de 2 vías, dependiendo de si se desea un sistema de caudal constante o variable. El primero es de diseño y operación simples (Figura. 33a) pero tiene un mayor costo operativo y su uso es más común en instalaciones de menor capacidad mientras que el segundo (Figura. 33b) que resulta en un menor costo operativo se usa con mayor frecuencia en las instalaciones más grandes.

En ambos casos el serpentín recibe el mismo flujo de agua, y la temperatura de ésta a la salida del serpentín es la misma. Sin embargo, el efecto global que tienen los dos métodos de control sobre el sistema es diferente. El método de válvula de doble paso produce una tasa de flujo de agua variable con un diferencial de temperatura fijo, mientras que el de la válvula de tres vías produce un flujo de agua uniforme y un diferencial de temperatura variable.

Una de las razones para utilizar válvulas de 3 vías es el requerimiento de mantener un flujo constante de agua a través del enfriador. Si se utiliza una válvula de control de doble paso en sistemas con un solo enfriador, el gasto a través de este disminuiría a medida que decrezca la carga térmica. Esto es intolerable y puede causar daños severos al enfriador.

En los sistemas de gran capacidad provistos de largos circuitos de tuberías y que puedan dar servicios a varios edificios desde una planta central no es factible utilizar una sola bomba para todo el sistema. En tales casos es conveniente interconectar los distintos subsistemas, para formar un sistema integrado que contenga varias bombas. Este tipo de sistema puede usar un control con válvulas de doble paso, el cual produce un gasto de agua proporcional a la carga térmica y su operación es más económica.

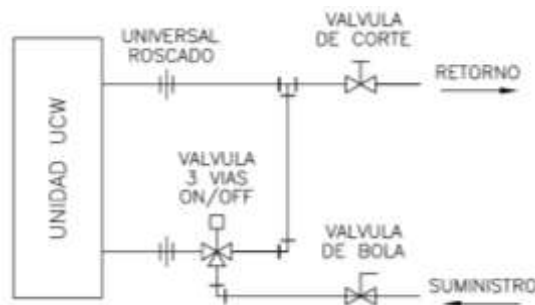
Figura 33. Control de flujo por las unidades terminales



En el caso del sistema de aire acondicionado del edificio de Ingeniería Química se usan válvulas 3 vías tanto en los fan coil como en la manejadora de piso, donde el paso de agua por estas unidades depende de la carga y la otra parte del flujo se desvía y es retornado a la línea principal después de la unidad, tal y como se muestra en la Figura 33.

Para el caso de los fan coil las temperaturas de entrada y salida usadas para el control de estas unidades terminales son de 11° y 14.6° C respectivamente.

Figura 34. Detalle del control en las unidades terminales de I.Q.



2.3.1.3 Unidades terminales El sistema cuenta con unidades tipo ACW (unidades de piso) y ACW (Fan coil).

- **Unidad de piso**

La unidad manejadora de piso se encuentra ubicada en el cuarto de refrigeración Acw-01 del Auditorio Clemente Retamoso Rodríguez. Este cuarto funciona como una cámara de mezcla del aire que es extraído del auditorio y el aire de renovación. Consta de un ventilador centrífugo en línea Modelo BSQ (transmisión por correa) de la marca Greenheck, un enfriador, y los ductos de extracción, y distribución del aire frío, además para la extracción del aire del recinto usa un ventilador tipo hongo del mismo proveedor. La distribución, los componentes y valores correspondientes al proceso del sistema de aire acondicionado de este auditorio se muestran en las siguientes figuras.

Figura 35. Plano del sistema de la unidad manejadora de piso I.Q.

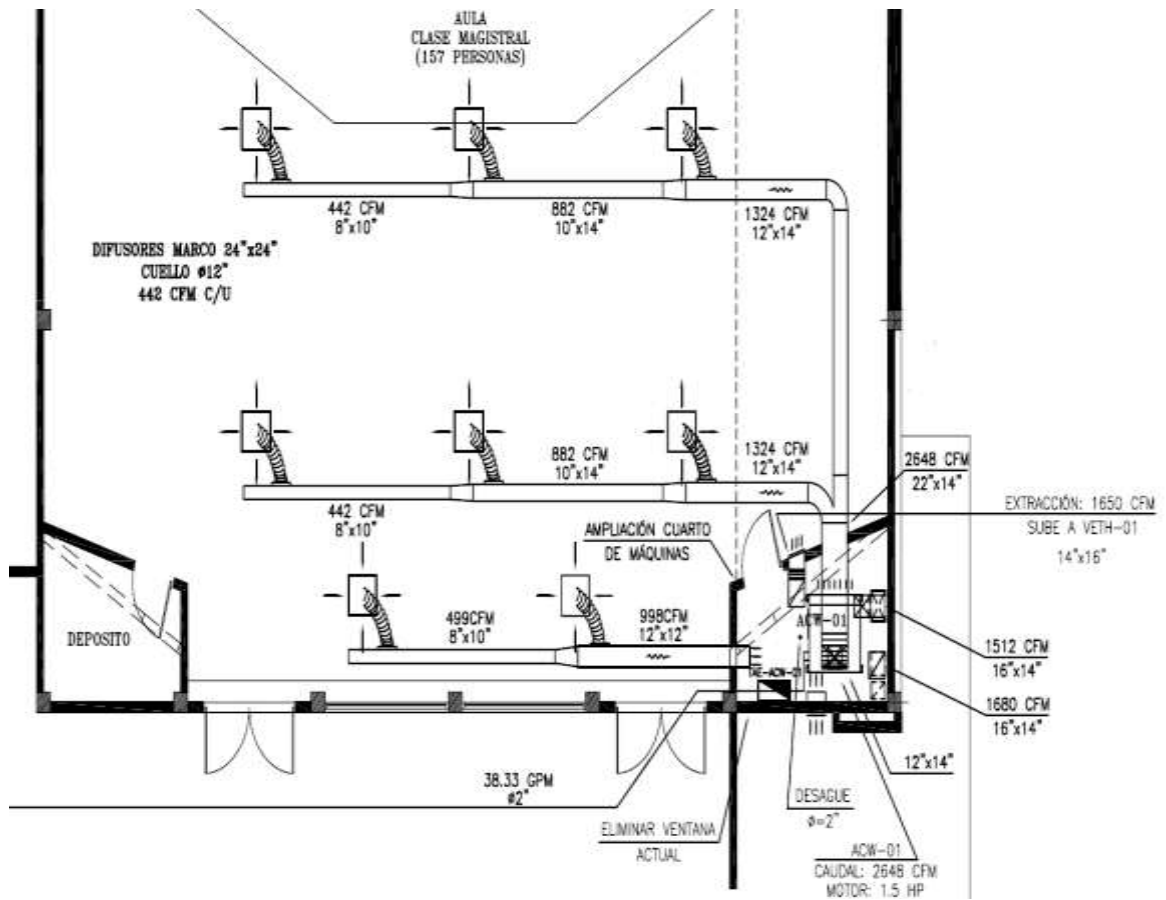


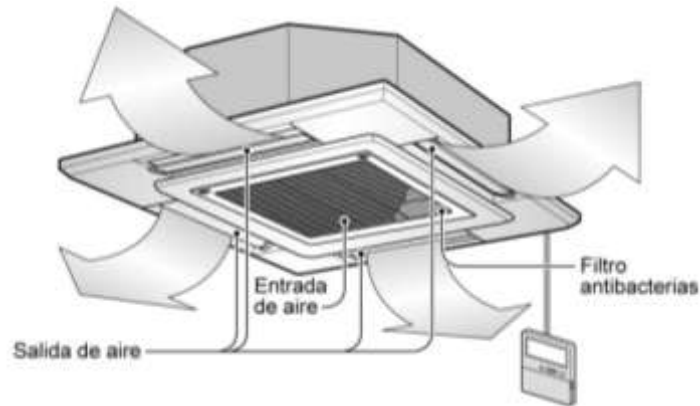
Figura 36. Componentes de la unidad manejadoras de piso I.Q.



- **Fan coil**

El sistema cuenta con dos tipos de unidades terminales en los recintos del edificio, las unidades manejadoras de piso, de las cuales se hablara más adelante y los fancoil son marca YORK.

Figura 37. Minisplit tipo cassette.



Fuente: YORK, Installation, manual P3

Todos los recintos que trabajan con este tipo de unidad terminal tienen el mismo tipo de mini Split el cual tiene las siguientes especificaciones:

Tabla 6. Especificaciones Minisplit I.Q.

CARACTERÍSTICA	UNIDADES	VALOR
Capacidad frigorífica	KW	5.3 / 6.8 / 9.5
Capacidad frigorífica sensible	KW	3.5 / 4.5 / 6.5
Capacidad calorífica	KW	5.6 / 7.3 / 10.7
Alimentación eléctrica	V/Ph/Hz	230 / 1 / 60
Caudal de aire	M ³ /h	710 / 970 / 1500
Caudal de agua	L/h	1166
Volumen de agua	L	4.0
Perdida de carga en frío	KPa	9.4 / 14.7 / 26.9
Perdida de carga en calor	KPa	7.9 / 12.4 / 23.0
Nivel de potencia sonora	dB(A)	34 / 40 / 53
Nivel de presión sonora	dB(A)	25 / 31 / 44
Dimensiones (A x L x P)	mm	303 x 820 x 820
Panel (L x P)	mm	965 x 965
Peso Neto	Kg	47

* Los niveles de presión acústica han sido medidos en una sala con un volumen de 100 m³ un tiempo de reverberación de 0,5 seg. Las capacidades frigoríficas corresponden a 27° C TS / 19° C TH de temperatura de entrada del aire - 7°/12° C de temperatura de entrada del agua Las capacidades caloríficas corresponden a 20° C de temperatura de entrada del aire, 70°C de temperatura de entrada del agua en el caso del calor a 4 tubos, 50° C de temperatura de entrada del agua en el caso de calor a 2 tubos, y 10 K de descenso de la temperatura del agua. Todos los datos están en Baja / Media / Alta velocidad.

2.3.2 Sistema de aire acondicionado del edificio de ciencias humanas.

El sistema de aire acondicionado del edificio de Ciencias Humanas es un sistema hidrónico enfriado por agua que cuenta con los siguientes componentes:

- Enfriador de agua o chiller
- Torre de enfriamiento
- Sistema de distribución de agua fría
- Unidades terminales

Figura 38. Componentes del sistema de A.A. Edificio Ciencias Humanas.



2.3.2.1 Enfriador de agua o chiller. El chiller del sistema de aire acondicionado es un equipo marca YORK INTERNATIONAL, refrigerado por agua, con capacidad nominal de 180Tons para enfriar 438 GPM de agua de 52°F a 42°F, con 442 GPM de agua de condensación, entrando a 85°F y saliendo a 95°F. La unidad consta de: 2 compresores, el evaporador y el condensador, para el ciclo de refrigeración, además de los transductores y el tablero de control para medir, visualizar y variar los parámetros del sistema.

YCWS0180SB17YA

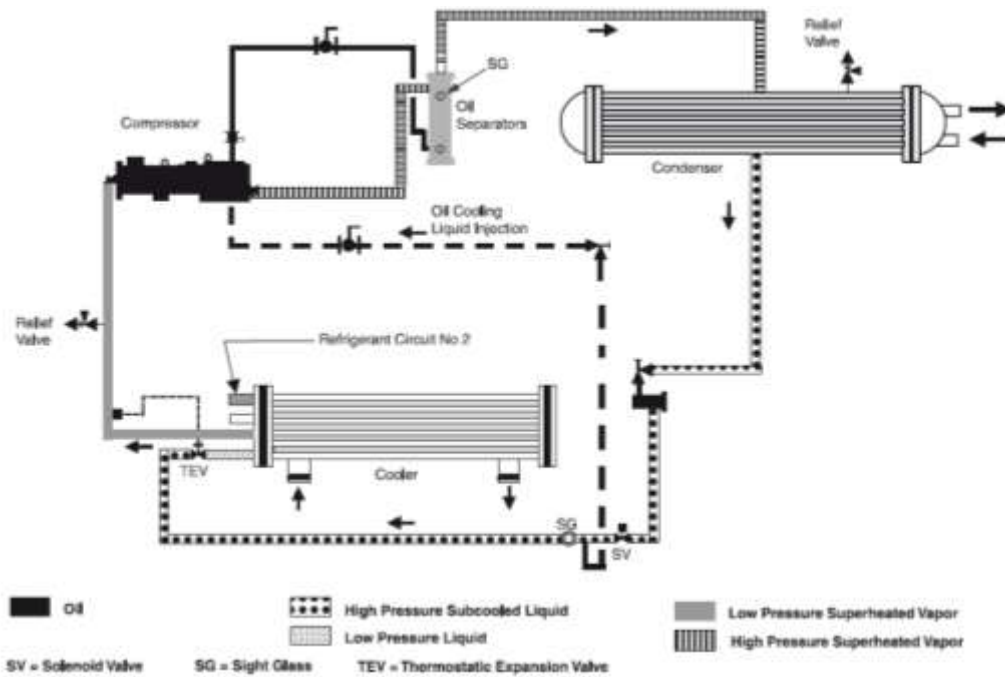
TIPO DE PRODUCTO	CAPACIDAD NOMINAL	INDICADOR	REFRIGERANTE	VOLTAGE	DISEÑO
1 2 3 4	5 6 7 8	9	10	11 12	13 14
1: Y 2: C 3: W 4: S	5: 0 6: 1 7: 8 8: 0	9: S	10: B	11: 1 12: 7	13: Y 14: A
: YORK : Chiller : Water Cooled : Compresor de tornillo (Screw)	0: 60Hz – Tons 1: 50Hz – kW	:Eficiencia Estandar	: R-407C	:200/3/60	:Tipo Start: Y = Star-Delta :Diseños serie A

Figura 39. Chiller Edificio Ciencias Humanas.



Fuente: YORK, Installation, operation and maintenance manual P1

Figura 40. Diagrama de flujo de refrigerante en el chiller C.H.



Fuente: YORK, Installation, operation and maintenance manual P20

La unidad cuenta con dos circuitos de refrigeración independientes, una por cada compresor. La línea de líquido incluye: una válvula de cierre en el puerto de carga, mirilla con indicador de humedad, válvula de expansión térmica, válvula solenoide, y filtro secador de alta absorción.

- **Compresores**

Los compresores son de acople directo, semiherméticos, tipo rotativo de tornillo gemelos. Están provistos de un controlador con microprocesador que regula la válvula de control de capacidad de la presión de salida, para comandar la capacidad del compresor independientemente de la válvula de control de presión de entrada y balancear la capacidad del compresor con la carga necesaria de enfriamiento.

Figura 41. Compresor del chiller de C.H.

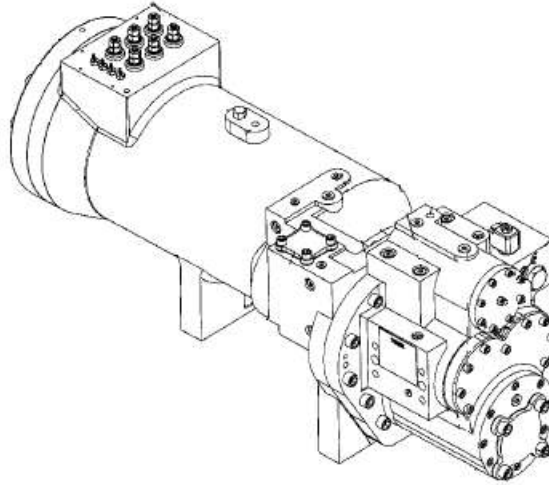


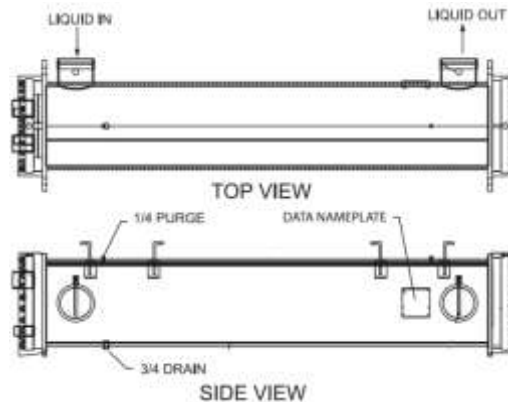
Tabla 7. Especificaciones compresores C.H.

Marca: YORK Semi-Hermetic Twin Screw Compressor	Especificaciones Diámetro del rotor [mm]	Datos eléctricos				
		LRA [A]	I _{MAX} [A]	V [V]	PH	F [Hz]
SISTEMA 1 Modelo: DXS24LASB17	124	1866	591	200	3	60
SISTEMA 2 Modelo: DXS36LASA17	136.4	2256	708	200	3	60

- **Evaporador**

El evaporador es de expansión directa del tipo casco y tubos con el refrigerante en los tubos y el agua a enfriar en el casco. El enfriador (evaporador), esta diseñado para una presión de trabajo de 150 psig por el lado casco y 300 psig por el lado de los tubos. Viene cubierto con aislamiento flexible tipo espuma de K=0,25, con un espesor de 3/4" para prevenir la condensación.

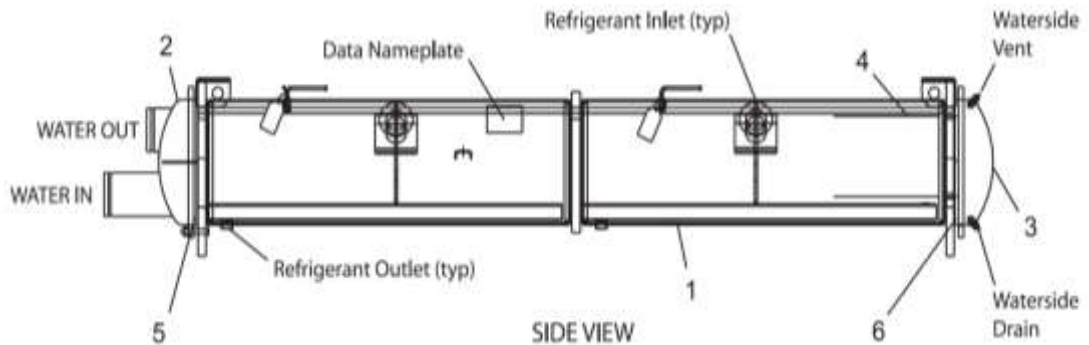
Figura 42. Esquema evaporador C.H.



- **Condensador**

El condensador es enfriado por agua que proviene de una torre de enfriamiento, es de carcasa y tubos, donde los tubos son de cobre con aletas externas de 19 mm, las presiones de trabajo son de 150 psi en la carcasa y 330 PSIG en los tubos.

Figura 43. Esquema condensador C.H.



- **Transductores, sensores y accesorios**

El chiller cuenta con una serie de transductores, accesorios y sensores para medir y controlar las diferentes variables del ciclo de refrigeración, la ubicación y descripción de estos se muestra en la Figura 44 y en la Tabla 7 respectivamente.

Figura 44. Transductores, sensores y accesorios chiller C.H.

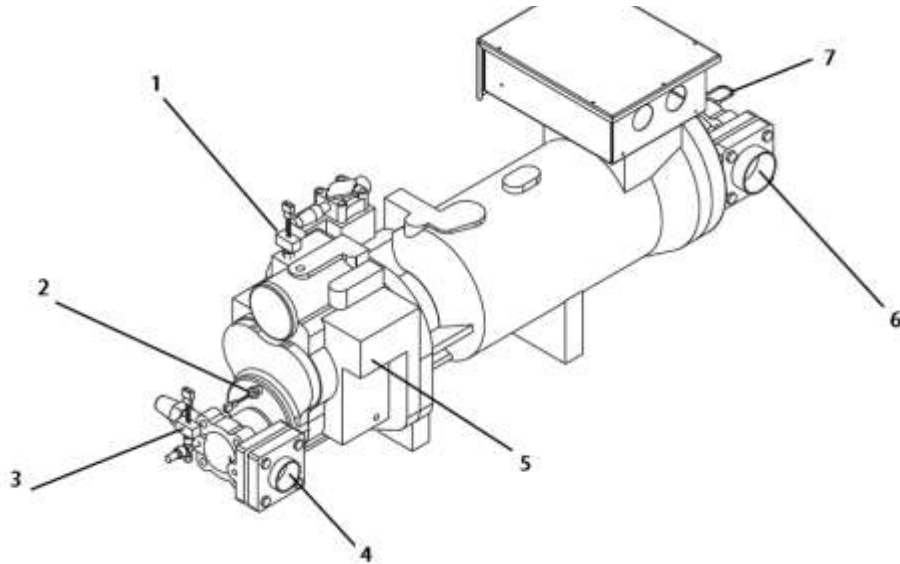


Tabla 8. Descripción de los transductores, sensores y accesorios del chiller C.H.

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	4	Transductor de presión de descarga
2	2	Sensor de temperatura de descarga
3	4	Válvula y transductor
4	1	Stop de la válvula de descarga
5	2	Switch de alta presión 300 psi
6	2	Stop de la válvula de succión
7	2	Transductor de presión de succión

- **Tablero de control**

La unidad esta provista de un centro de control computarizado. La lógica y controles están contenidos dentro de un gabinete IP32. Posee un menú interactivo amigable de entradas y salidas, con pantalla LCD y teclado para facilitar el acceso a las diferentes funciones de programación y visualización de datos como son:

- ✓ Día, fecha, hora
- ✓ Temperatura de salida y retorno de agua fría
- ✓ Temperatura de salida y retorno de agua de condensación
- ✓ Estado de compresor en marcha
- ✓ Datos de las ultimas seis paradas por fallos
- ✓ Temporizador de estado de carga de compresores, entre otros

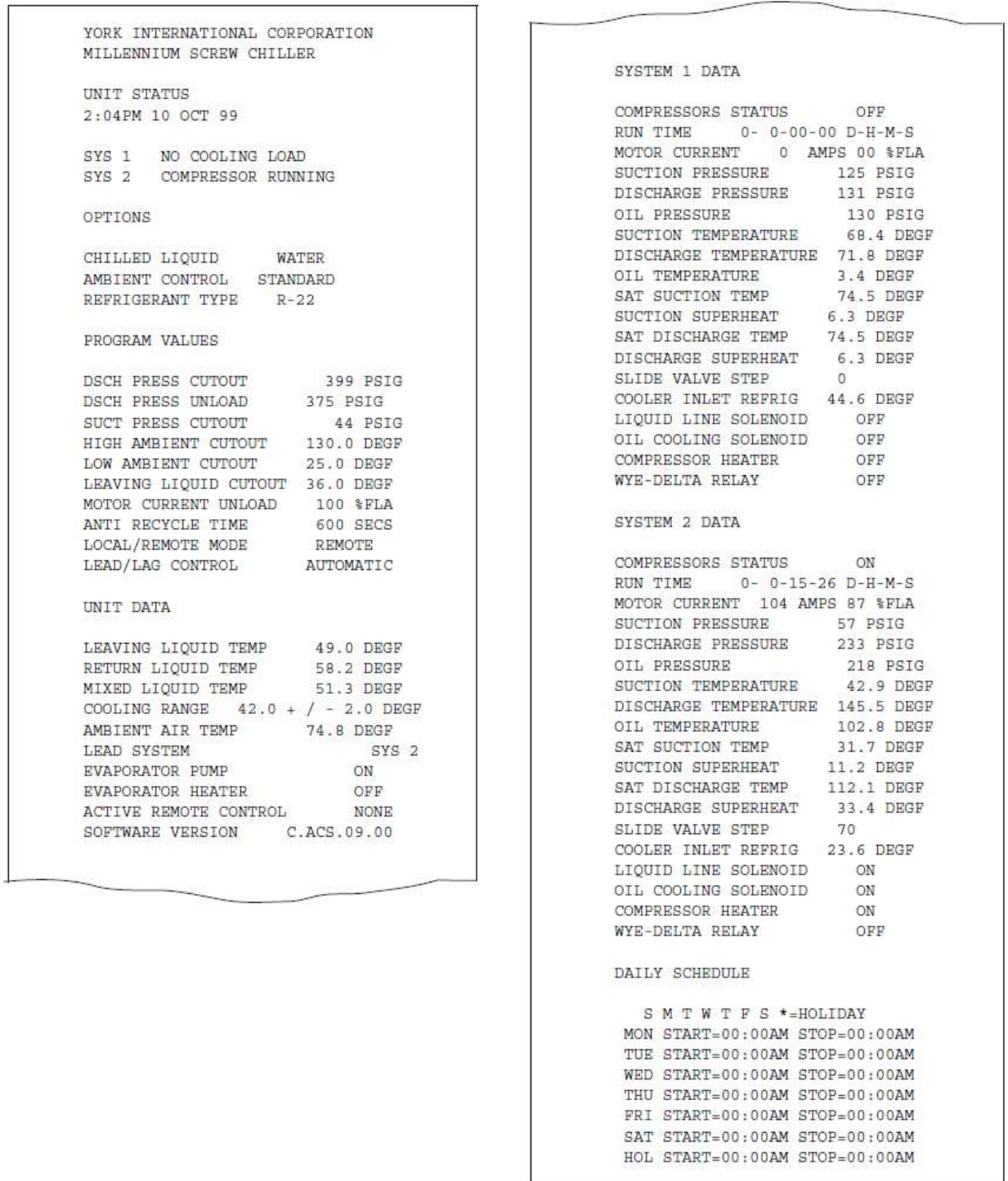
El programa operativo es almacenado en memoria EPROM no volátil, para evitar perdida de datos debido a las fallas en la corriente alterna, o descarga de las baterías. Los set-point programados están protegidos por una batería Lithium, con una memoria de respaldo RTC.

Figura 45. Tablero de control Chiller C.H.



En general a través del tablero de control de la unidad enfriadora se puede tener acceso, modificar o imprimir los siguientes parámetros.

Figura 46. Parámetros de funcionamiento del chiller C.H.



Fuente: YORK, Installation, operation and maintenance manual P57

2.3.2.2 Torre de enfriamiento. La torre de enfriamiento es de tipo ventilador axial, flujo cruzado, de tiro forzado, marca Baltimore Aircoil, modelo FXT 130, con entrada de aire por un solo costado y descarga horizontal. Tiene capacidad para el enfriamiento de 442 GPM, de 95°F a 85°F, con una temperatura de bulbo húmedo de 75°F. Cuenta con un ventilador axial tipo pesado y hélices de paso fijo. El aire es arrastrado hacia la torre a través de abanico cilíndrico, minimizando pérdidas y obteniendo máxima eficiencia. El motor es de acople por correas, con una potencia nominal de 7.5 HP, el cual es de tipo TEFC, totalmente cerrado enfriado por ventilador, con voltaje 220/3/60.

Figura 47. Torre de enfriamiento C.H.



Fuente: Disponible online
:<http://www.genemco.com/catalog/baltimore_fxt130_cooling_tower.pdf>

2.3.2.3 Sistema de distribución de agua fría. El sistema de distribución de agua fría de este edificio es un sistema cerrado de dos tuberías que consta de los siguientes elementos:

- ✓ Bombas centrifugas
- ✓ Tanque de expansión y red de tuberías
- ✓ Control del flujo de agua según la carga térmica

- **Bombas de agua**

Para hacer circular el agua fría del enfriador hasta cada una de las unidades acondicionadoras, al igual que desde la torre hasta el enfriador se instalaron 4 bombas centrifugas marca *Bell & Gossett, modelo 3BC*. De estas bombas una funciona y la otra esta en Stand-By para cada sistema de distribución de agua.

Figura 48. Bomba centrifuga C.H.



Fuente: disponible online en < <http://www.nationalpumpsupply.com/bell-gossett-1510-pump-3bc-15-hp-1800-rpm-motor/> >

Tabla 9. Características técnicas de las bombas de C.H.

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	DETALLE
Marca	-	<i>Bell & Gossett</i>
Modelo	-	Serie 1510
Tipo de bomba	-	Centrifuga
Configuración	-	Horizontal, acople flexible
Caudal	GPM	442
Cabeza	Ft	48
Potencia del motor	HP	10
Velocidad angular	RPM	1750
Características eléctricas	V/Ph/HZ	220/3/60

- **Red de tuberías y Tanque de expansión**

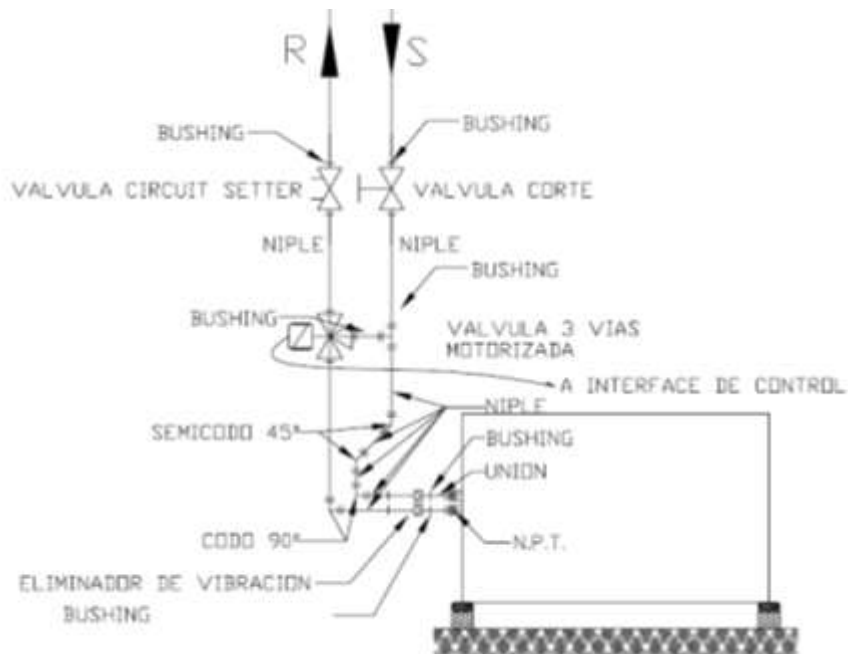
La línea de suministro principal tiene un diámetro de 6" y un caudal igual al nominal de las bombas es decir 442 Gpm, a las unidades terminales (Fan coil) llegan tubos de 1" con caudales de 2.7 Gpm y a las unidades manejadoras de piso, una tubería de 1" con un caudal entre 3.80 y 7.33 Gpm. Los tramos de tuberías que comunican las unidades terminales con el chiller varían su diámetro y caudal según la cantidad de unidades por nivel y el sector, estos diámetros y caudales se pueden observar en mayor detalle en los planos del sistema de aire acondicionado y ventilación del edificio de Ciencias Humanas.

El tanque de expansión en este edificio se encuentra en el último nivel y cumple una doble función, además de absorber los cambios en el volumen del fluido, formar parte del sistema de eliminación de aire y constituir un punto de presión constante en el sistema que son las características propias de este tanque, proporciona el agua de restitución para la torre de enfriamiento cuando el nivel de esta este por debajo de un valor establecido en el control de la torre. La configuración de las conexiones de este tanque es la misma mostrada para el edificio de Ingeniería Química en la figura 31

- **Control del flujo de agua según la carga térmica**

En el caso del sistema de aire acondicionado del edificio de Ciencias Humanas igual que en el de Ingeniería Química se usan válvulas 3 vías tanto en los fan coil tal y como se mostro en la Figura 32 ,como en las manejadoras de piso (ACW).

Figura 49. Conexión de las unidades terminales ACW C.H.



2.3.2.4 Unidades Terminales. El sistema cuenta con unidades tipo ACW (unidades de piso) y ACW (Fan coil)

- **Unidades acondicionadoras tipo ACW**

Las unidades acondicionadoras de aire son del tipo estación central marca PARAMO modelos UMA serie LSL. El gabinete en general consiste en secciones individuales tipo modular removibles. Los ventiladores son de aletas múltiples inclinadas hacia adelante, doble entrada y doble ancho. El motor del ventilador tiene una velocidad de 1750 RPM, voltaje 220/3/60, completamente cerrado a prueba de goteo. La unidad tiene rieles tensores para el motor, la transmisión es ajustable por correas y poleas en V.

Figura 50. Unidad acondicionadora de aire C.H.



Fuente: <http://paramo.com.co>

- **Unidades acondicionadoras individuales FCW**

Se cuenta con un total de 36 unidades Fan Coil, marca YORK INTERNATIONAL entre cinco modelos diferentes cuyas especificaciones son:

Tabla 10. Especificaciones Fan Coil C.H.

MODELO	POTENCIA HP	VOLTAJE V	FASE	RPM	TEMPERATURA DE AGUA °F	
					ENTRADA	SALIDA
6YPHBC	1/5	230	2	1500	44	54
8YPHBC	1/5	230	2	1500	44	54
13YPHBC	1/5	230	2	1500	44	54
12YPHYB	1/4	230	2	1500	44	54
16YPHYB	1/4	230	2	1500	44	54

Figura 51. Fan Coil CH.



Fuente: Disponible online en: <<http://www.fldist-eng.com/pdfs/yhbc,yhh,yhyb.pdf>>

2.4 MANTENIMIENTO Y ANALISIS DE FALLOS DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

Las labores que involucra el mantenimiento de los sistemas de aire acondicionado instalados dentro de la UIS deben ser realizadas bajo un programa de trabajo estructurado por actividades a desarrollar por personal idóneo, con el equipo, las herramientas y el suministro de una serie de insumos básicos; todo enmarcado dentro de una organización que ofrezca solidez, confiabilidad, servicio, atención oportuna, experiencia técnica y conocimiento a fondo de las instalaciones.

La labor de mantenimiento de estos sistemas consiste básicamente en limpieza, revisión, ajustes, correcciones y reparaciones menores que deben cumplirse con una frecuencia predeterminada, en concordancia con el equipo y en la búsqueda de los objetivos básicos siguientes:

- Mantener los equipos en adecuadas y mejores condiciones de servicio.
- Reducir el índice de mantenibilidad por daño en accesorios y repuestos mediante el seguimiento apropiado y remplazo a cada componente del equipo.
- Disminuir la carencia del servicio de aire acondicionado de las diferentes dependencias por fallas imprevistas y catastróficas.
- Distribución uniforme de las actividades de mantenimiento mediante un programa acorde con las necesidades de cada uno de los diferentes equipos.

Estos objetivos se alcanzan por medio de un programa de actividades básicas donde se realizan limpiezas generales, revisión evaluación y mejoramiento de desempeño, eliminación de ruidos ajenos al funcionamiento habitual, toma y evaluación de datos físicos que comparados con datos determinados para condiciones normales de operación dan la pauta para establecer la condición real del equipo y determinar así, los pasos a seguir.

Las inspecciones periódicas programadas consisten en:

- a. Lectura de amperajes y voltajes de todos los elementos del equipo, como son motores y compresores.
- b. Estado de los controles de presión y temperatura y pruebas de rutina a fin de evaluar su respuesta efectiva.
- c. Estado de los serpentines e intercambiadores; en cuanto a grado de incrustación por deterioro por corrosión o manipulación poco adecuada.
- d. Chequeo de fugas de refrigerante a tuberías y accesorios de las líneas de refrigerante.
- e. Análisis de ruido y supresión de aquellos que no son propios del funcionamiento.
- f. Inspección de filtros de aire.
- g. Inspección de gabinetes; latonería y pintura.
- h. Evaluación de los sistemas de ventilación, alineación y balanceo.
- i. Evaluación de los sistemas de aislamiento térmico tanto de equipos como de conductos de ventilación.
- j. Limpieza, balanceo, ajuste de difusores, rejillas de suministro y retorno.

Al analizar los resultados de estas inspecciones se puede llegar a facilitar y determinar cuales son los ajustes, procesos correctivos o reparaciones a ejecutar. Teniendo en cuenta la novedad de los equipos, la calidad de su instalación, el grado de exposición de agentes contaminantes y corrosivos, la frecuencia de uso y el grado de compromiso dentro del proceso, el mantenimiento se hace en periodos recomendados por el fabricante o determinados a criterio del usuario.

3. DISEÑO DEL SISTEMA SCADA

Para el diseño del sistema SCADA se tienen en cuenta las necesidades del cliente a la hora de seleccionar las variables involucradas en el sistema, así como los elementos para medir y controlar dichas variables. A continuación se plantean los requerimientos básicos y las variables a medir según las consideraciones de la fase de diseño.

3.1 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA SCADA

La División de Mantenimiento Tecnológico de la Universidad Industrial de Santander en busca de desarrollar políticas que contribuyan al uso eficiente y ahorro energético en los sistemas de aire acondicionado de los principales edificios del campus, requiere de un sistema para el monitoreo y supervisión constante de estos sistemas.

Teniendo en cuenta las necesidades anteriormente mencionadas, la DMT contempló distintas alternativas de solución, presentando como solución idónea un sistema SCADA que permita el registro de variables y datos de los sistemas y el control de algunos parámetros de funcionamiento sin necesidad de la intervención de operarios o cuadrillas de mantenimiento directamente en los sistemas. Bajo esta necesidad la DMT expuso al autor los requerimientos que se debería tener en cuenta a la hora de diseñar el sistema SCADA, los cuales son:

- Centralización de la información (Arquitectura): Modo en que los diferentes elementos de monitoreo y control serán a ubicar en el sistema.
- Redes de comunicación: Modo en que interactúan y se comunican dos o más dispositivos con la finalidad de compartir información y recursos del sistema.
- Supervisión remota y Comunicación entre aplicaciones: Relacionado con los protocolos de comunicación y con un formato o trama definida.

Para cumplir estos requerimientos el diseño del sistema SCADA se centrara en las siguientes funciones y características del sistema:

- Registro de variables: se requiere que las variables de los sistemas de aire acondicionado sean almacenadas y procesadas para conocer los parámetros de funcionamiento y control.
- Visualización del sistema: El estado del sistema y valor de los parámetros del sistema debe presentarse en una HMI.
- Generación de reportes: Se debe permitir presentar reportes del funcionamiento del sistema en fechas previamente programadas.
- Registro histórico de datos: Se debe poder almacenar datos del funcionamiento del sistema con el fin de poder llevar un registro del comportamiento de algunas variables.
- Presentación de alarmas: Si alguna variable del sistema se encuentra en valores críticos se debe presentar una alarma al personal encargado del monitoreo en la MTU.

En base a estas características y requerimientos se plantea el diseño del sistema SCADA integrando las variables ya medidas de alguna manera por los sistemas e integrando las nuevas variables necesarias para el cumplimiento de las necesidades previamente expuestas.

3.2 VARIABLES A INTEGRAR EN EL SISTEMA SCADA

Para seleccionar las variables a monitorear se debe tener en cuenta los requerimientos previamente expuestos, además estas deben permitir conocer de una manera global el estado de funcionamiento del sistema así como información

detallada de algunos parámetros del proceso y de algunos elementos de los sistemas de aire acondicionado.

Para esto se realizó una evaluación de las variables críticas para el funcionamiento y mantenimiento del sistema, algunas censadas por los sistemas ya existentes y otras nuevas que se deben integrar, todo esto de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y también basados en la experiencia del personal de mantenimiento junto con el registro de fallas previas de los sistemas de aire acondicionado hidrónico planteados en el proyecto de grado.

- **Variables de estado**

Este tipo de variables son aquellas que brindan información acerca del estado de operación del sistema en general. Por ejemplo:

- ✓ On/off del chiller
- ✓ On/off unidades terminales

- **Variables de funcionamiento**

Permiten conocer el nivel de funcionamiento del sistema, indicando si ciertos elementos se encuentran en los valores recomendados.

Estas variables nos permiten conocer el estado de los principales elementos del sistema además de los valores de algunos parámetros necesarios para el buen funcionamiento de cada uno de los subsistemas. El monitoreo de estas variables es de vital importancia para garantizar, además del buen funcionamiento de los elementos del sistema, que los valores de los parámetros en el proceso de enfriamiento y distribución de agua sean normales y así garantizar un correcto funcionamiento del sistema de aire acondicionado en todo el edificio.

3.2.1 Variables medidas.

Todas las variables del sistema se pueden visualizar, y en algunos casos controlar, mediante el modulo de control de cada chiller, que se explicara mas adelante. Las variables medidas en cada sistema actualmente son:

Tabla 11. Variables medidas actualmente I.Q.

VARIABLES DE ESTADO	VARIABLES DE FUNCIONAMIENTO
On/off del chiller	Temperatura ambiente
Sistema líder	Temperatura del liquido de retorno
On/off bomba del evaporador	Temperatura de salida del agua
Estado de los compresores (on/off)	Rango de enfriamiento
-	Run time
-	Presión de succión
-	Presión de descarga
-	Temperatura de succión
-	Temperatura de entrada del refrigerante al enfriador

Tabla 12. Variables medidas actualmente C.H.

VARIABLES DE ESTADO	VARIABLES DE FUNCIONAMIENTO
On/off del chiller	Temperatura ambiente
Sistema líder	Temperatura del liquido de retorno
On/off bomba del evaporador	Temperatura de salida del agua
Estado de los compresores (on/off)	Rango de enfriamiento
-	Run time
-	Presión de succión
-	Presión de descarga
-	Temperatura de succión
-	Corriente del compresor
-	Temperatura del aceite
-	Temperatura de entrada del refrigerante al enfriador

La mayoría de estas variables son medidas por cada una de las unidades de control local de cada sistema y son revisadas por el personal de mantenimiento únicamente cuando se presenta una falla en el sistema lo cual lleva generalmente a mantenimientos correctivos en los sistemas.

3.2.2 Variables a integrar.

Las variables nuevas incluidas en el sistema son algunas que son revisadas periódicamente o con las cuales se tienen inconvenientes regularmente, además de algunas centradas en el control del uso eficiente de energía.

Basados en las recomendaciones del fabricante y el personal de mantenimiento, así como en el funcionamiento de los sistemas de aire acondicionado, las variables a integrar son:

Tabla 13. Variables a integrar I.Q.

VARIABLES DE ESTADO	VARIABLES DE FUNCIONAMIENTO
On/off manejadoras de piso	Variables eléctricas del chiller
On/off ventiladores de extracción	Flujo de agua en tuberías
On/off bombas de agua	Flujo de aire en ductos
-	Temperatura de recinto*
-	Humedad relativa*

Tabla 14. Variables a integrar C.H.

VARIABLES DE ESTADO	VARIABLES DE FUNCIONAMIENTO
On/off manejadoras de piso	Variables eléctricas del chiller
On/off bombas de agua fría	Flujo de agua en tuberías
On/off bombas de agua de condensado	Flujo de aire en ductos
-	Temperatura de recinto*
-	Humedad relativa*

* Solo para recintos con ambientes controlados en los que alguno de estos parámetros debe estar en valores específicos.

3.3 ANÁLISIS DE LA INSTRUMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE A.A. HIDRÓNICO

Para seleccionar las características de los equipos que conformaran el sistema SCADA es necesario conocer el modo de adquisición de las variables medidas actualmente, así como un protocolo de comunicación que permita integrar estas variables y a su vez sea compatible para la adquisición de las nuevas.

Como los dos sistemas de aire acondicionado, el del edificio de Ingeniería Química y el del edificio de Ciencias Humanas, no son idénticos debemos especificar cada uno independientemente.

3.3.1 Sistema del edificio de ingeniería química.

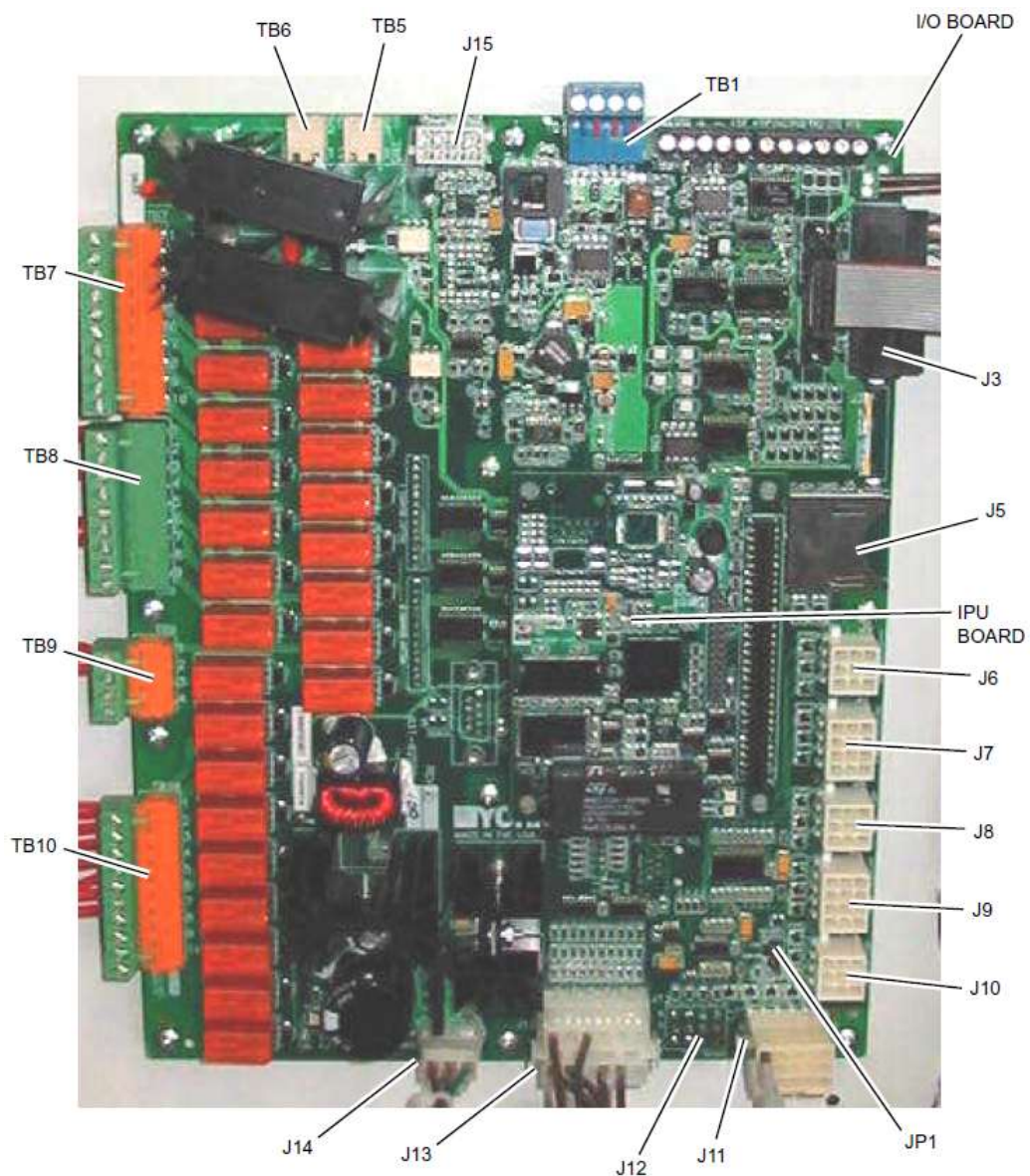
El chiller de este sistema de aire acondicionado cuenta con un modulo de control con el cual se puede tener acceso a los parámetros de funcionamiento y visualización de las variables medidas. Además permite la transmisión de datos mediante distintos protocolos de comunicación estándar, con los cuales se puede tener acceso a la información adquirida y modificar las variables de control del chiller.

3.3.1.1 Módulo de control. El sistema es controlado mediante una tarjeta YORK que cuenta con puertos de comunicación análogos y digitales, los cuales están distribuidos de la siguiente manera:

- Las entradas se asignan en los puertos J así:
 - ✓ De J6 a J11 Análogas y J13 Digitales
- Las salidas se distribuyen en los puertos TB así:
 - ✓ TB5 y TB6 Análogas y de TB7 a TB10 Digitales

Además brinda la posibilidad de comunicación mediante distintos protocolos y lenguajes de comunicación en los puertos TB1, TB2 Y TB3 los cuales se ampliarán mas adelante, es básicamente una RTU que controla toda la unidad de enfriamiento. A continuación se describirá en detalle los puertos de esta unidad remota.

Figura 52. Modulo de control del chiller I.Q..



Fuente: YORK, Installation, operation and maintenance manual P 130

Tabla 15. Entradas digitales del tablero de control I.Q.

J13-1	FUENTE NO REGULADA DE 30VDC
J13-2	INTERRUPTOR DE LA UNIDAD ON/OFF
J13-3	PWM DE CARGA LIMITE EN LA ETAPA 2
J13-4	CARGA LIMITE EN LA ETAPA 1
J13-5	INTERRUPTOR DE FLUJO DE ARRANQUE / PARADA REMOTO
J13-6	SPARE
J13-7	SELECCIÓN DE SISTEMA (JUMPER = SISTEMA UNICO, NO JUMPER = DOS SISTEMAS)
J13-8	CR1 (SYS 1 MOTOR PROTECTOR /ALTA PRESIÓN CUTOUT)
J13-9	CR1 (SYS 2 MOTOR PROTECTOR /ALTA PRESIÓN CUTOUT)

Tabla 16. Entradas análogas del tablero de control I.Q.

J7-10	SYS 1 TRANSDUCTOR DE PRESION DE SUCCION O SYS 1 INTERRUPTOR DE BAJA PRESION
J11-7 A J11-12	TIPO DE UNIDAD = CHILLER SIN SALTO DEL J4-6 A J4-11 UNIDAD DE CONDENSACION YCAL = SALTO DEL J4-6 A J4-11
J7-11	TRANSDUCTOR DE PRESION DE DESCARGA EN EL SISTEMA 1
J11-11	SPARE
J8-8	SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE A LA ENTRADA DEL ENFRIADOR (R-407C) SISTEMA 1
J10-8	SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE A LA ENTRADA DEL ENFRIADOR (R-407C) SISTEMA 2
J8-8	SENSOR DE TEMPERATURA DE SUCCION EN EL SISTEMA 1
J10-8	SENSOR DE TEMPERATURA DE SUCCION EN EL SISTEMA 2
J6-9	SENSOR DE TEMPERATURA AMBIENTE
J6-7	SENSOR DE TEMPERATURA DEL LIQUIDO A LA SALIDA DEL CHILLER
J6-8	SENSOR DE TEMPERATURA DEL LIQUIDO A LA ENTRADA DEL CHILLER
J9-10	TRANSDUCTOR DE PRESION DE SUCCION EN EL SISTEMA 2 O INTERRUPTOR DE BAJA PRESION
J9-11	TRANSDUCTOR DE PRESION DE DESCARGA EN EL SISTEMA 2
J7-12	VOLTS EN EL MOTOR SISTEMA 1
J9-12	VOLTS EN EL MOTOR SISTEMA 2
J15-3 & 7	SPARE
J15-4 & 8	SPARE

Tabla 17. Salidas digitales del tablero de control I.Q.

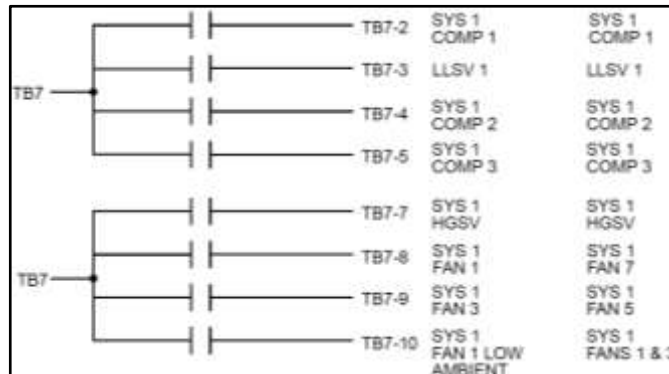
TB7-2	SYS 1 COMPRESOR 1
TB7-3	SYS 1 VALVULA SOLENOIDE O SOLENOIDE PILOTO EEV
TB7-4	SYS 1 COMPRESOR 2
TB7-5	SYS 1 COMPRESOR 3
TB7-7	SYS 1 VALVULA BYPASS DE GAS CALIENTE
TB10-2	SYS 2 COMPRESOR 1
TB10-3	SYS 2 VALVULA SOLENOIDE O SOLENOIDE PILOTO EEV
TB10-4	SYS 2 COMPRESOR 2
TB10-5	SYS 2 COMPRESOR 3
TB7-8	SYS 1 SENAL DE SALIDA DEL VENTILADOR DEL CONDENSADOR 1
TB7-9	SYS 1 SENAL DE SALIDA DEL VENTILADOR DEL CONDENSADOR 2
TB7-10	SYS 1 SENAL DE SALIDA DEL VENTILADOR DEL CONDENSADOR 3
TB10-8	SYS 2 SENAL DE SALIDA DEL VENTILADOR DEL CONDENSADOR 1
TB10-9	SYS 2 SENAL DE SALIDA DEL VENTILADOR DEL CONDENSADOR 2
TB10-10	SYS 2 SENAL DE SALIDA DEL VENTILADOR DEL CONDENSADOR 3
TB8-2	CALENTADOR DEL EVAPORADOR
TB8-3	ALARMA SYS 1
TB9-2	ALARMA SYS 2
TB8-6 & TB8-7	ARRANQUE BOMBA DEL EVAPORADOR
TB10-7	SYS 2 VALVULA BYPASS DE GAS CALIENTE

Tabla 18. Salidas análogas del tablero de control I.Q.

TB5-1 & 2	SYS 1 SENAL DE SALIDA DE LA EEV
TB6-1 & 2	SYS 2 SENAL DE SALIDA DE LA EEV

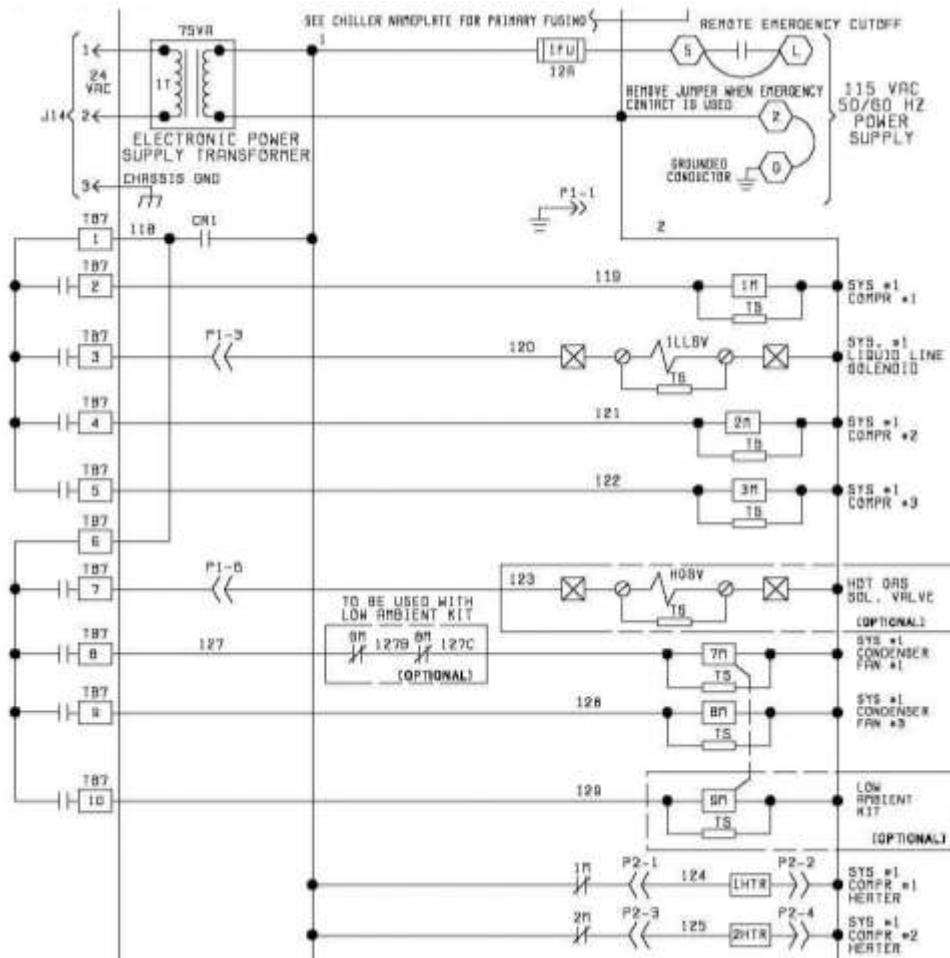
Las salidas a los contactos de los relés que actúan para la activación de los componentes del sistema van directamente desde este tablero de control, más específicamente desde las salidas digitales TB7 y TB10, cada pin en estos puertos envía una señal de activación al solenoide del relé. A continuación se muestra la configuración de los pines del puerto TB7 y el mapa de conexión para el sistema 1. TB10 tiene una configuración gemela a esta y se encarga de la activación del sistema 2.

Figura 53. Arquitectura de los contactos del tablero a los relés I.Q.



Fuente: YORK, Installation, operation and maintenance manual P 134

Figura 54. Conexiones eléctricas de los tableros del Sys1 I.Q.

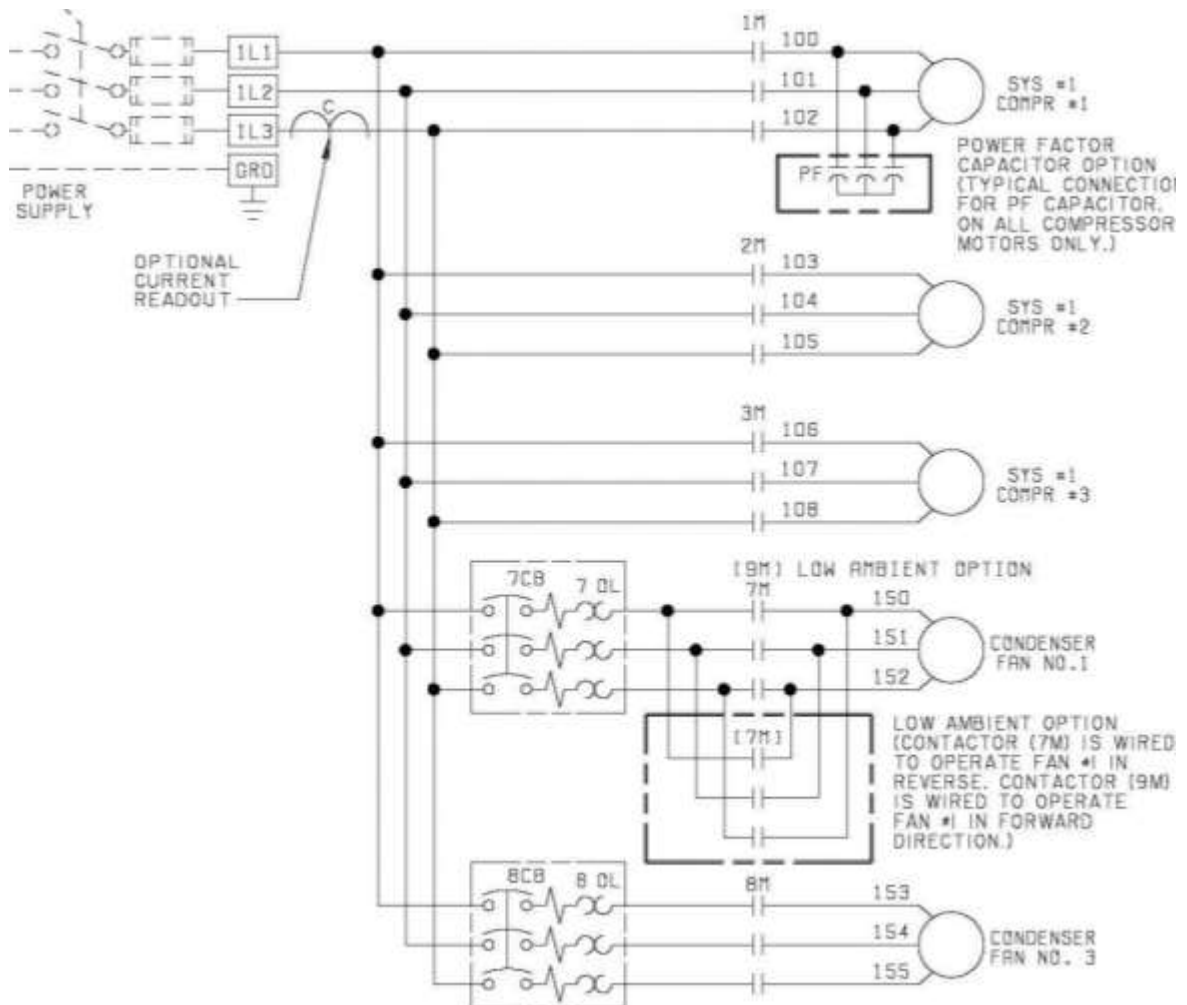


Fuente: YORK, Installation, operation and maintenance manual P 172

Cada uno de los pines del puerto TB7 activa o desactiva un sistema específico, tal y como lo muestra la figura anterior. Para ampliar un poco mejor estas conexiones eléctricas en la siguiente figura se presenta el diagrama de conexiones entre los pines del puerto TB7 y el tablero de activación de los componentes del sistema 1, donde 1M es el relés N°1 y se encarga encender el compresor 1, 2M el relés 2 y así sucesivamente cada uno de los relés.

Cada relé finalmente activa el sistema que le corresponde de la siguiente manera.

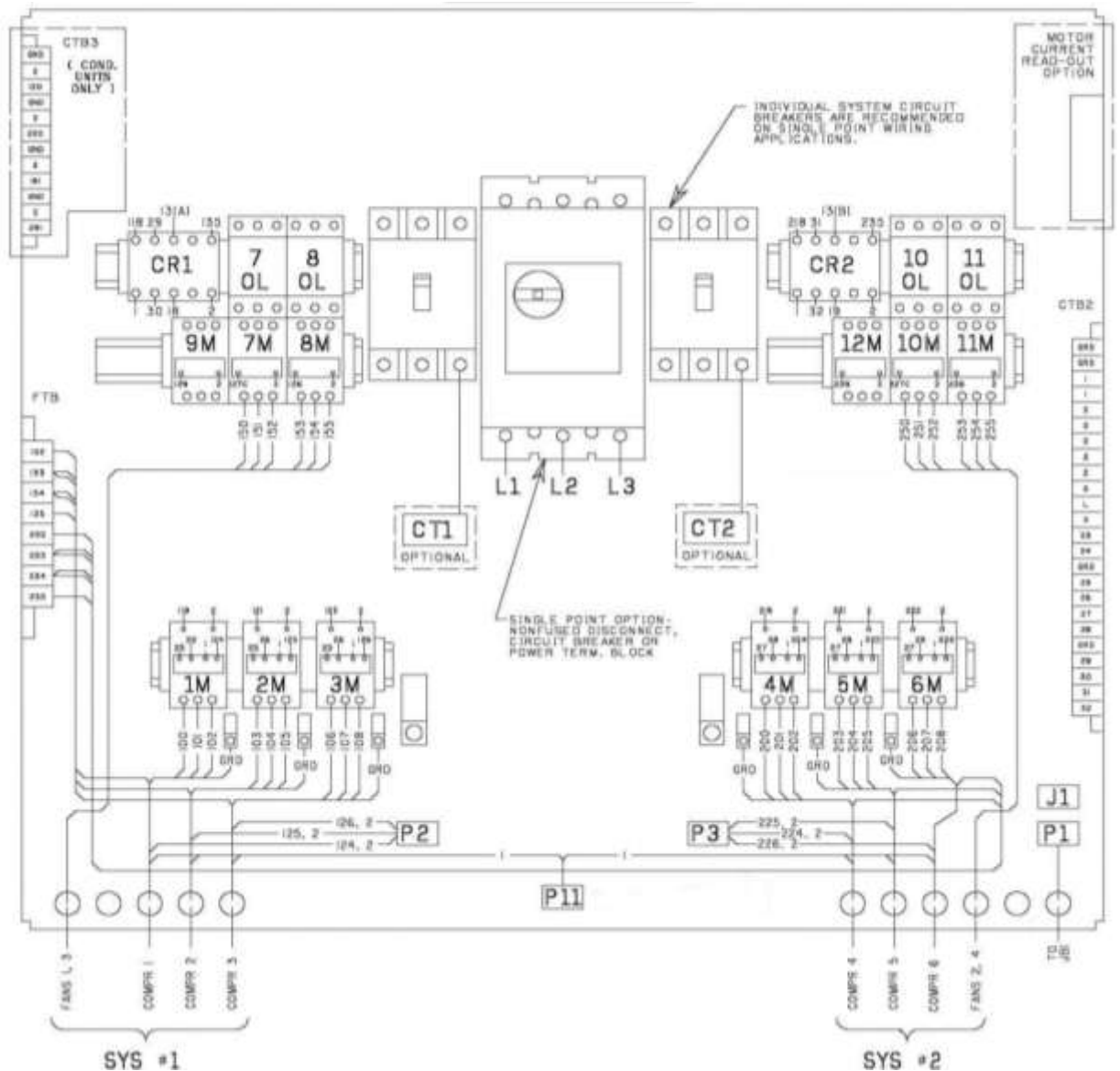
Figura 55. Diagrama del circuito eléctrico de los elementos del Sys1 I.Q.



Fuente: YORK, Installation, operation and maintenance manual P 174

Finalmente la configuración del panel de poder muestra las conexiones para los sistemas 1 y 2, donde los relés 9 y 12 son opcionales así como las partes de los circuitos con la notación opcional, debido a que se usan en calefacción, por esta razón nuestro sistema no cuenta con ellos.

Figura 56. Diagrama del panel de poder I.Q.



Fuente: YORK, Installation, operation and maintenance manual P 176

3.3.1.2 Protocolos de comunicación en el módulo de control. Los datos del tablero de comunicación YORK 031-02630-xxx w/ 031-02550 pueden ser leídos y en algunos casos modificados usando seriales de comunicación BACnet, Modbus o YORKTalk 2 network connection. Esta información permite la comunicación de los parámetros de funcionamiento del chiller, controlar y cambiar los set-points del sistema, las paradas y en general todo el control realizado directamente mediante el tablero de control.

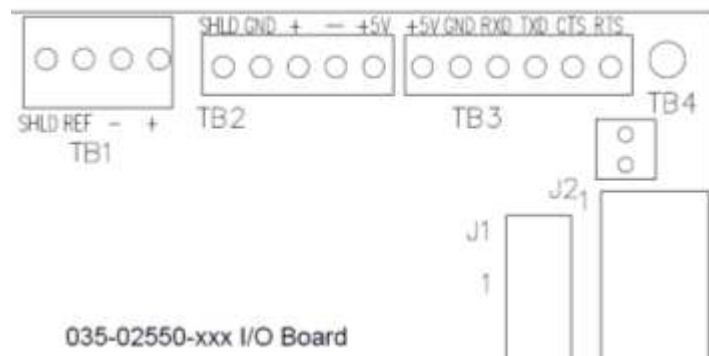
Las redes BACnet y YORKTalk 2 se comunican mediante el estándar de comunicación RS485 y son cableados en los terminales (+) y (-) de los terminales TB1 del puerto uno de comunicación.

La red Modbus se conecta mediante el estándar de comunicación RS232 o RS485 y se conectan mediante el puerto 2 de comunicación. La red Modbus es cableada en TB2 o TB3 de la siguiente manera:

- RS-485: Conectado en TB2: Red (-1) a TB2 (-1); Red (+1) a TB2 (+1)
- RS-232: Conectado en TB3: Red (RX) a TB3 (TXD); Red (TX) a TB3 (RXD); Red (GND) a TB3 (GND)

Todas estas conexiones referidas al micro panel del tablero de control.

Figura 57. Conexiones del micro panel I.Q..



Fuente: YORK, Installation, operation and maintenance manual P 143

De acuerdo al tipo de protocolo de comunicación la unidad de control puede ejercer como esclavo bajo la siguiente configuración de fábrica:

Tabla 19. Valores requeridos para el BAS de comunicación I.Q.

DESCRIPCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN	PROTOCOLO		
	BACnet MS/TP	Modbus RTU5	YorkTalk 2
MODIFICADOR DE DIRECCION	0 a 41943 ⁽³⁾	1	-1
MODIFICADOR DEL OFFSET	0 a 99 ⁽⁴⁾	0	N/A
P1 PROTOCOLO	BACNET	N/A	N/A
P1 DIRECCION MANUAL MAC	0 a 127 ⁽¹⁾	N/A	N/A
P1 RATA DE BAUDIOS	9600 to 76800 or Auto Selectable ⁽¹⁾	N/A	N/A
P1 PARIDAD	NO	N/A	N/A
P1 BITS DE PARADA	1	N/A	N/A
P2 PROTOCOLO	N/A	MODBUS SVR	N/A
P2 DIRECCION MANUAL MAC	N/A	0-127 ⁽¹⁾	N/A
P2 RATA DE BAUDIOS	N/A	19,200 ⁽²⁾	N/A
P2 PAR	N/A	NONE ⁽²⁾	N/A
P2 BIT DE PARADA	N/A	1	N/A
P1 HW BIT DE SELECCION	N/A	RS-485 or RS-232 ⁽¹⁾	N/A
REINICIAR ERROR EN TIEMPO REAL	N/A	N/A	N/A
P1 HW BIT DE SELECCION	N/A	N/A	N/A
CHILLER ID	N/A	N/A	0

(1) Es requerido por la red

(2) O lo requiere la red

(3) El número se multiplica por 100, es requerido por la red

(4) El número es añadido al modificador de dirección, es requerido por la red

(5) La versión del software de la unidad es C.MMC.13.03 o del protocolo requerido por MODBUS

Además el sistema posee una lista de errores en tiempo real que pueden ocurrir durante la configuración de la comunicación, la siguiente tabla describe cada uno de ellos.

Tabla 20. Numero de los errores en tiempo real I.Q.

NUMERO DEL ERROR	DESCRIPCIÓN
0	ALL OK
1	DATUM TYPE OK TEST FAILED
2	ENGLISH TEXT TOO LONG
3	FLOATING POINT EXCEPTION
4	GET PACKET FAILED
5	GET TYPE FAILED
6	INVALID UNIT CONVERSION
7	INVALID HARDWARE SELECTION
8	REAL TIME FAULT
9	SPANISH TEXT TOO LONG
10	THREAD EXITED
11	THREAD FAILED
12	THREAD STALLED
13	IO BOARD RESET
14	BRAM INVALID
15	BACNET SETUP FAILED

Los datos y registros del chiller pueden ser leídos y modificados usando direcciones de registro específicas de los protocolos BACnet o Modbus. Los datos asociados con estas direcciones y el mapa de comunicación general de estos protocolos se describen a continuación mediante las tablas suministradas por el fabricante. Ver Anexo C.

3.3.2 Sistema del Edificio de Ciencias Humanas.

Este chiller cuenta con un modulo de control de características similares al descrito anteriormente que también permite la transmisión de datos mediante distintos protocolos de comunicación estándar, con los cuales se puede tener acceso a la información adquirida y modificar las variables de control del chiller.

3.3.2.1 Módulo de control. El sistema es controlado mediante una tarjeta YORK que cuenta con puertos de comunicación análogos y digitales donde a las entradas se asignan en los puertos J y a las salidas se distribuyen en los puertos TB.

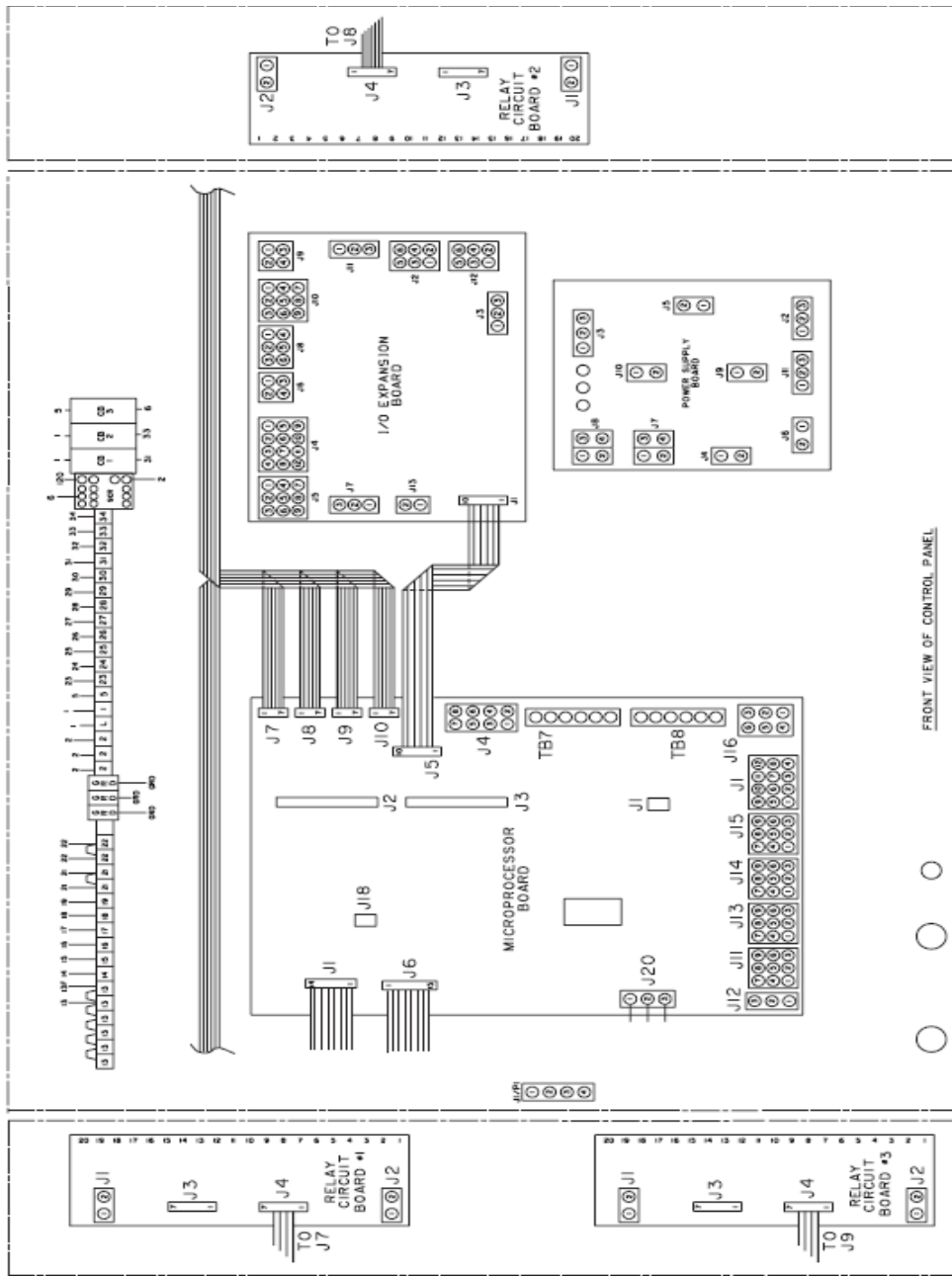
Figura 58. Modulo de control del chiller C.H.



Este sistema de control se divide en varios tableros, el tablero del microprocesador que controla el sistema, el tablero de expansión en el cual se tienen las entradas análogas y digitales de los sensores del proceso y los diferentes tableros de poder donde se encuentran ubicados los relés que activan los sistemas.

Estos tableros se comunican mediante cable ribbon como se muestra en el diagrama, tanto entre ellos como con el tablero de los relés. Todos los puertos J funcionan como entradas análogas o digitales de los sensores instalados en los dos sistemas del chiller

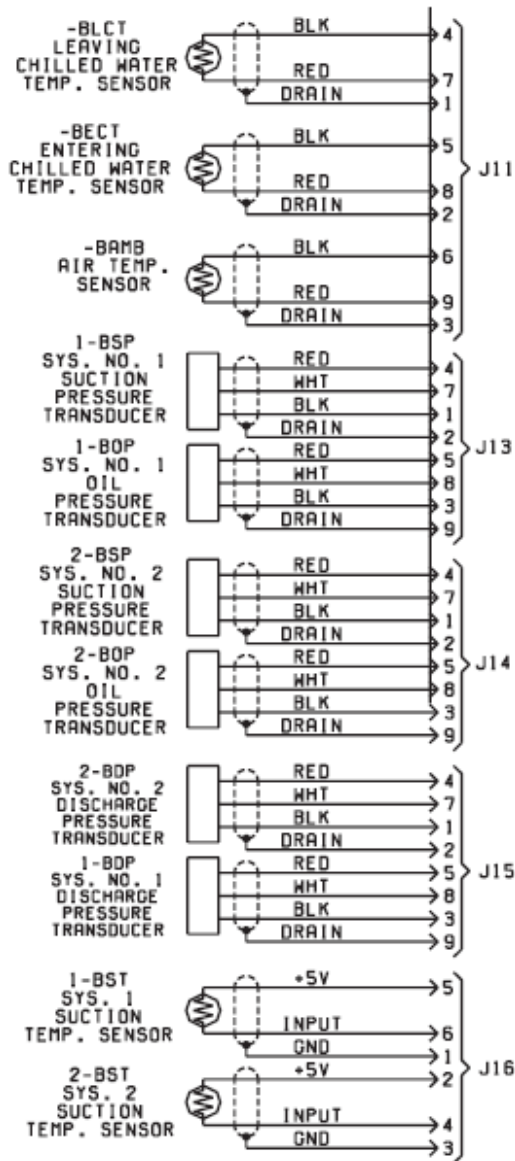
Figura 59. Esquema del modulo de control C.H.



Fuente: YORK, Installation, operation and maintenance manual P 26

Los sensores y transductores instalados en el sistema tienen su conexión en los puertos J11 a J16 como se muestra a continuación:

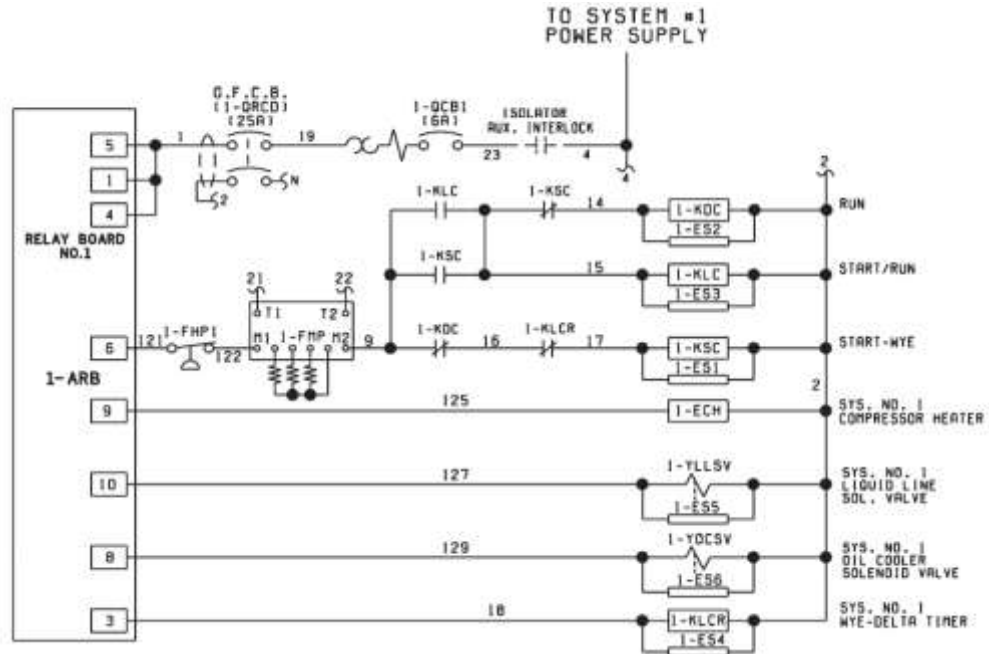
Figura 60. Conexión de sensores chiller C.H.



Fuente: YORK, YCWS Water Cooled Liquid Chiller, P 45

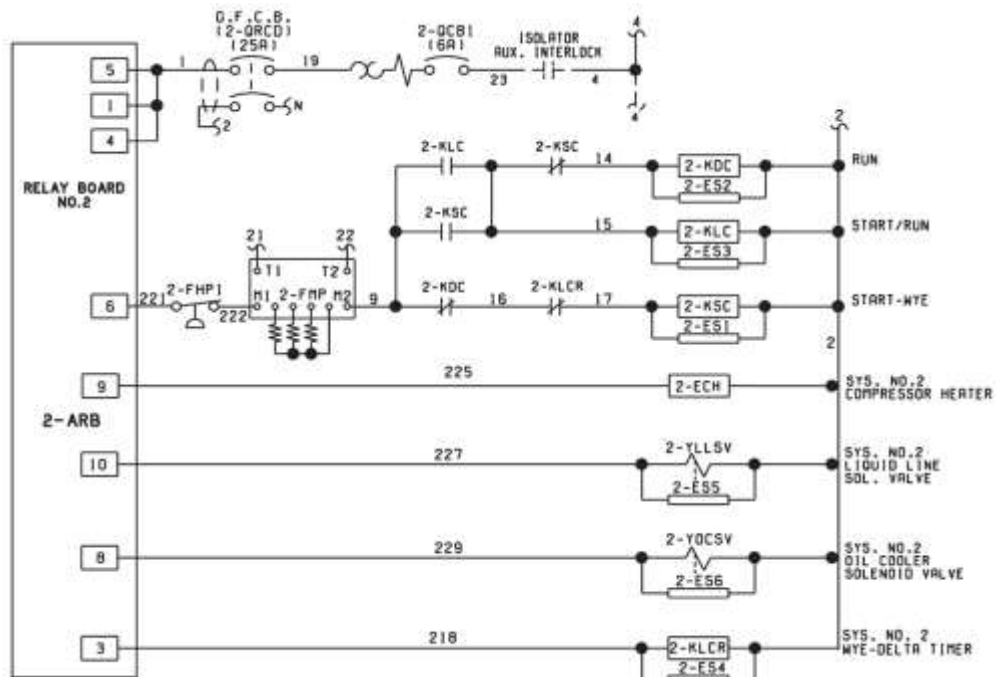
Las salidas a los contactos de los relés que actúan para la activación de los componentes enviando una señal de activación al solenoide del relé 1-ARB (sistema 2) y 2-ARB (sistema 2). A continuación se muestra el mapa de conexión para cada sistema.

Figura 61. Conexiones eléctricas de los tableros del Sys1 C.H.



Fuente: YORK, YCWS Water Cooled Liquid Chiller, P 44

Figura 62. Conexiones eléctricas de los tableros del Sys2 C.H.

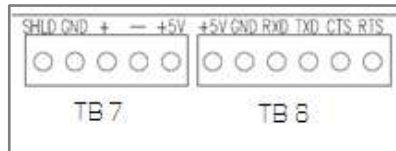


Fuente: YORK, YCWS Water Cooled Liquid Chiller, P 45

3.3.2.2 Protocolos de comunicación en el módulo de control. Igual que el sistema de Ingeniería Química se puede comunicar por Modbus y actuar como una RTU mediante los puertos seriales TB7 y TB8, usando el estándar de comunicación RS232 o RS485 y se conectan mediante el puerto 2 de comunicación. La red Modbus es cableada en TB7 o TB8 de la siguiente manera:

- RS-485: Conectado en TB7: Red (-1) a TB7 (-1); Red (+1) a TB7 (+1)
- RS-232: Conectado en TB8: Red (RX) a TB8 (TXD); Red (TX) a TB8 (RXD); Red (GND) a TB8 (GND)

Figura 63. Conexiones del micro panel C.H.



La unidad de control puede ejercer como esclavo bajo la siguiente configuración:

Tabla 21. Valores requeridos para el BAS de comunicación C.H.

DESCRIPCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN	PROTOCOLO	
	BACnet MS/TP	Modbus RTU5
MODIFICADOR DE DIRECCION	0 a 41943 ⁽³⁾	1
MODIFICADOR DEL OFFSET	0 a 99 ⁽⁴⁾	0
P1 PROTOCOLO	BACNET	N/A
P1 DIRECCION MANUAL MAC	0 a 127 ⁽¹⁾	N/A
P1 RATA DE BAUDIOS	9600 to 76800 or Auto Selectable ⁽¹⁾	N/A
P1 PARIDAD	NO	N/A
P1 BITS DE PARADA	1	N/A
P2 PROTOCOLO	N/A	MODBUS SVR
P2 DIRECCION MANUAL MAC	N/A	0-127 ⁽¹⁾
P2 RATA DE BAUDIOS	N/A	19,200 ⁽²⁾
P2 PAR	N/A	NONE ⁽²⁾
P2 BIT DE PARADA	N/A	1
P1 HW BIT DE SELECCION	N/A	RS-485 or RS-232 ⁽¹⁾
REINICIAR ERROR EN TIEMPO REAL	N/A	N/A
P1 HW BIT DE SELECCION	N/A	N/A

(1) Es requerido por la red

(2) O lo requiere la red

(3) El número se multiplica por 100, es requerido por la red

(4) El número es añadido al modificador de dirección, es requerido por la red

(5) La versión del software de la unidad es C.MMC.13.03 o del protocolo requerido por MODBUS

Para este sistema el fabricante no proporciona los mapas de datos del protocolo BACnet por lo cual se debe realizar un registro de objetos para cada una de las variables a medir, esto se debe realizar a la hora de programar la RTU de este sistema.

3.3.2.3 Instrumentación de campo. Para medir las variables a integrar en el sistema se debe implementar algunos sensores los cuales no deben interferir con el funcionamiento del sistema y deben operar en las condiciones normales de funcionamiento de los sistemas de aire acondicionado. Cada uno de estos sensores debe cumplir con ciertas características técnicas y se comunicaran directamente con la unidad remota del edificio.

- **Sensores on/off** : Estos sensores actuaran como contactares que indiquen si el circuito del motor eléctrico en el que se instalen se activa o desactiva. Deben proporcionar salidas de entre 0 y 5, 15 o 24 Voltios según la unidad remota que se escoja.
- **Sensor de flujo:** Para saber si el sistema de distribución de agua funciona de manera correcta, además de conocer si los motores de las bombas están encendidos, se debe asegurar que exista el flujo a través de las tuberías en las cuales se instale. Estos sensores deben ser cableados para activar una señal de alarma en la ausencia de flujo.
- **Sensor de temperatura:** En recintos específicos se requiere sensores que indiquen la temperatura del recinto mediante una señal de voltaje proporcional a la temperatura, sin realizar ningún control. El dispositivo debe manejar rangos de 10 a 30°C.

- **Sensor de humedad:** Este tipo de sensor estará ubicado en aquellos recintos donde se requiera conocer y controlar las condiciones ambientales de confort humano o manejo de procesos. Deben ser de una buena precisión y funcionar a temperaturas entre 20 y 30°C.
- **Variables eléctricas:** Estas variables deben ser medidas por un dispositivo que soporte tensiones hasta de 165 V entre fase y neutro, y soportar corrientes de hasta 300. Debe presentar un puerto de comunicación mediante un bus de datos.

3.3.3 Unidades remotas.

Las unidades remotas para el sistema SCADA deben poder utilizarse como maestros Modbus RTU para comunicarse con los módulos de control YORK de ambos edificios y presentar una interfaz Ethernet para comunicarse con el switch del edificio y posteriormente con la unidad maestra.

A nivel de entradas y salidas estos equipos deben presentar por lo menos 2 entradas analógicas y 12 entradas digitales para las conexiones necesarias de la instrumentación de campo.

Como tanto los módulos de control como la unidad maestra tienen un control del proveedor Johnson Controls, sería recomendable la elección de una unidad con este mismo sistema de control, aunque no es indispensable, siempre y cuando cumpla con el protocolo de comunicación BACnet se podrá comunicar con todo el sistema.

4. ESTRUCTURA DEL SISTEMA SCADA

Los sistemas SCADA buscan primordialmente la adquisición de datos de un proceso por medio de unidades remotas conectadas a sensores, estos datos son almacenados en una base de datos ubicada en una unidad central, la cual se comunica con las unidades remotas. Los datos son presentados a los usuarios por medio de una interfaz, en donde se puede visualizar el estado del proceso así como tomar acciones de control, a continuación se describirá el modelo planteado para el diseño del sistema SCADA en la UIS.

4.1 REDES DE COMUNICACIÓN

Para la transferencia de información desde el punto donde se realizan las operaciones, hasta el centro donde se supervisa y controla el proceso, es necesario definir aspectos claves en la red, tales como su arquitectura, su topología y los protocolos de comunicación para la transmisión de datos en el sistema, teniendo en cuenta la infraestructura existente en la universidad se plantea un diseño centralizado con una topología tipo BUS, comunicado mediante el protocolo BACnet. En este capítulo se explicará el modelo del diseño planteado.

4.1.1 Definiciones

- **ETHERNET:** Es un protocolo de nivel de enlace para redes de área local LAN basado en datagramas y definido en el estándar IEEE 802.3, de comunicaciones entre iguales en el que no hay un control centralizado y todas las estaciones son tratadas por igual. El protocolo original se basa en una topología de bus con medio compartido, es decir, varias estaciones que pueden enviar datos al mismo tiempo.

- **CSMA/CD:** Carrier Sense Multiple Access/Colision Detect. Es el mecanismo de control de colisiones de Ethernet. Se basa en escuchar si el medio esta libre para empezar a transmitir y asegurarse que la señal transmitida no es alterada por otra señal.
- **REPETIDORES Y CONCENTRADODRES (HUBS):** Los repetidores son componentes que actúan a nivel físico y sirven para ampliar el alcance de la red. Simplemente repiten (amplían/regeneran) la señal recibida sin actuar a nivel lógico, esto es, sin realizar ningún control o análisis de la misma y sin aislar segmentos de red. Algunos permiten cambiar de medio físico más no de velocidad.

Los concentradores (hubs) son repetidores con varios puertos. Un concentrador simula un único segmento Ethernet entre todas las estaciones que se conectan a el. Como cualquier otro repetidor actúa a nivel físico transmitiendo las tramas que se reciben en un puerto a todos los puertos restantes.

- **PUNTES Y CONMUTADORES:** Los puentes (bridges) son nodos que unen dos o mas redes a nivel de enlace de datos y permiten ampliar las distancias de la red, separar dominios de colisión y aislar trafico innecesario, cambiar de protocolo de nivel de enlace entre dos redes, cambiar de velocidad. Los conmutadores (Switches) son puentes de múltiples puertos con circuitos integrados específicos de aplicación.

4.1.2 Redes de comunicación de la UIS.

La Universidad Industrial de Santander cuenta con una red LAN de datos denominada Canarias a la cual acceden computadores personales, portátiles, servidores, impresoras y equipos propios de red como son lo Switches, Routers y Hubs.

Físicamente la red esta constituida por un centro de cableado principal, enlaces de fibra óptica entre cada una de sus sedes (Campus universitario, Salud, Guatiguara y la sede Bucaríca).

La estructura de red de la UIS es la de una estrella extendida configurada con Switch central BLACK DIAMOND 8806 de chasis multi-protocolo y multi-capa con una capacidad de procesamiento de 384Gbps. También cuenta con un dispositivo emergente que cumple la labor de distribución de paquetes de datos a través de los diferentes edificios en lo que se encuentra distribuida la red.

El centro de cableado principal esta ubicado en las dependencias de la planta telefónica de la universidad que corresponde geográficamente al centro del campus universitario aproximadamente lo que nos garantiza la optimización de las distancias de tendido de fibra óptica a cada uno de los centros de cableado de los edificios.

Todos los edificios del campus cuentan un centro de cableado, un Switch para la interconexión con el principal, cuya conexión se realiza a través de fibra óptica, Fast-Ethernet o Giga bit-Ethernet para la conexión de concentradores de red, servidores, y estaciones de trabajo que se encuentran en cada uno de los edificios.

Basados en esta descripción de la red de datos de la universidad, se puede indicar que la manera más sencilla de realizar la comunicación para los sistemas SCADA para los sistemas de aire acondicionado aprovechando la estructura física existente.

CENTIC. Para describir el sistema de la sala de control que tiene el CENTIC, se debe tener claro que es una red LAN independiente de la red de la universidad,

utilizada para el monitoreo de los diferentes dispositivos instalados en el edificio tales como sistema A.A, cámaras de seguridad, sistemas contra incendios y otros.

4.2 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

En los sistemas de control distribuido los diferentes elementos de una arquitectura dada interactúan entre sí mediante el intercambio de mensajes con un formato o trama definida, bien a través de cables de pares trenzados, con corrientes portadoras sobre la misma red de baja tensión, vía radio frecuencia, fibras ópticas, cable coaxial, etc. A continuación se presenta una breve descripción de los protocolos comúnmente utilizados para implementar una red de control distribuido.

4.2.1 Modbus.

El protocolo Modbus es un protocolo de comunicación desarrollado por Modicon para su gama de PLC's en 1979, diseñado para establecer una comunicación de tipo maestro-esclavo/cliente-servidor, es decir, los dispositivos esclavos responden a la solicitud o realizan la acción requerida por el dispositivo maestro. Un esclavo es un dispositivo periférico (transductor I/O, válvula u otro dispositivo de medición), que procesa la información y envía la salida al maestro utilizando Modbus como protocolo para comunicarse. Los maestros se pueden dirigir a esclavos individualmente, o pueden enviar un "Broadcast" para que llegue a todos los esclavos. Modbus se ha convertido en un protocolo de comunicación estándar en la industria y es el que goza de mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos en el sector manufacturero.

4.2.2 BACnet.

Es un protocolo norteamericano para la automatización de edificios y redes de control que fue desarrollado bajo el patrocinio de la asociación norteamericana de

fabricantes e instaladores de equipos de calefacción y aire acondicionado, mas adelante se muestra detalladamente la estructura de este protocolo.

4.2.3 LONTALK.

Pertenece a la plataforma Lonworks, fue creado por la compañía Echelon en el año 1993. Desde entonces multitud de empresas vienen usando esta tecnología para implementar redes de control distribuidas y automatización. Aunque esta diseñada para cubrir los requisitos de la mayoría de las aplicaciones de control, solo ha tenido éxito de implementación en edificios de oficina, hoteles o industrias.

El éxito que ha tenido Lonworks en instalaciones profesionales se debe a que desde su origen ofrece una solución con arquitectura descentralizada, punto a punto, que permite distribuir la inteligencia entre los sensores y los actuadores instalado en la industria y que cubre desde el nivel físico al nivel de aplicación de la mayoría de los proyectos de redes de control.

4.2.4 TCP/IP.

Proviene de los nombres de dos protocolos importantes del conjunto de protocolos, es decir, del protocolo TCP y del protocolo IP. TCP/IP mas que un protocolo es un conjunto de protocolos que definen una serie de reglas y primitivas que permiten a maquinas con distintas características intercambiar información mediante el uso de redes área local (LANs) redes de área extensa (WAN), redes publicas de telefonía, etc. Por ejemplo, Internet en si mismo esta constituido sobre el protocolo TCP/IP. Al contrario de la arquitectura de siete niveles especificada en el modelo OSI, con TCP/IP basta con cinco niveles, estos son de forma muy resumida: Nivel físico, Nivel de enlace, Nivel de red (IP), Nivel de transporte y Nivel de aplicación.

4.3 PROTOCOLO BACnet

El diseño del sistema se plantea en base a este protocolo debido a que es un estándar de comunicación y a que muchos de los módulos de control, switch de datos y unidades remotas existentes se basan en él. Para entender el porqué del protocolo y su implementación se describirá un poco más a fondo.

4.3.1 Generalidades.

BACnet es un protocolo abierto de comunicación de datos para edificios inteligentes y redes de control (Building Automation and Control networks). Fue desarrollado por el organismo norteamericano ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration, and Air Conditioned Engineers) y su objetivo es el manejo de aplicaciones de control en sistemas de automatización de edificios tales como sistemas de control de aire acondicionado, iluminación, seguridad y de detección y supresión de fuego. Actualmente, es un estándar de la ANSI y de la ISO.

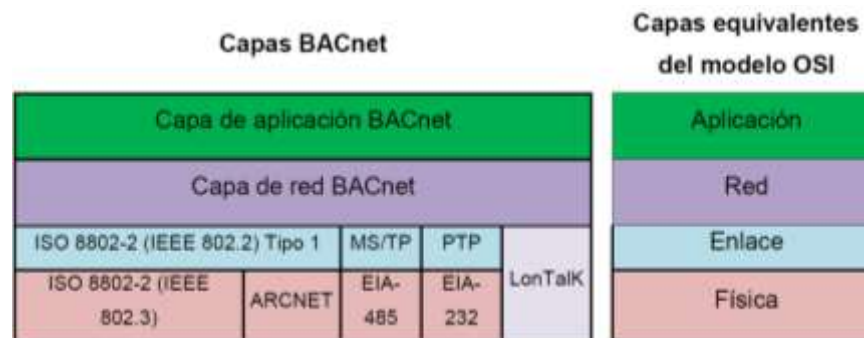
Este protocolo surgió debido a la necesidad de crear un estándar que permitiera la comunicación de sistemas de control de diferentes proveedores. Dicha necesidad apareció ante la imposibilidad de reunir bajo un mismo sitio sistemas de control de distintos vendedores lo que ocasionaba grandes costos y en algunas ocasiones pérdida de materiales y equipos. En vista de estas situaciones, ASHRAE inició el desarrollo de un protocolo industrial estándar para la comunicación de los sistemas de control en edificios.

El diseño y la configuración interna de los dispositivos BACnet es propiedad del fabricante que la desarrolla, pero BACnet supera este obstáculo definiendo una estructura de datos como se explica a continuación.

4.3.2 Arquitectura del protocolo.

El protocolo de comunicación BACnet fue creado usando como guía el modelo OSI, removiendo funcionalidades y capas que no eran requeridas en un entorno de comunicaciones de edificios inteligentes y ambientes industriales. Se habla de una arquitectura colapsada en el que solo participan cuatro de las capas del modelo OSI, como se aprecia en la Figura 64.

Figura 64. Arquitectura colapsada de BACnet.



Como se puede apreciar las capas superiores del protocolo (red y de aplicación) brindan una interfaz uniforme a las múltiples opciones planteadas tanto en la capa de enlace como en la capa física, la idea principal al brindar estas múltiples opciones no fue otra que ofrecer un rango tanto en precio como desempeño permitiendo al diseñador del sistema optimizar la arquitectura e implementar la mejor que se adapte al sistema.

4.3.3 Capa de aplicación del protocolo BACnet.

La capa de aplicación de BACnet esta constituida por la capa de aplicación más algunas funcionalidades de las capas de presentación y de transporte del modelo OSI. La clave para la comprensión de esta capa es pensar en dos elementos que aunque separados guardan una relación muy cercana, un objeto y un servicio.

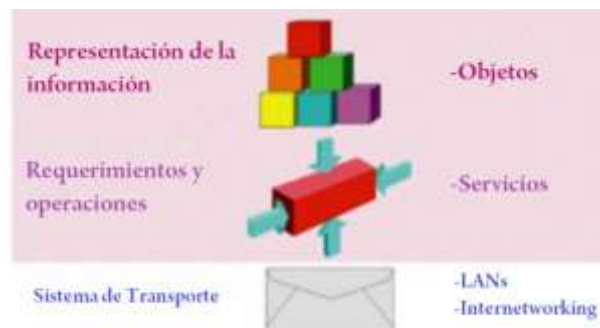
Un objeto BACnet representa una información física o virtual de control y parámetros. La norma BACnet define 25 tipos de objetos. Cada objeto es identificado por una propiedad llamada Identificador de Objeto que codifica la instancia y el tipo de objeto en un número binario de 32 bits.

Un servicio de BACnet representa características o informaciones de un objeto BACnet. Es un grupo de funciones o servicios usados para acceder e intercambiar esta información con otros elementos. El acceso al servicio puede ser definido como solamente lectura o escritura/lectura. En total son 37 los servicios que constituyen los medios por los cuales un dispositivo BACnet adquiere información de otro dispositivo, comanda otro dispositivo para realizar algunas acciones, o anuncia a uno o más que algún evento ha ocurrido; estos servicios son agrupados en seis categorías:

- Alarma y eventos;
- Acceso a objetos;
- Terminal virtual;
- Acceso de archivos;
- Seguridad;
- Gestión del equipo;

Una visión global de la filosofía planteada se describe en la siguiente figura:

Figura 65. Estructura general de BACnet.



4.3.4 Capa de red del protocolo BACnet.

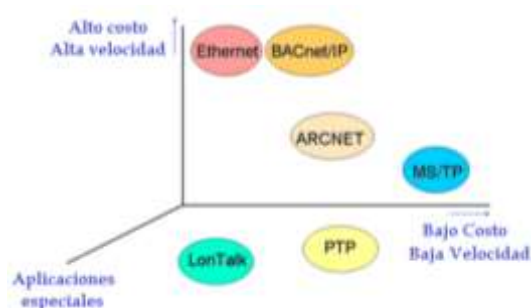
Dado que BACnet permite el uso de varios tipos de interfaces físicas y métodos de enlace de datos la capa de red debe ser capaz de brindar soporte a todas y cada una de estas opciones, en el lenguaje de BACnet cada uno de los segmentos de red que implementa alguna de las diferentes opciones es considerado una red separada la capa de red debe actuar y encargarse de interconectar todas estas pequeñas redes.

Así mismo BACnet puede usar las redes IP para enviar y recibir mensajes, existen dos tipos de mensajes para la comunicación: unicast y Broadcast. Unicast mensajes de un controlador a otro y Broadcast de un controlador a todos los controladores en la red

4.3.5 Capa de enlace de datos e interfaz del protocolo BACnet.

Tal como se ha mencionado el protocolo BACnet exhibe gran flexibilidad en este aspecto, muchas de las soluciones que implementan BACnet usan la típica jerarquía encontrada en los sistemas de automatización de edificios debido a que dos o mas buses se implementan de manera simultanea. A continuación se muestra una grafica que resume todas las posibilidades a usar así como algunas de sus características

Figura 66. Redes de comunicación BACnet



El protocolo BACnet define seis tipos de redes de comunicación para transporte de mensajes BACnet, el tipo de red define la capa física y de enlace. Los seis tipos de redes son:

- BACnet ARCnet;
- BACnet Ethernet;
- BACnet Lontalk;
- BACnet MS/TP;
- BACnet Point-to-Point;
- BACnet IP.

4.4 UNIDAD CENTRAL MTU

Para la implementación del sistema SCADA en la universidad se tomara como central de mando y monitoreo el CENTIC, ahí se llevara acabo el manejo de la red y estará ubicada la MTU. Para todo el manejo de la red y el monitoreo del nuevo sistema se debe plantear un modo de comunicación que no genere inconvenientes a las operaciones que actualmente realiza la sala de control del CENTIC.

Con relación a la parte administrativa de la red LAN de la universidad, se trato el tema con la división de servicios de información para la adjudicación de los puertos en los Switches que estarían involucrados, para la creación de la LAN virtual dinámica (VLAN), la cual será la mejor manera de garantizar la comunicación y seguridad que se requiere para la integración.

La unidad central de monitoreo esta completamente definida debido a que se usaran los elementos ya existentes en el CENTIC, estos elementos tienen toda la capacidad necesaria para la integración de los sistemas SCADA de los aires

acondicionados del campus universitario, en esta central se reconocen tres elementos principales:

- El switch central
- El servidor de datos
- Recursos de red

4.4.1 Switch Core Duo.

El switch central de la universidad es el encargado de direccionar el tráfico de información. También provee una alta velocidad de transmisión de datos, este switch maneja los paquetes tan rápido como sea posible, el core es crítico en la capa de conectividad, dado a que maneja alto nivel de disponibilidad y debe adaptarse a los cambios que sufra la red de manera inmediata.

Figura 67. Switch core BD 8806



Fuente. Disponible online en <<http://www.extremenetworks.com/libraries/products>>

El Black Diamond 8806 soporta una amplia gama de capa 2-4 características de cada puerto. Posee una conexión de red de alto rendimiento, utilizada para conectar PCs y teléfonos IP en la capa de acceso o la interconexión de servidores en un cluster, esto solo es útil si también es de alta disponibilidad.

Esta serie core BD 8806 de conmutación modular incorpora redundancia de hardware amplia y un sistema operativo modular que apoya la recuperación del sistema y actualizaciones de aplicaciones sin necesidad de reiniciar el sistema, así como protocolos de red que proporcionan la recuperación de la red requerida por las aplicaciones convergentes.

Tabla 22. Características Switch core BD 8806.

<p>Alta disponibilidad</p>	<p>Esta serie logra la disponibilidad de voz mediante la combinación de software altamente resistente y hardware redundante. Extreme XOS aumenta dramáticamente la disponibilidad de la red mediante el control de procesos independientes del sistema operativo en tiempo real. Si cualquiera de estos procesos no responde, o deja de correr, se reiniciara automáticamente</p>
<p>Facilidad de gestión</p>	<p>Extreme-Networks ha desarrollado herramientas que le permiten ahorrar tiempo y recursos en la gestión de la red. La capacidad del puerto universal permite la configuración automática de los teléfonos VoIP, por ejemplo, proporcionando simplicidad en la gestión de cambios en la red. EPICenter proporciona funciones de fallas, configuración, contabilidad, rendimiento y seguridad, permitiendo una gestión eficaz de Extreme Networks de múltiples capas y equipos de comunicación en una red convergente.</p>
<p>Autenticación de usuarios</p>	<p>Esta serie permite la autenticación de usuarios y comprobar la integridad del host para hacer cumplir las políticas de admisión y el uso de puertos dedicados y compartidos en el borde de la red. En el caso de un ataque, los administradores de red pueden configurar dinámicamente los interruptores para cerrar las vulnerabilidades, robustecer la red sin necesidad de apagar el funcionamiento de la red misma. También proporciona un mecanismo flexible para los administradores de red para personalizar el flujo de tráfico. El Access Control Lists (ACL) configurado en el interruptor puede redirigir los paquetes fuera de su ruta normal a otro puerto del switch físico. Los paquetes son seleccionados de acuerdo a sus condiciones iniciales y a la clase de servicio, VLAN, las direcciones IP, protocolo, numero de puertos u otros criterios.</p>
<p>Conectividad de alto rendimiento</p>	<p>La serie soporta hasta 2352 puertos de 1 Giga bit o hasta 582 puertos de 10 Giga bit Ethernet.</p>
<p>Gestión integral de seguridad</p>	<p>Cuando se combinan las soluciones Extreme Networks y la seguridad Sentiari EPICenter herramienta de gestión, le permite adoptar una estrategia de defensa en profundidad en la protección de su red en múltiples niveles.</p>
<p>Protección de inversiones</p>	<p>Con una amplia gama disponible de módulos E/S y de gestión, los Switches de la serie BD 8800 proporcionan una protección sin precedentes se inversión durante la vida útil del producto. Las generaciones pasadas y actuales de los módulos son compatibles con cualquier chasis de la serie BD 8800.</p>

4.4.2 Servidor de datos (ADS).

Siendo principalmente el operador o mejor llamado el director del sitio el ADS permite desde una interfaz de usuario muy amigable, mediante diagramas elaborados de cada sistema o de todo el sistema al mismo tiempo, monitorear cada uno de los dispositivos instalados. De igual manera el ADS posee características técnicas, que se ampliarán en la siguiente tabla.

Tabla 23. Características del ADS.

Compatibilidad con los estándares y tecnologías de internet	Puede ser instalado en la infraestructura existente dentro de una empresa o edificio y es compatible con los servidores estándar de la industria
Asegura el acceso de usuarios	Autentica los usuarios y da privilegios, además autoriza el acceso para la integridad del sistema
Sistema de navegación flexible y gráficos dinámicos del usuario	Permite la personalización de la presentación del sistema para diferentes usuarios y así mejorar la información, el acceso y facilitar el funcionamiento del sistema.
Alarma y gestión de eventos	Mensajes de rutas de eventos para el diagnóstico y respuesta rápida de cualquier avería. Crea una pista de auditoría para un posterior análisis detallado.
Tendencia a largo plazo de almacenamiento de datos	Permite el análisis de la construcción de desempeño de los sistemas para identificar oportunidades de mejoras en la eficiencia y el desarrollo de estrategias de predicción.
Sistema opcional de información y fundamentos de energía	Ofrece una interfaz de usuario de inicio de sesión por separado y para el funcionamiento y visualización de informes de la configuración del sistema, el rendimiento, el uso de energía, demanda y costo.

4.4.3 Recursos de red y conectividad del sistema.

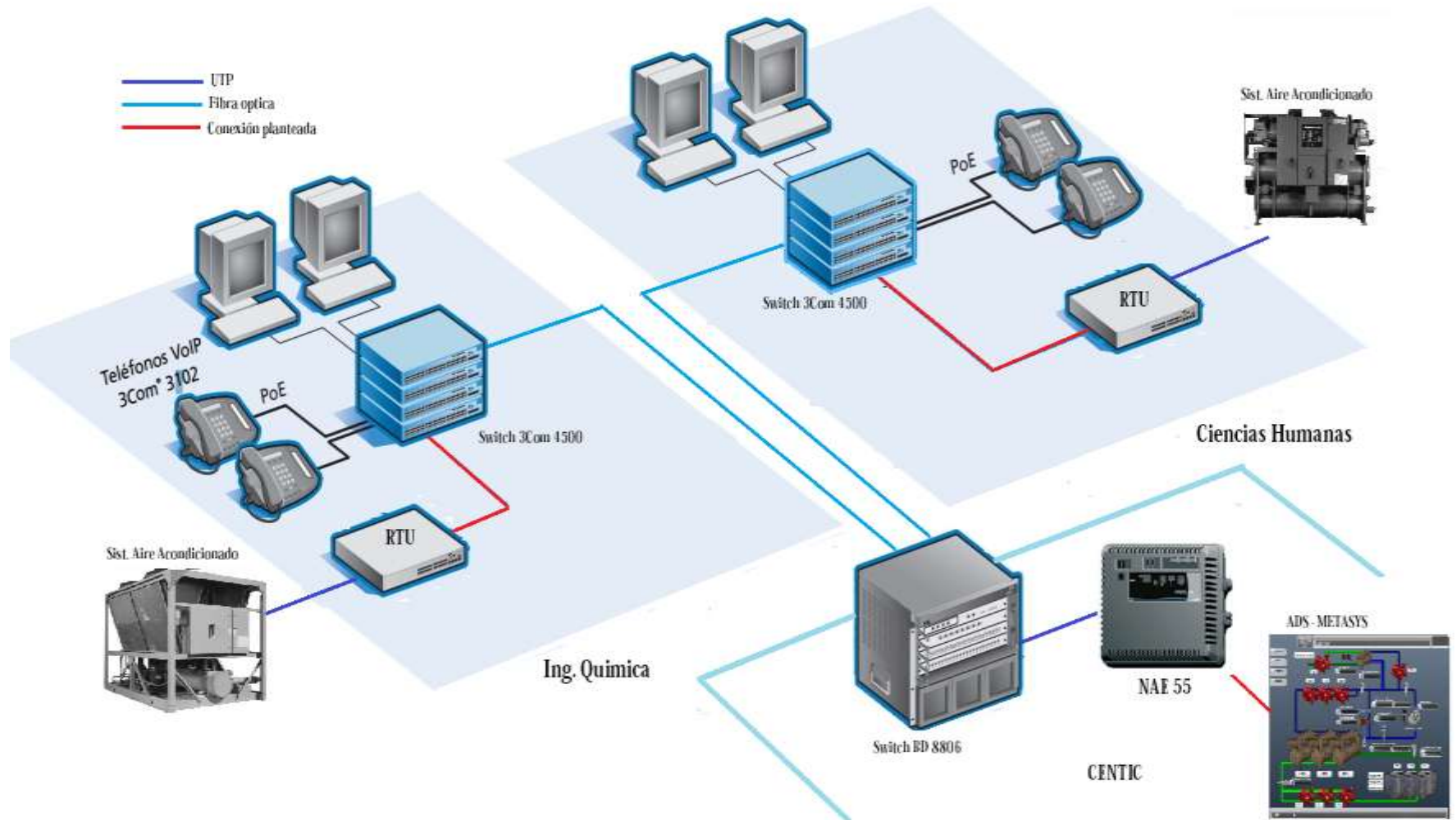
Para la integración del sistema a la unidad central se debe seguir el siguiente orden de conectividad.

- Adquisición de datos tanto de la unidad de control existente como de los nuevos parámetros involucrados en el sistema por medio de una RTU que cumpla con los parámetros de comunicación del protocolo BACnet.
- Realizar una conexión física entre esta RTU y el switch 3com de cada edificio para poder tener acceso a la red LAN de la universidad.
- Realizar la conexión física entre el servidor ADS de la sala de control y el switch del CENTIC que da acceso a la red LAN de la universidad.
- Crear un VLAN exclusiva, en la cual se hará el direccionamiento desde los edificios hacia la sala de control del CENTIC.

La creación de una VLAN dinámica se debe a la importancia de crear redes lógicamente independientes dentro de una misma red física y así mantener la red fuera de alcance de cualquier ataque desde la intranet. La configuración de las VLAN se realiza mediante software en lugar de hardware, lo que las hace extremadamente flexibles.

La arquitectura centralizada del sistema planteado, faltando las especificaciones de la RTU y conectividad de cada edificio (las cuales se ampliarán en el siguiente capítulo) se ve ilustrada en la Figura 68.

Figura 68. Diagrama de conexión general



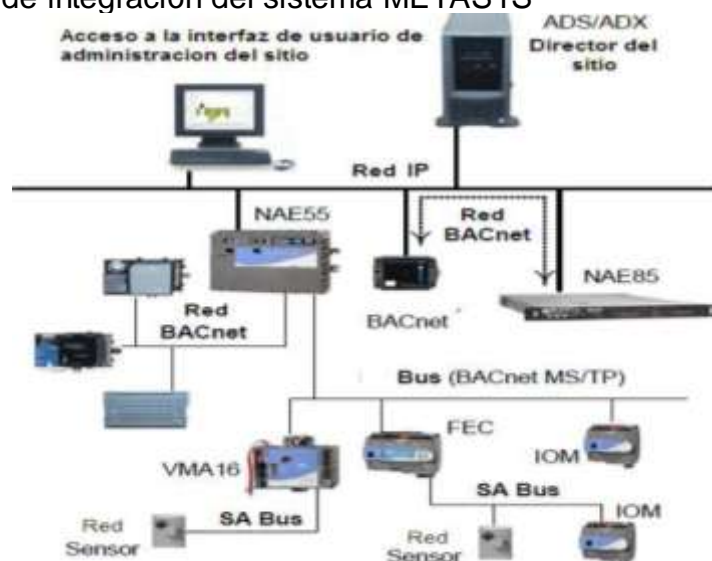
4.5 SOFTWARE DEL SISTEMA SCADA

Para describir el sistema de la sala de control que tiene el CENTIC, se debe tener claro que es una red LAN independiente a la red de la universidad, utilizada para el monitoreo de los diferentes dispositivos instalados en el edificio tales como sistemas de A/A, cámaras de seguridad, sistema contra incendios etc. Por lo tanto lo que se realizara será una sub-utilización del hardware y software ya instalado.

4.5.1 Descripción de la plataforma.

La plataforma METASYS utilizada por el sistema de control del CENTIC es similar a una de las plataformas ofrecidas por Jhonson Controls dentro de sus productos, este es el proveedor de dicho sistema. El siguiente diagrama nos muestra esta red de integración del sistema, que usa como protocolo de comunicación BACnet, por lo cual bajo este protocolo se plantea el desarrollo de esta integración.

Figura 69. Red de integración del sistema METASYS



Fuente: Disponible online en <<http://www.johnsoncontrols.com/products/.../metasys.html>>

Para ampliar un poco mas las ventajas que nos aporta la aplicación de este sistema se presentan sus características en el siguiente cuadro.

Tabla 24. Características del sistema METASYS.

Sistema totalmente escalable	Proporciona una arquitectura de red flexible sobre la que se podrá construir o ampliar el sistema de automatización.
Web basada en tareas	Permite el acceso a la pantalla de usuario y da capacidad de control desde cualquier lugar dentro de sus instalaciones en la intranet, o en todo el mundo a través de internet.
Protocolos estándar	El uso estándar de las tecnologías de información (TI) en red, que permite la comunicación segura a través de sus redes.
Sistema integral de gestión de la información y las capacidades de informes.	Extraer y transformar los datos brutos del sistema en los resúmenes basados en tablas. Informes personalizados que permiten a los usuarios medir, analizar y mejorar el control de los elementos de su sistema.
Alarma y gestión de eventos	Proporciona una efectiva comunicación de alarmas y eventos de alarma basada en navegador web, consolas, localizadores, teléfonos celulares y correo electrónico, junto con la grabación a un servidor seguro en internet.
Integración de protocolos compatibles	Integra dispositivos BACnet, con el nivel de dispositivos LONWORKS en la arquitectura Metasys.
Integración de la empresa	Permite a los sistemas de la empresa acceder a los datos operativos e históricos para el análisis y planificación.

4.5.2 Software aplicativo ADS.

Siendo el director del sitio, el ADS permite desde una interfaz de usuario muy amigable, mediante diagramas elaborados de cada sistema o de todo el sistema al mismo tiempo, monitorear cada uno de los dispositivos instalados. De igual manera el ADS tiene unas características esenciales, que lo convierten en un aplicativo muy confiable y compatible con un buen número de estándares y protocolos que hay en el mercado. Las características de este sistema fueron expuestas anteriormente en la Tabla 24.

Además el ADS también:

- Soporta múltiples idiomas simultáneamente en las interfaces de usuario.
- Permite un mayor número de usuarios simultáneos.
- Tiene un mayor almacenamiento de funciones de memoria.
- Aplica normas y tecnologías de internet.
- Asegura el acceso de usuarios.
- Alarma de gestión y eventos.
- Almacenamiento opcional de datos históricos en un equipo independiente.

4.5.3 Interfaz gráfica.

Los sistemas SCADA buscan primordialmente la adquisición de datos de un proceso por medio de unidades remotas conectadas a sensores, estos datos son almacenados en una base de datos ubicada en una unidad central, la cual se comunica con las unidades remotas. Los datos son presentados a los usuarios por medio de una interfaz, en donde se puede visualizar el estado del proceso así como tomar acciones de control, a continuación se describirá el modelo planteado para el diseño del sistema SCADA en la UIS.

La interfaz de METASYS fue la primera basada en elementos web lo que la convierte en una plataforma de amplias capacidades en redes pequeñas o medianamente grandes y complejas. Para usar este sistema se debe cumplir con unos requerimientos básicos que son:

- Navegador internet Explorer versión 6.0 o superior.
- Tener instalado el software java plug In versión 1.6.0_05.
- Contar con una conexión de red que permita tener acceso al controlador del edificio.

A continuación se muestran algunas imágenes de la interfaz grafica del sistema en diferentes etapas de visualización.

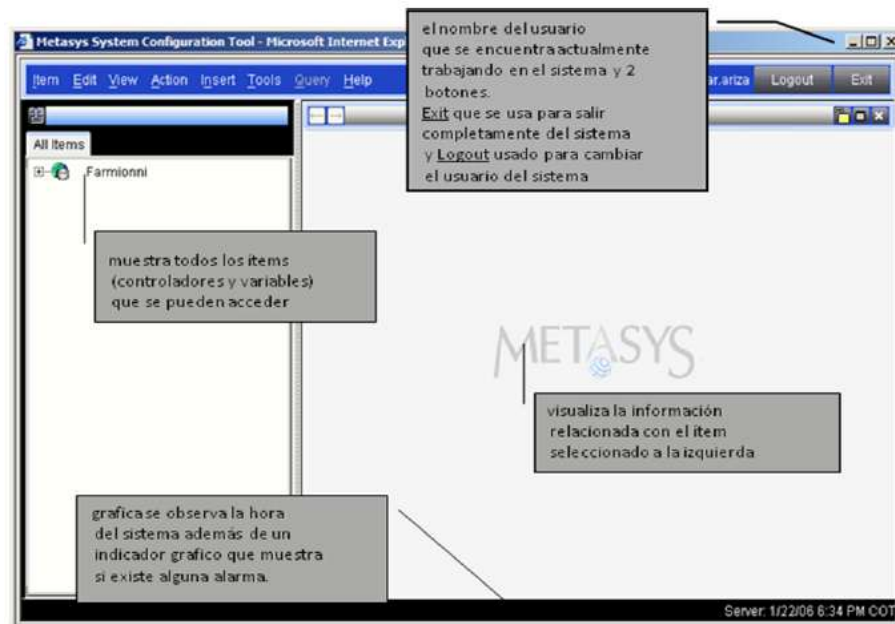
Figura 70. Presentación de la interfaz grafica



Fuente: Proyectos y servicios Ltda. Plataforma Metasys JCI manual de usuario

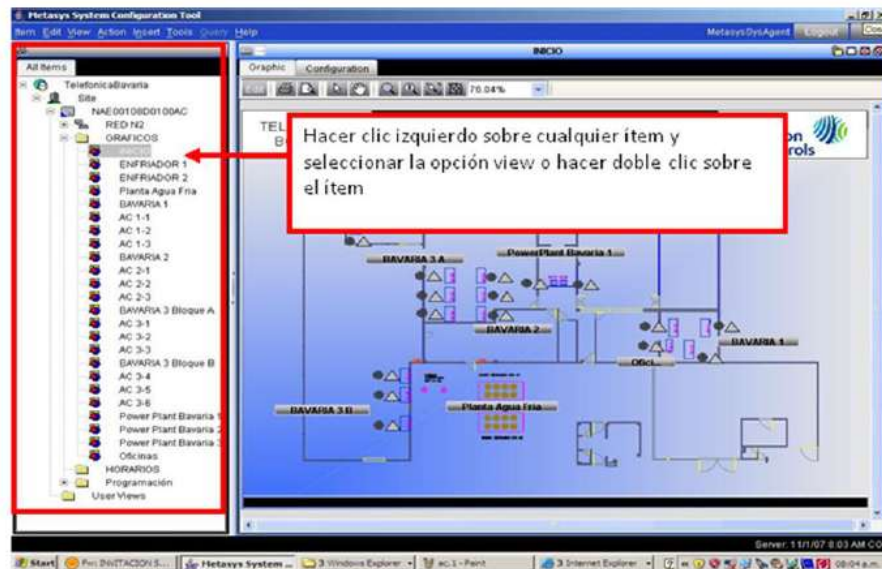
Para acceder a la plataforma se debe verificar el registro de usuario y su clave. Una vez se logra acceder al sistema la interfaz grafica permite realizar todas las tareas de monitoreo, análisis de información, visualización de alarmas y control en el sistema, por medio de los gráficos de visualización de los componentes y de los ítems disponibles para el administrador que accedió a la plataforma.

Figura 71. Esquema general de la interfaz de usuario



Fuente: Proyectos y servicios Ltda. Plataforma Metasys JCI manual de usuario

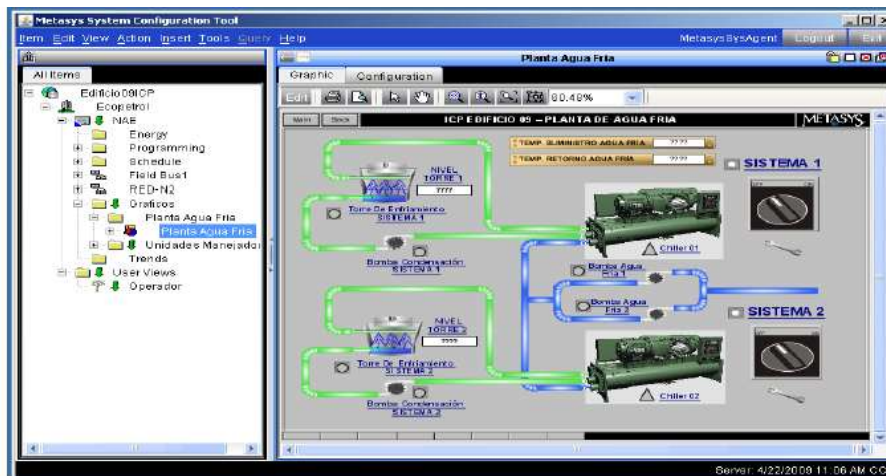
Figura 72. Elementos comunes en gráficos



Fuente: Proyectos y servicios ltda. Plataforma Metasys JCI manual de usuario

Además el sistema permite observar gráficos de sistemas específicos de algunos sistemas, presentando las diferentes variables que intervienen en la operación de la unidad, entre los cuales están las temperaturas, presiones, estados on/off, etc.

Figura 73. Ejemplo de manejo de los sistemas



Fuente: Proyectos y servicios ltda. Plataforma Metasys JCI manual de usuario

5. PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DEL SISTEMA SCADA

En este capítulo se presenta la propuesta de diseño del sistema SCADA para los sistemas de aire acondicionado ya mencionados. En esta propuesta se elabora una selección de los equipos que conformaran el sistema, indicando los criterios que se utilizaron para esto. La propuesta incluye una metodología para la implementación, la cual consta de cuatro fases de desarrollo y un presupuesto tentativo del costo del proyecto.

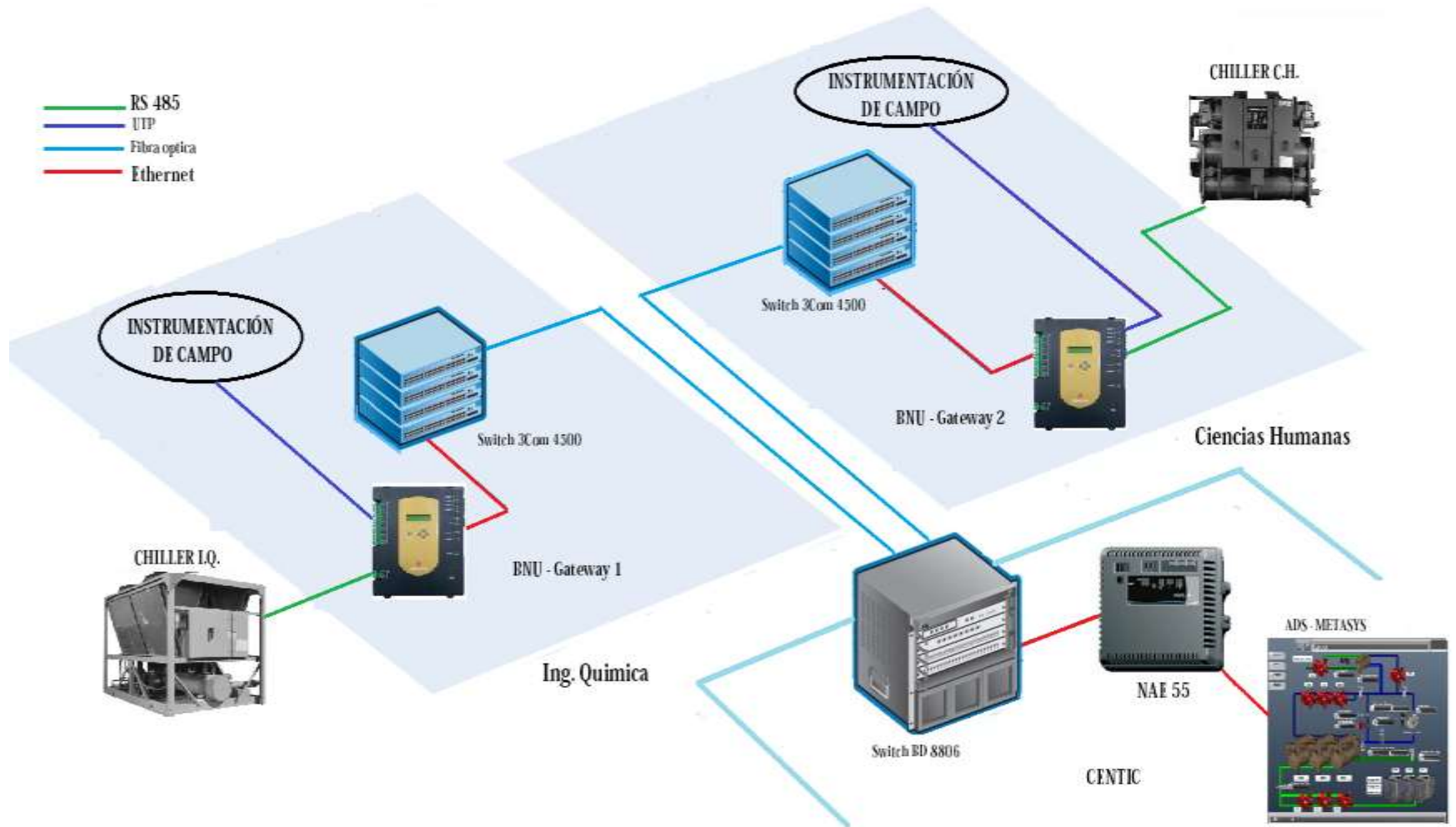
Finalmente se incluyen los formatos para la formulación del proyecto en el Banco de Programas y Proyectos de Inversión de la UIS (BPPIUIS), mencionando las características y descripción del proyecto según lo establecido en estos formatos.

5.1 ESTRUCTURA GENERAL DEL SISTEMA PROPUESTO

La estructura global del sistema SCADA se definió de acuerdo a las características de los sistemas ya existentes y la instrumentación nueva necesaria, según se expuso en los dos capítulos anteriores, además de ciertas recomendaciones elaboradas por la división de mantenimiento tecnológico, la división de comunicaciones de la universidad y la administración del CENTIC, para que la instalación de equipos fuera eficiente, simple y pueda integrarse con facilidad a las redes de comunicación del campus.

En el siguiente diagrama se muestra la estructura global del sistema, incluyendo las referencias de los equipos más relevantes así como el tipo de cableado para la comunicación entre ellos.

Figura 74. Estructura global del sistema SCADA



5.2 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA SCADA

Para la selección de los equipos que conforman el sistema SCADA se tuvo en cuenta las características técnicas descritas en la sección 3.3.3, como también ciertas recomendaciones elaboradas por la DMT para que el montaje de los componentes sea lo mas cómodo y no interfiera con el funcionamiento del sistema.

La metodología utilizada para la selección fue presentar una serie de alternativas que cumplieran las características definidas en el capítulo anterior y luego en base a unos criterios, los cuales se mencionan en cada sección, se seleccionó el componente que mejor se adaptara al sistema

5.2.1 Instrumentación de campo.

En el capítulo 3 se mencionó las variables pendientes a instrumentar, entre las cuales se encuentran Temperaturas de zona, On/Off de distintos elementos del sistema, sensores de flujo, variables eléctricas entre otras. Para la medición de estas variables es necesario seleccionar una instrumentación de campo adecuada. A continuación se detalla cada uno de los elementos seleccionados para integrar en el sistema SCADA.

Para la selección de estos elementos se estudiaron una gama de opciones que ofrecen los diferentes proveedores. Además de las sugerencias, concepto y experiencia del personal técnico y profesional de la DMT, se tuvo en cuenta criterios generales como:

- Compatibilidad con el sistema.
- Sensores con salidas digitales entre 0-24 V
- Identificación de elementos existentes en el campus universitario.

- Costo de adquisición e instalación.
- Disponibilidad y soporte técnico

5.2.1.1 Sensor de temperatura en zona. Este tipo de sensores se implementaran en los recintos donde debido a procesos la temperatura debe permanecer constante, su ubicación dentro del recinto debe ser tal que permita una medición adecuada, es decir, lejana del equipo de aire acondicionado y retirada de la puerta de acceso al cuarto para que la medición no sea afectada por la infiltración de aire ambiente.

Tabla 25. Sensor de temperatura de zona


Referencia: TS-9101-8223
Fabricante: Johnson Controls
Señal de salida: 0 – 10 V
Características: <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura de zona en un rango de 0 a 40°C. • Tipo de sensor: Varilla de longitud 200mm y diámetro 9mm.
Precio: 140.000 COP

Este tipo de sensor cumple con los rangos de temperatura necesarios y la señal digital de salida de este es compatible con la de la señal de entrada a la unidad remota, por lo cual no debería presentar ningún problema a la hora del monitoreo de esta variable.

5.2.1.2 Sensor de humedad relativa. Este sensor estará ubicado, al igual que los sensores de temperatura de zona, en aquellos recintos donde el valor de la humedad relativa debe ser constante para el funcionamiento o cuidado de procesos, equipos o de algún otro elemento.

Tabla 26. Sensor de humedad relativa

	
Referencia: HEW3MSTD	
Fabricante: Veris Industries	
Señal de salida: 0 – 10 V y/o protocolos ASHRAE	
Características:	
<ul style="list-style-type: none"> • Precisión de $\pm 1\%$ (10-90 % HR, 20°-30°C) • Alimentación de 24 V 	
Comunicación:	
Precio: 272.000 COP	

Este sensor de tipo capacitivo, brinda una alta precisión y ya que es compatible con los protocolos de comunicación planteados en el diseño, se puede comunicar cumpliendo los parámetros establecidos previamente.

Es un modelo sencillo que no presenta características especiales y es ampliamente usado en el acondicionamiento de aire de edificios y tiene disponibilidad en el mercado por lo cual se adecua a las necesidades establecidas en el proyecto.

5.2.1.3 Sensor on/off para motores eléctricos. Estos sensores serán instalados en los circuitos de arranque de los motores eléctricos de los equipos cuyo funcionamiento es vital para el sistema de aire acondicionado como: Bombas de circulación de agua fría, bombas de torre de enfriamientos, ventiladores de las manejadoras de piso y ventiladores de extracción. Además para saber que efectivamente el sistema funciona bien se debe asegurar que haya flujo, por lo cual se deberán acompañar de sensores de flujo, ya sea de aire o agua.

Tabla 27. Sensores on/off para motores eléctricos


Referencia: H730
Fabricante: Veris Industries
Señal de salida: 24 VAC/DC
Características: <ul style="list-style-type: none"> • Relé de estado solido • Monitoreo de estado y actuador On/Off • Corriente máxima de funcionamiento 200A
Comunicación:
Precio: 146.000 COP

Este tipo combina las funciones de switch de encendido y apagado con las de verificación del estado, reduce el número de elementos a la hora de conectarlo al circuito en comparación con otras opciones, no requiere calibración y su señal de salida es la adecuada para la unidad remota.

5.2.1.4 Sensor de flujo de agua. Como se explico previamente, para saber si el sistema de distribución de agua esta funcionando bien, es necesario conocer si los motores de las bombas están encendidos y asegurar que exista flujo a través de las tuberías por lo cual se hace necesario implementar este tipo de sensores en las distintas redes de tuberías.

Tabla 28. Sensor de flujo de agua


Referencia: F61SB-9100
Fabricante: Johnson Controls
Señal de salida: 0 – 10 V
Características: <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura máxima de funcionamiento de 100°C • Presión máxima de funcionamiento 100 Bar • Modulación desde 3 hasta 750 Gpm • Puede funcionar como interruptor de otros dispositivos eléctricos
Comunicación:
Precio: 211.000 COP

Este sensor se puede conectar fácilmente en las tuberías, tiene una lengüeta de acero inoxidable, es resistente a la corrosión y así asegura su óptimo funcionamiento y la no contaminación del agua circulante. Se puede calibrar según corresponda el caudal, es ampliamente usado en la industria por lo cual no es de difícil adquisición.

5.2.1.5 Sensor de flujo de aire. Además de conocer si los motores de los ventiladores tanto de las unidades de piso como los de extracción de aire están encendidos se debe asegurar que exista flujo a través de los ductos, por esto se hace necesario implementar estos sensores en los ductos de aire.

Tabla 29. Sensor de flujo de aire


Referencia: F40AA-1C
Fabricante: Johnson Controls
Señal de salida: 0 – 24V
Características: <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura máxima y mínima de funcionamiento de 0 y 80°C • Máxima presión de calibración de 138 Kpa • Máxima velocidad del aire 10.16 m/s • Montaje horizontal
Comunicación:
Precio: 52.000 COP

Este dispositivo es de fácil instalación y cumplen con los rangos necesarios para la implementación del diseño del sistema SCADA. Requiere poco mantenimiento y es una opción económica y de fácil acceso.

5.2.1.6 Medidor de variables eléctricas. Para la medición de las variables eléctricas es necesaria la instalación de un medidor en cada chiller, que no interfiera con las conexiones eléctricas del sistema y que cumpla con los protocolos de comunicación establecidos.

Tabla 30. Medidor de variables eléctricas


Referencia: PM-2134
Fabricante: Logic Bus
Señal de salida: RS-485 Modbus
Características: <ul style="list-style-type: none"> • Voltaje de entrada 10 – 500 V • Alimentación 10 -30 Vdc • Precisión $\pm 1\%$ error • 1-fase 4 canales • Máxima entrada 300 A • Montaje en riel • Temperatura de operación de -10 a 70°C
Comunicación:
Precio: 687.000 COP

Estos medidores pueden ser aplicados tanto en el lado de la baja tensión principal o del secundario en media/alta voltaje y habilitar a los usuarios a obtener en tiempo real, lecturas del consumo de energía confiable y precisa. Son de tamaño compacto y bajo costo, están equipados con transformadores de corriente tipo Split-Core sujetable y comunicación estándar RS-485 con el protocolo Modbus para una fácil implementación.

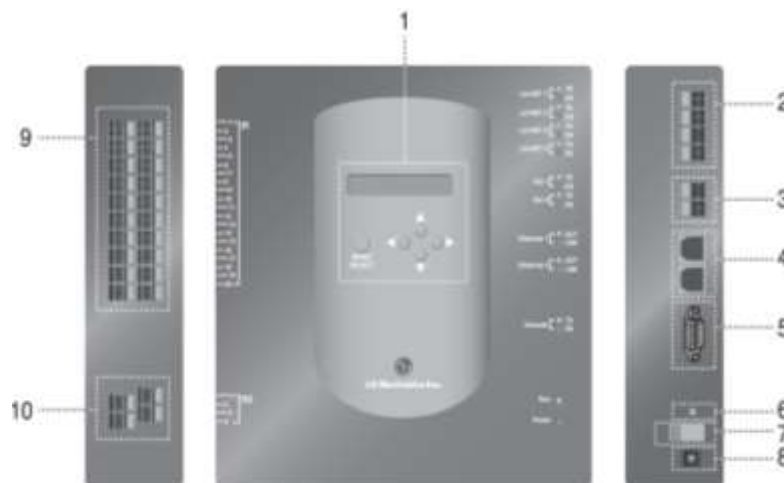
5.2.2 Unidades remotas.

Las unidades remotas para el sistema SCADA deben permitir configurarse como maestros Modbus RTU, cumplir con las características mencionadas en la sección 3.3.4. En base a estas características se plantean 2 opciones que cumplen con los requerimientos planteados. Un BNU-BAC Gateway (unidad remota para edificios - BACnet), (Ref.: PQNFB17BO LG) y un motor de automatización de red NAE 55 de Johnson Controls. Cada una de estas unidades se describe a continuación.

- **LG BNU-BACnet Gateway**

Es una unidad de servicios con protocolo BACnet que a través de una dirección IP se puede comunicar mediante internet sin necesidad de instalar un programa y programando solo los puntos u objetos necesarios para la comunicación de la información. Permite la adquisición de datos mediante distintos protocolos así como entradas digitales para administrar la información de otros dispositivos. Cuenta con una memoria RAM de 128 MB (32 x 4) SDRAM y una memoria ROM de 512Mb. Los puertos de comunicación y sus características se muestran a continuación.

Figura 75. LG BACnet Gateway



Fuente: Disponible online en < <http://www.lg.com/ie/air-conditioning/accessories> >

1. Botón y pantalla LCD para configurar el entorno de red, ver el estado y la dirección IP (muestra 16 x 2 caracteres).
2. RS-485 Puerto de comunicación (4EA) para conectar un sistema integral.
3. Comunicación RS-485 (reservado) para conexión externa
4. RS-232: para actualizar el programa y programar el Gateway
5. Interruptor de reajuste: interruptor de reinicio del Software
6. On / Off del equipo.
7. Adaptador de DC12V conexión de terminal
8. Adaptador DC 12 V
9. Terminales de los puertos de entrada digitales (20), para la conexión de la señal de entrada externa - DC 0 ~ 24V.
10. Terminales (4 puertos) para conectar la señales digitales de salida a relés

- **Controlador digital programable FX14 – 24 VCA**

Se analizaron varias opciones de controladores lógicos de Johnson Controls para no tener problemas de compatibilidad con el sistema actual, siendo entre ellos la mejor opción el FX14 – 24 VCA.

Figura 76. Controlador digital programable



Fuente: Johnson Controls, Catalogo general P17

El controlador tiene las siguientes características:

- ✓ Programable libremente o configurable usando herramientas FX
- ✓ Instalación independiente o en red (a través de la Tarjeta de Comunicaciones opcional para BACnet® o N2Open o comunicación LonWorks®)
- ✓ Informe de estado a través de SMS (a través de tarjeta de comunicaciones RS232C opcional usando un módem GSM)
- ✓ Contador digital de transición de entrada y salida con modulación por ancho de pulso (PWM)
- ✓ Display LCD integral de 2 líneas opcional con iconos gráficos
- ✓ Selección para interfaces de usuario, integral y remoto
- ✓ Montura de raíl DIN
- ✓ Base de datos en varios idiomas para display de usuario (hasta 5 idiomas por aplicación)
- ✓ 6 entradas digitales y 4 análogas

Este tipo de controladores presenta compatibilidad con distintos protocolos por medio de tarjetas o módulos adicionales lo cual puede representar menor flexibilidad en el sistema.

- **Selección de la unidad remota**

Tomando en cuenta las diferentes características de cada una de las opciones más convenientes, se opto por el BNU-BACnet Gateway debido a que presenta una mayor flexibilidad con los diferentes protocolos de comunicación y mayores facilidades en cuanto a su programación. A pesar que no ofrece muchas salidas tanto análogas como digitales, no representa un inconveniente debido a que la instrumentación de campo a instalar es con fines de monitoreo únicamente.

Este Gateway ya esta instalado con el sistema multi-V de aire acondicionado del edificio de administración 2 donde se planteo una integración similar a la de este proyecto y la adaptación al sistema central esta en proceso actualmente.

Tabla 31. Unidad remota


Referencia: PQNFB17B0
Fabricante: LG
Señal de salida: RS-485 Modbus, 0-24, Ethernet
Características: <ul style="list-style-type: none"> • Comunicación por protocolos ASHRAE • Salidas y entradas digitales • Alimentación 110 V • Memoria Ram de 128 Mb • Memoria Rom de 512 Mb • Puertos LAN • Manejo máximo de 256 entradas
Comunicación:
Precio: 3'150.000 COP

5.2.3 SOFTWARE SCADA.

El software del sistema SCADA esta definido según el diseño planteado como el usado actualmente por el CENTIC, el cual es un servidor ADS que presenta una interfaz de usuario amigable, mediante diagramas elaborados de cada sistema o de todo el sistema al mismo tiempo .

Además se tiene el sistema de control METASYS, que tiene instalado en el servidor ADS una herramienta grafica que permite visualizar y controlar de manera sencilla las variables que intervienen en los diferentes procesos. Este software aplicativo junto con la plataforma METASYS se explicaron en detalle en el capítulo anterior.



A pesar de tener este software aplicativo, al implementar el sistema SCADA se deberá programar una interfaz grafica y asignar los puntos de comunicación a cada una de las variables adquiridas en los dos edificios y presentar la interfaz de cada edificio de manera independientemente a las ya existentes en el CENTIC.

5.2.4 UNIDAD MAESTRA MTU.

Actualmente en el CENTIC junto con el servidor ADS y el switch de comunicación que se detallo en la sección 4.5 se tiene como unidad maestra un motor de automatización de red de Johnson Controls NAE55 que maneja toda la automatización del edificio y que tiene la capacidad suficiente para adaptarse a la integración de otros sistemas.

El Motor de Automatización de Red (NAE) aporta una generación de tecnología totalmente nueva al Sistema de Automatización de Edificios (BAS) Metasys. Es un motor de automatización que gestiona las instalaciones usando tecnologías de la información e Internet.

El NAE usa las tecnologías de comunicación de la industria de automatización de edificios, incluyendo el protocolo BACnet, LonWorks y el N2 Bus para controlar y supervisar los equipos de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado (HVAC), las luces, seguridad, incendios y control de acceso. Este motor soporta una amplia serie de características de supervisión y funciones para instalaciones grandes y edificios complejos técnicamente avanzados.

Figura 77. NAE55



Fuente: Johnson Controls, Catalogo general P37

Tiene una interfaz de usuario empotrada y soporta los navegadores Web actualmente conectados con control de acceso mediante contraseña y la tecnología de protección de seguridad de la industria de Tecnología de la Información (IT). Esto permite que se adapte perfectamente a switch de comunicación con LAN dinámicas.

5.3 FASES DE IMPLEMENTACION DEL SISTEMA SCADA

La implementación del sistema SCADA requiere de cuatro fases principales, las cuales se llevarán a cabo con la aprobación del BPPIUIS y la supervisión de la DMT después de adquirir los equipos seleccionados. A continuación se describe cada una de estas fases.

5.3.1 Ingeniería de detalle.

En esta fase se elabora un estudio acerca de la instalación de los equipos, definiendo los elementos necesarios para el montaje, así como elaboración de los planos de este. Esta fase duraría alrededor de siete días ordinarios y sería desarrollada por un ingeniero eléctrico o electrónico, esta estimación se debe al bajo numero de equipos a instalar.

Los ítems que deben resultar de la ingeniería de detalle son los siguientes:

- Planos de instalación.
- Diagrama de conexión de cada uno de los dispositivos.

Listado y cantidad de materiales (tubería, cableado, cajas y accesorios).

5.3.2 Instalación de los dispositivos.

Posteriormente a la ingeniería de detalle seguirá una fase donde se instalaran los elementos del sistema SCADA (instrumentación, controladores, gabinetes y unidad maestra), cumpliendo los lineamientos fijados en la fase previa. Esta fase se llevaría a cabo por parte de un ingeniero electrónico o eléctrico y un técnico instrumentalista o electricista. El tiempo estipulado para el desarrollo de esta fase es de siete días ordinarios.

5.3.3 Configuración de los PLC y el software SCADA.

Una de las partes más importantes de la implementación del sistema SCADA es la configuración de las unidades remotas y del software SCADA. En el caso de este proyecto es necesario la configuración y programación de las unidades remotas.

La configuración y programación del software se llevaría a cabo por un ingeniero electrónico de acuerdo a los requerimientos que le sean exigidos por parte de las divisiones de mantenimiento tecnológico y planta física. El tiempo estimado para la configuración del software SCADA es de catorce días ordinarios.

5.3.4 Capacitación del personal.

Posteriormente a la configuración y puesta en marcha del sistema SCADA se debe capacitar al personal designado para el uso y mantenimiento de los

elementos del sistema, así como el acceso y control de los usuarios al run-time del software SCADA.

El tiempo estipulado para realizar la capacitación al personal es de tres días hábiles. Se debe tener en cuenta que el acceso a la unidad maestra es restringido y se rige a las políticas de funcionamiento del CENTIC.

5.4 PRESUPUESTO DEL PROYECTO

En esta sección se presenta el presupuesto de la implementación del sistema SCADA, incluyendo el valor de los equipos así como los costos de obra. Este presupuesto es necesario para poder incluir la propuesta en el Banco de Programas y Proyectos de Inversión de la Universidad Industrial de Santander.

El presupuesto se presenta describiendo cada componente del sistema y presentando la cantidad de cada uno de ellos. Los valores del presupuesto están dados en pesos colombianos (COP).

Tabla 32. Presupuesto instrumentación

PRESUPUESTO INSTRUMENTACIÓN					
ITEM	ELEMENTO	DESCRIPCION	CANT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Sensor de temperatura	Serie TS-9101-8223 Rango de temp. 0-40°C Marca: JOHNSON CONTROLS	1	\$ 140.000	\$ 140.000
2	Sensor de humedad relativa	Serie HEW3MSTD Precisión 1%, 10-90% HR, 20-30°C Marca: Veris Industries	1	\$ 272.000	\$ 272.000
3	ON/OFF para motores	Serie H730 Relé de estado sólido, máx. 200A	14	\$ 146.000	\$ 2.044.000

	eléctricos	Marca: Veris Industries			
4	Sensor de flujo de agua	Serie F61SB-9100 Temp. Máx. 100°C, Presión máx. 100bar, Caudal máx. 759GPM. Marca: JOHNSON CONTROLS	3	\$ 211.000	\$ 633.000
5	Sensor de flujo de aire	Serie F40AA-1C Temp. 0-80°C, Vel. Máx. 10,16m/s. Montaje horizontal. Marca: JOHNSON CONTROLS	8	\$ 52.000	\$ 416.000
6	Medidor de variables eléctricas	Serie PM-2134 Comunicación RS-485 Modbus. 1 Fase, 4 Canales. Marca: Logic Bus	2	\$ 687.000	\$ 1.374.000
7	Cableado	Cableado instrumentación de campo (Valor tentativo)			\$ 1.500.000
TOTAL					\$ 6.379.000

Tabla 33. Presupuesto unidades remotas

PRESUPUESTO UNIDADES REMOTAS					
ITEM	ELEMENTO	DESCRIPCION	CANT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	RTU	Serie PQNFB17BO Comunicación por protocolos ASHRAE, manejo máximo de 256 entradas. Marca: LG	2	\$ 3.150.000	\$ 6.300.000
2	Fuente	Serie PM1207 Alimentación 120/230 VAC, Salida 24VDC, 2,5A Marca: SIEMENS	2	\$ 390.000	\$ 780.000
3	UPS	UPS 1 KVA Interactiva Marca: Powercom	2	\$ 360.000	\$ 720.000
4	Gabinete y accesorios	Estante, Riel de montaje, Porta cables (Valor tentativo)	2	\$ 200.000	\$ 400.000
5	Cableado	Cableado RS485 y Ethernet			\$ 1.000.000
TOTAL					\$ 8.200.000

Tabla 34. Presupuesto costo de obra

PRESUPUESTO COSTO DE OBRA				
ITEM	ELEMENTO	RECURSO HUMANO	DIAS	VALOR TOTAL
1	Ingeniería de detalle	1 Ingeniero Electricista 1 Ingeniero Electrónico	7	\$ 5.000.000
2	Instalación de la instrumentación y RTUs	1 Ingeniero Electrónico 1 Técnico Instrumentista	7	\$ 2.500.000
3	Configuración y programación de las RTUs	1 Ingeniero Electrónico	20	\$ 3.000.000
TOTAL				\$ 10.500.000

Tabla 35. Consolidado de costos

CONSOLIDADO DE COSTOS	
ITEM	VALOR TOTAL
PRESUPUESTO INSTRUMENTACIÓN	\$ 6.379.000
PRESUPUESTO UNIDADES REMOTAS	\$ 8.200.000
PRESUPUESTO COSTO DE OBRA	\$ 10.500.000
Subtotal	\$ 25.079.000
A.I.U. ⁷ (20%)	\$ 5.015.800
IVA (16%)	\$ 4.012.640
TOTAL	\$ 25.747.590

5.5 FORMULACION DE PROYECTOS PARA EL BPPIUIS

El *Banco de Programas y Proyectos de Inversión de la UIS* BPPIUIS es un mecanismo que posee la universidad para la inversión de proyectos académicos o institucionales, los cuales por su alto costo no pueden ser realizados directamente por las unidades académicas o departamentos de la universidad. El banco de proyectos hace parte de la división de planeación de la UIS.

⁷ Administración (10%), Imprevistos (5%) y Utilidad (5%).

La formulación de un proyecto en el BPPIUIS requiere de una serie de etapas que se describen a continuación, con el fin de comprender el proceso que posteriormente llevará el ingreso de la propuesta de diseño del sistema SCADA.

Tabla 36. Etapas para la formulación de proyectos al BPPIUIS

ETAPA	ACTIVIDAD
1. Formulación del Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar las necesidades y elaborar las propuestas para dar respuesta a estas. - Buscar información sobre proyectos relacionados o similares con el fin de evitar duplicidad de esfuerzos o de utilización de recursos. - Elaborar y estructurar la propuesta con base en los conceptos de formulación de proyectos de inversión. - Pedir concepto técnico de la División de Servicios de información en caso que se desee adquirir equipos de cómputo y a la División de Mantenimiento en caso de adquirir otro tipo de equipo electrónico. - Diligenciar los formatos correspondientes a la metodología escogida según el proyecto. (Tipo A).
2. Radicación del Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> - Entregar oficialmente en la Oficina de Planeación el documento (impreso y en versión digital) del proyecto con la documentación requerida. - Revisar el documento entregado y dar visto bueno para la radicación del proyecto según los requerimientos establecidos. - Retroalimentar al Director del Proyecto sobre los resultados de la revisión de la documentación entregada. - Complementar la documentación y enviarla a la Oficina de Planeación. - Incluir el Proyecto en el Sistema del BPPIUIS
3. Viabilización del Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> - Asignar evaluadores y enviar la documentación requerida para emitir concepto de viabilidad. - Analizar la documentación del proyecto y emitir concepto de viabilidad. - Retroalimentar al Director del Proyecto sobre los resultados de las evaluaciones interna y externa. - Dar respuesta a las observaciones realizadas por los evaluadores en caso de que el concepto para el proyecto sea de "sujeto a modificaciones" o "no viable". - Viabilizar institucionalmente el proyecto con base en los conceptos de viabilidad emitidos por los evaluadores.
4. Elegibilidad del Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar los proyectos viabilizados que serán sometidos al proceso de elegibilidad según los criterios de priorización establecidos. - Aprobar la elegibilidad de los proyectos debidamente viabilizados, según criterios de

	<p>priorización establecidos.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Retroalimentar a los Directores de los Proyectos los resultados del Proceso de Elegibilidad.
<p>5. Aprobación financiera del Proyecto</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Emitir certificación de disponibilidad presupuestal para dar aprobación financiera a los proyectos de inversión. – Aprobar y dar visto bueno de los resultados del Proceso de Priorización de los proyectos para la fase de Inversión respectiva. – Asignar recursos para la ejecución de los proyectos según disponibilidad presupuestal de la Universidad. – Retroalimentar a los Directores de los Proyectos los resultados de la aprobación y visto bueno del Proceso de Priorización y asignación de recursos.

La formulación de proyectos se realiza diligenciando los formatos que son suministrados por el banco de proyectos. Los proyectos son clasificados según su monto de inversión en A, B y C, en donde los proyectos tipo A hacen parte de la categoría de Proyecto Mayores y su monto debe superar los 180 SMLV.

La formulación de estos proyectos consiste en el diligenciar 21 formatos, los cuales contienen información acerca del problema, la solución planteada, presupuesto y efectos del proyecto.

El contenido de estos formatos se diligenció en base a la información de los capítulos anteriores. Estos formatos debidamente diligenciados se presentan en el Anexo A.

La formulación de proyectos en el BPPIUIS se divide en tres módulos con sus respectivos formatos, los cuales serán descritos a continuación.

5.5.1 Modulo 1: Identificación del proyecto.

En este modulo se plantea el proyecto a realizar, partiendo del problema o necesidad a solventar. El problema se relaciona con la falta de bienes y/o servicios, el suministro inadecuado de estos bienes, su mala calidad, o la necesidad de mantener por un periodo adicional de tiempo la oferta actual.

Los formatos que conforman este modulo, tiene una secuencia lógica que permitirá describir y concretar el problema que se requiere solucionar, estudiar las principales variables de oferta y demanda, y generar a partir de esto las posibles soluciones al problema planteado. Este módulo consta de nueve formatos los cuales son mencionados a continuación:

Tabla 37. Formatos ID – Identificación del Proyecto.

FORMATO ID 01	DESCRIPCION DEL PROBLEMA O NECESIDAD.
FORMATO ID 02	OBJETIVOS DEL PROYECTO.
FORMATO ID 03	POBLACION Y ZONA AFECTADA, Y POBLACION OBJETIVO DEL PROYECTO.
FORMATO ID 04	DESCRIPCION DE LA SITUACION ACTUAL Y SU EVOLUCION.
FORMATO ID 05	DESCRIPCION Y CUANTIFICACION DE LA NECESIDAD O PROBLEMA.
FORMATO ID 06	CUANTIFICACION DE LA DEMANDA Y OFERTA DEL BIEN Y/O SERVICIO, Y DETERMINACION DEL DÉFICIT.
FORMATO ID 07	PRINCIPALES ALTERNATIVAS DEL PROYECTO.
FORMATO ID 08	DESCRIPCION DE LAS ALTERNATIVAS.
FORMATO ID 09	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.

El contenido de estos formatos debe ser claro y conciso, con un contenido bien estructurado.

5.5.2 Modulo 2: Preparación y evaluación del proyecto.

En este modulo se estudian las alternativas propuestas, se realiza el análisis de costos, y se selecciona la alternativa más apropiada para realizar el proyecto. Este modulo esta conformado por nueve formatos, son los siguientes:

Tabla 38. Formatos PE - Preparación y Evaluación del Proyecto.

FORMATO PE 01	DESCRIPCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES BENEFICIOS DEL PROYECTO.
FORMATO PE 02	PRESUPUESTO DE OBRA DEL PROYECTO.
FORMATO PE 03*	COSTO DE INVERSIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.
FORMATO PE 04*	COSTOS DE OPERACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.
FORMATO PE 05	CAPACIDAD INSTALADA.
FORMATO PE 06*	RESUMEN DE COSTOS DE LA ALTERNATIVA.
FORMATO PE 07	EFEECTO AMBIENTAL.
FORMATO PE 08*	SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE MÍNIMO COSTO.
FORMATO PE 09	MARCO INSTITUCIONAL.

*Formato generado por el sistema.

El proyecto puede definir una sola alternativa para la solución del problema planteado, la selección de la alternativa final no siempre viene dada por el menor costo, sin embargo este es un parámetro fundamental en su designación. En el caso de la propuesta del sistema SCADA se incluyó una sola alternativa, con el presupuesto mencionado en la sección anterior.

5.5.3 Modulo 3: Financiamiento y sostenibilidad del proyecto.

En este modulo se describen y valoran globalmente las fuentes de financiamiento definidas para la alternativa escogida en el proyecto, y se señalan los aspectos determinantes para la sostenibilidad del mismo.

Los formatos que conforman este modulo permiten valorar y determinar la forma en que serán utilizados los aportes de las fuentes de financiación para la inversión en el proyecto. Este modulo se encuentra conformado por tres formatos, los cuales son mencionados a continuación:

Tabla 39. Formatos FS – Financiamiento y Sostenibilidad del Proyecto.

FORMATO FS 01	FUENTE DE FINANCIACION DE LA INVERSION DEL PROYECTO.
FORMATO FS 02	FUENTE DE FINANCIACION DE LA OPERACIÓN DEL PROYECTO.
FORMATO FS 03	SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO.

5.5.4 Nombre del proyecto.

La selección del nombre más adecuado para el proyecto se debe hacer luego de haber identificado el problema, así como preparado y evaluado las alternativas de solución, y seleccionado la alternativa más apropiada.

El nombre asignado al proyecto debe ser preciso, es decir, identificar el proyecto en forma inequívoca. La estructura del nombre debe considerar tres partes:

- *¿Que se va a hacer?* – Proceso que se realiza mediante el proyecto. Acción o acciones que se van a desarrollar.
- *¿Sobre qué?* – Objeto sobre el cual recae el proceso.
- *¿Dónde?* – Localización del proyecto en un sitio geográfico o dependencia institucional.

Teniendo en cuenta que este proyecto de grado hace parte de un conjunto de proyectos con los cuales se pretende, entre otras cosas, la evaluación y el diseño de implementación de un sistema de automatización y monitoreo de los sistemas de aire acondicionado de los principales edificios del campus, para dar

cumplimiento al proyecto 2330⁸ dentro del programa Mejoramiento de la Infraestructura Tecnológica de la UIS, a cargo de la División de Mantenimiento Tecnológico; tanto el contenido de algunos de los formatos como el nombre del proyecto es seccionado en forma global.

Bajo estas premisas el nombre considerado para el proyecto global es:

“Implementación de un sistema de automatización para los sistemas de aire acondicionado de los edificios de Ingeniería Química, Ciencias Humanas, Biblioteca, y Auditorios Luis A. Calvo y Fundadores.”

Los formatos consignados en el anexo A se diligenciaron de acuerdo a lo planteado en este proyecto de grado, es decir, con la información y valores correspondientes a los edificios de Ingeniería Química y Ciencias Humanas de la UIS únicamente.

8 Análisis de consumo energético de los sistemas de aire acondicionado centrales en la sede principal mediante la implementación de programas de uso eficiente y ahorro de energía en la UIS y presentación del proyecto ante el BPPIUIS

CONCLUSIONES

- Se estableció una propuesta para la implementación de un sistema SCADA para la automatización y monitoreo de los sistemas de aire acondicionado de los edificios de Ingeniería Química y Ciencias Humanas de la UIS que cumple con los requerimientos planteados por la División de Mantenimiento Tecnológico y que de implementarse servirá como herramienta de apoyo para el diagnóstico y prevención de fallas de estos sistemas.
- Se diseñó un sistema SCADA bajo una topología de red física en estrella, donde cada edificio se comunica directamente al switch de comunicación central Core Black Diamond 8806, el cual permite el tráfico de información a la unidad maestra. La topología lógica de red es de tipo árbol, donde la información de los módulos de control e instrumentación de campo se concentra en la RTU y posteriormente se envía al switch de cada edificio y de ahí al switch central.
- La infraestructura actual, física y lógica, de la universidad facilitó el planteamiento del diseño del sistema SCADA en base a una arquitectura de tipo centralizada que tiene como centro de control el CENTIC, subutilizando las plataformas, software y motores de automatización existente, cuya comunicación se basa en la transmisión de datos mediante los protocolos estándar BACnet Ethernet y N2 Modbus, utilizando la red LAN de la universidad.

- EL motor de automatización NAE55, el servidor ADS y la plataforma METASYS forman en conjunto una unidad maestra capaz de soportar la automatización existente en el CENTIC e integrar otros sistemas del campus, como son los aires acondicionados de los edificios de Ingeniería Química y Ciencias Humanas de la UIS.
- Se realizó una descripción completa de los sistemas de aire acondicionado de los edificios de Ingeniería Química y Ciencias Humanas, que facilitará la labor de la División de Mantenimiento Tecnológico en trabajos realizados posteriormente sobre estos sistemas, ya sea mantenimiento, modificaciones, montaje de dispositivos, etc.
- Se logró identificar las variables de estado y funcionamiento actuales, y determinar las nuevas variables a integrar al sistema SCADA con la respectiva instrumentación de campo necesaria para un monitoreo global, gracias al estudio de la información recopilada para cada sistema, que comprendió: planos del sistema de aire acondicionado y ventilación, manuales de operación e instalación y manuales de mantenimiento de los equipos.
- Mediante la medición de las variables eléctricas en los chiller de los sistemas, se logró determinar que en cuanto al consumo de energía eléctrica se refiere, los equipos trabajan muy cerca a sus valores nominales, y que además la red de suministro de energía eléctrica a estos equipos no presenta variaciones considerables que puedan afectar o dañar algún componente.

- El desarrollo de dispositivos de entorno de red como el LG BNU-Gateway en base a protocolos de comunicación estándar, permite el acceso y control remoto de sistemas independientes de manera flexible e integral, haciendo posible administrar la información en un solo lugar sin necesidad de instalar servidores en cada uno de dichos sistemas.
- Siguiendo los parámetros de un proyecto tipo A del BPPIUIS se diligenciaron los formatos ID y PE en los cuales se presentan la descripción y características del proyecto, así como un presupuesto de la implementación del diseño, para poder radicarlo ante la oficina de Planeación de la universidad.

RECOMENDACIONES

- Teniendo en cuenta que este proyecto de grado esta enmarcado dentro del programa de uso eficiente y ahorro de energía en la universidad, además de la implementación de este tipo de sistemas de monitoreo es necesario implantar políticas de uso racional de energía dentro de los usuarios en los diferentes edificios, debido a que durante el desarrollo del proyecto de grado se observó un uso desmedido e innecesario no solo del aire acondicionado sino de la iluminación en varios recintos de los edificios involucrados en el proyecto.
- Debería contemplarse la implementación de sistemas SCADA para la automatización y monitoreo de los sistemas de aire acondicionado en la universidad en futuras remodelaciones y/o construcciones en las que se deba instalar estos sistemas, ya que en el CENTIC cuenta con las herramientas suficientes para el manejo de este tipo de automatización.
- A la hora de recibir los manuales o información técnica acerca de los equipos instalados en la universidad se debe verificar con mayor detalle que sean los correspondientes al equipo, ya que al realizar la recopilación de la información para este proyecto no se encontró alguna información vital del funcionamiento de algunos equipos y en algunos casos la información suministrada por el proveedor no era concordante con las especificaciones de algunos elementos de los sistemas.

BIBLIOGRAFIA

- **AQUILINO RODRÍGUEZ, Penin.** Sistemas SCADA – Guía práctica 2a edición. Barcelona: MARCOMBO, 2007.
- **ASHRAE.** Standert 135-195: BACnet – A Data Communication Protocol for Building Automation and Control Networks, ASHRAE, Atlanta, Georgia, USA, 1995:
- **BAILEY, David y WRITGH, Edwin.** Practical SCADA for Industry. Oxford: Newnes, 2003. Capitulo 1-2
- **BERNAL, Luis Enrique et al.** Seminario de investigación en refrigeración y aire acondicionado. Trabajo de grado, Ingeniería Mecánica: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías fisicomecánicas., 2011: Pág. 402-414
- **CASTILLO, Johan Arturo.** Propuesta de implementación de un sistema SCADA en las plantas eléctricas de emergencia ubicadas en los edificios de CENTIC, Ciencias Humanas y Administración de la UIS. Trabajo de grado, Ingeniería Eléctrica: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías fisicomecánicas., 2010. Pág. 18-26
- **PINTO, Edgar F.** Propuesta para integrar el sistema de aire acondicionado del edificio de administración II, al sistema de monitoreo del centro de control del CENTIC. Trabajo de grado, Ingeniería Electrónica: Universidad

Industrial de Santander. Facultad de ingenierías fisicomecánicas., 2012.
Pág. 51-66

- **PITA, Edwart G.** Acondicionamiento de aire. CECOSA. 2a edición, Mexico D.F. 2000. Capitulo 1

- **RUEDA, Elkin y CARDENAS, Nomar.** Implementación de un BAS básico para el control integrado de un sistema de aire acondicionado e iluminación mediante dispositivos con comunicación BACnet. Trabajo de grado, Ingeniería Mecánica: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías fisicomecánicas., 2012. Pág. 44-53

- **YORK,** Air cooled liquid chillers hermetic scroll, Form 150.60-NMB(410)

- **YORK,** YCWS Water cooled liquid chillers, Form 201.24-NM3(901)

- **FUENTES DE INFORMACION ELECTRONICA**
 - ✓ <http://www.bacnetinternational.net/catalog/>
 - ✓ http://www.johnsoncontrols.com/content/us/en/products/building_efficiency/integrated_hvac_systems.html
 - ✓ <http://www.veris.com/Category/Products.aspx>
 - ✓ <http://www.lg.com/uk/air-conditioning-parts-accessories/>
 - ✓ <http://www.eveliux.com/mx/topologias-de-red.php>
 - ✓ http://www.pehuenarg.com.ar/copeland/catalog_sp/scroll-aa-comercial-pdf.pdf

ANEXOS

ANEXO A. FORMATOS DILIGENCIADOS DEL BPPIUIS

FORMATO ID-01: DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA O NECESIDAD

Nombre del Proyecto: *Implementación de un sistema de automatización y monitoreo para los aires acondicionados de los edificios de Ingeniería Química y Ciencias Humanas.*

Los sistemas de aire acondicionado aumentan considerablemente el consumo energético de los edificios, pues estudios realizados han demostrado que cerca del 40% de la energía consumida en ellos proviene de los sistemas de aire acondicionado. Siguiendo la línea de los programas de uso racional de la energía de la UIS se requiere generar un programa para el uso adecuado de los sistemas de aire acondicionado, mantener en buenas condiciones los equipos mediante un programa de monitoreo y control de los sistemas más importantes en la universidad, entre ellos los edificios de Ingeniería Química y Ciencias Humanas.

El programa propuesto permitirá centralizar la información en el centro de control y monitoreo del CENTIC, información que permitirá conocer las condiciones de operación, facilitar el diagnóstico de fallas y generar un historial de trabajo de los equipos. Con esto se evitaría el aumento de consumo energético por equipo funcionando en malas condiciones y así evitar pérdidas económicas.

FORMATO ID-02 : OBJETIVOS DEL PROYECTO

Nombre del Proyecto: *Implementación de un sistema de automatización y monitoreo para los aires acondicionados de los edificios de Ingeniería Química y Ciencias Humanas.*

OBJETIVO GENERAL:

Desarrollar un sistema de automatización y de los aires acondicionados los edificios de Ingeniería Química y Ciencias Humanas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

Implementar el hardware y software necesarios para la operación del sistema SCADA de los sistemas de aire acondicionado.

Establecer un sistema de comunicación entre el sistema SCADA y el centro de control del CENTIC.

FORMATO ID-03: POBLACION AFECTADA Y/O ZONA AFECTADA Y POBLACION OBJETIVO DEL PROYECTO

Nombre del Proyecto: *Implementación de un sistema de automatización y monitoreo para los aires acondicionados de los edificios de Ingeniería Química y Ciencias Humanas.*

Este proyecto esta dirigido a monitorear y controlar los sistemas de aire acondicionado de los diferentes edificios, que involucrara tanto a la comunidad estudiantil, entidades administrativas y el público en general que pueda acudir a las diferentes áreas.

Las zonas objetivo del proyecto corresponde a las siguientes áreas ubicadas en el campus universitario de la Universidad Industrial de Santander:

- Edificio de Ciencias Humanas.
- Edificio de Ingeniería Química.

FORMATO ID-04: DESCRIPCION DE LA SITUACION ACTUAL Y SU EVOLUCION

Nombre del Proyecto: *Implementación de un sistema de automatización y monitoreo para los aires acondicionados de los edificios de Ingeniería Química y Ciencias Humanas.*

En la actualidad los estos sistemas no cuenta con un sistema de monitoreo y resulta bastante dispendioso contar el personal que se encargue de llevar un registro de su funcionamiento.

Como consecuencia de la ausencia de monitoreo en el 2012 el sistema de aire acondicionado de la Biblioteca Central, debido a problemas en la torre de enfriamiento, estaba consumiendo cerca de un 12% más de energía; ese mismo año el sistema del edificio de Ingeniería Química empezó a presentar falla en uno de los filtro lo que disminuía la presión de succión aumentando el consumo de los compresores. En el 2007 debido a una falla en una de las fases del sistema eléctrico de auditorio Luis A. Calvo los compresores presentaron un daño catastrófico requiriendo su cambio total.

De seguir con esta situación la universidad se verá enfrentada a intervenir los equipos de manera correctiva cada vez que presenten fallos, además de pérdidas en capital y tiempo pues se requerirá de nuevos repuestos y la ubicación del problema.

FORMATO ID-05: **DESCRIPCION Y CUANTIFICACION DE LA
NECESIDAD O PROBLEMA**

Nombre del Proyecto: *Implementación de un sistema de automatización y monitoreo para los aires acondicionados de los edificios de Ingeniería Química y Ciencias Humanas.*

En la actualidad la División de Mantenimiento Tecnológico realiza revisión de los equipos y su funcionamiento evaluando condiciones de operación y estado en general para lo diferentes sistemas de aire acondicionado, sin embargo debido al alto volumen de equipos instalados y la complejidad de algunos sistemas, resulta bastante dispendioso, ya que el proceso es ineficiente y poco práctico. Sin embargo existen algunas variables que no se pueden determinar y debe hacerse con el equipo en funcionamiento, por esto es necesario registrar y visualizar los valores de los sistemas de aire acondicionados de manera remota y así mejorar la calidad y confiabilidad de este servicio.

FORMATO ID-07 : PRINCIPALES ALTERNATIVAS DEL PROYECTO

Nombre del Proyecto: *Implementación de un sistema de automatización y monitoreo para los aires acondicionados de los edificios de Ingeniería Química y Ciencias Humanas.*

ALTERNATIVA No. 1 :

Nombre: Compra de equipos y adecuación de la infraestructura para la puesta en funcionamiento de un sistema SCADA para los sistemas de aire acondicionado de los edificios de Ingeniería Química y Ciencias humanas de la Universidad Industrial de Santander.

FORMATO ID-08 : DESCRIPCION DE LA ALTERNATIVA No:

Nombre del Proyecto: *Implementación de un sistema de automatización y monitoreo para los aires acondicionados de los edificios de Ingeniería Química y Ciencias Humanas.*

Nombre de la alternativa: Compra de equipos y adecuación de la infraestructura para la puesta en funcionamiento de un sistema SCADA para los sistemas de aire acondicionado de los edificios de Ingeniería Química y Ciencias humanas de la Universidad Industrial de Santander.

Descripción de la alternativa:

La alternativa consiste en la implementación de un sistema SCADA para los sistemas de aire acondicionado de los edificios de Ingeniería Química y Ciencias Humanas, con lo cual se permitiría registrar y visualizar remotamente los datos concernientes al funcionamiento de los sistemas.

Para la implementación del sistema de control y monitoreo se debe adquirir una serie de equipos electrónicos que permitirán sensor, controlar, registrar y visualizar las variables del sistema, tales como on/off de los equipos del sistema, temperatura y presiones de funcionamiento de los chiller, temperatura de recintos, flujo de agua, flujo de aire, etc. Los sistemas SCADAS están ideados para establecer un monitoreo y/o control remoto de un sistema, evitando la necesidad de desplazar personal al nivel de campo.

Con el sistema SCADA se podrá poseer un registro histórico de las variables mencionadas. Este registro permitirá establecer un control y evaluar el estado del funcionamiento, brindando un mecanismo muy completo para el diagnóstico y prevención de fallos.

Las prestaciones que ofrecería el sistema SCADA son mencionadas a continuación:

SUPERVISIÓN REMOTA: Permite al operador y/o demás interesados conocer el estado y desempeño del proceso desde una o varias estaciones centrales. Esta prestación es de especial funcionalidad en procesos distribuidos en amplias locaciones, además, esta característica permite coordinar labores de control de calidad y de mantenimiento.

CONTROL REMOTO DE INSTALACIONES Y EQUIPOS: Mediante el sistema SCADA es posible tomar acciones de control de forma remota. La acción de control se puede definir de forma manual o automática, además, es posible ajustar los valores de referencia, consignas, parámetros y algoritmos de control.

VISUALIZACIÓN DINÁMICA: el sistema genera imágenes dinámicas que representan de manera intuitiva el comportamiento del proceso, brindándole al operador la sensación de estar presente en la planta. En estos gráficos también se puede encontrar curvas y tablas de los datos y estados del sistema en el tiempo.

REGISTRO HISTÓRICO DE DATOS: los datos adquiridos son almacenados en ficheros o base de datos, esta información puede ser analizada posteriormente a fin de evaluar el desempeño del sistema, así como el diagnóstico y prevención de fallos.

GENERACIÓN DE REPORTE: El sistema permite generar informes con datos estadísticos del proceso en los tiempos que determine el operario.

REPRESENTACIÓN DE SEÑALES DE ALARMA: por medio de señales de alarma el sistema informa al operador o demás la presencia de una falla o condición indeseable en el proceso, estas señales pueden ser visuales o sonoras.

FORMATO ID-09 : CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Nombre del Proyecto: *Implementación de un sistema de automatización y monitoreo para los aires acondicionados de los edificios de Ingeniería Química y Ciencias Humanas.*

No.	ETAPA	DURACIÓN ESTIMADA	DURACIÓN REAL	DIFERENCIA
1.	PREINVERSION			
1.1	Formulación	8		
1.2	Identificación del Problema	4		
1.3	Identificación de Objetivos	3		
1.4	Identificación de Alternativas de Solución	6		
1.5	Preparación de las Alternativas	6	6	
1.6	Viabilización	6	6	
1.7	Elegibilidad	4	4	
2.	INVERSIÓN			
2.1	Diseños Definitivos	5	5	
2.2	Preparación de Documentos para Contratación	8	8	
2.3	Licitación (Si aplica)	40	40	
2.4	Ejecución	4	4	
3.	OPERACIÓN			
3.1	Evaluación Expost			
3.2	Administración del Proyecto			
3.3	Seguimiento			

FORMATO PE-02: PRESUPUESTO DE OBRA DEL PROYECTO

Sección A: Inversión

Nombre del Proyecto: *Implementación de un sistema de automatización y monitoreo para los aires acondicionados de los edificios de Ingeniería Química y Ciencias Humanas.*

Alternativa: Compra de equipos y adecuación de la infraestructura para la puesta en funcionamiento de un sistema SCADA para los sistemas de aire acondicionado de los edificios de Ingeniería Química y Ciencias humanas de la Universidad Industrial de Santander.

COMPONENTE		Adquisición de Bienes Muebles				
CATEGORÍA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VLR UNIDAD (Miles de pesos)	VLR PARCIAL (miles de pesos)	Observaciones
Instrumentación de campo	Sensor de temperatura	Equipo	1	140	140	
	Sensor de humedad	Equipo	1	272	272	
	ON/OFF motores eléctricos	Equipo	14	146	2044	
	Sensor de flujo de agua	Equipo	3	211	633	
	Sensor de flujo de aire	Equipo	8	52	416	
	Medidor de variables eléctricas	Equipo	2	687	1374	
	Cableado	Equipo	1	1500	1500	
Unidades	RTU	Equipo	2	3150	6300	

remotas	Fuente	Equipo	2	390	780	
	UPS	Equipo	2	360	720	
	Gabinete y accesorios	Equipo	2	200	400	
	Cableado	Equipo	1	1000	1000	
Total Inversión en Adquisición de Bienes Muebles					8200	
COMPONENTE Mano de Obra Calificada						
CATEGORÍA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VLR UNIDAD (Miles de pesos)	VLR PARCIAL (miles de pesos)	Observaciones
Profesional	Ingeniería de detalle	Mes	1	5000	5000	
Profesional	Instalación de instrumentación y RTUs	Mes	1	2500	2500	
Profesional	Configuración y programación de RTUs	Mes	1	3000	3000	
Total Inversión en Mano de Obra Calificada					10500	
TOTAL						
A.I.U. (20%)			\$5.015.800			
IVA (16%)			\$4.012.640			
TOTAL INVERSION			\$34.107.440			

FORMATO PE-02: PRESUPUESTO DE OBRA DEL PROYECTO						
Sección B: Operación						
Nombre del Proyecto: <i>Implementación de un sistema de automatización y monitoreo para los aires acondicionados de los edificios de Ingeniería Química y Ciencias Humanas.</i>						
Alternativa: Compra de equipos y adecuación de la infraestructura para la puesta en funcionamiento de un sistema SCADA para los sistemas de aire acondicionado de los edificios de Ingeniería Química y Ciencias humanas de la Universidad Industrial de Santander.						
COMPONENTE	Funcionamiento 2013					
CATEGORÍA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VLR UNIDAD (Miles de pesos)	VLR PARCIAL (miles de pesos)	Observaciones
Operación y mantenimiento	Mantenimiento	Meses	3	300	900	
Total Costos de Operación					900	
COMPONENTE	Funcionamiento 2014					
CATEGORÍA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VLR UNIDAD (Miles de pesos)	VLR PARCIAL (miles de pesos)	Observaciones

				pesos)	pesos)	
Operación y mantenimiento	Mantenimiento	Meses	3	331	993	
Total Costos de Operación					993	
COMPONENTE	Funcionamiento 2015					
CATEGORÍA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VLR UNIDAD (Miles de pesos)	VLR PARCIAL (miles de pesos)	Observaciones
Operación y mantenimiento	Mantenimiento	Meses	3	338	1164	
Total Costos de Operación					1164	
COMPONENTE	Funcionamiento 2016					
CATEGORÍA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VLR UNIDAD (Miles de pesos)	VLR PARCIAL (miles de pesos)	Observaciones

Operación y mantenimiento	Mantenimiento	Meses	3	473	1419	
Total Costos de Operación					1419	
COMPONENTE	Funcionamiento 2017					
CATEGORÍA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VLR UNIDAD (Miles de pesos)	VLR PARCIAL (miles de pesos)	Observaciones
Operación y mantenimiento	Mantenimiento	Meses	3	584	1752	
Total Costos de Operación					1752	
COMPONENTE	Funcionamiento 2018					
CATEGORÍA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VLR UNIDAD (Miles de pesos)	VLR PARCIAL (miles de pesos)	Observaciones
Operación y mantenimiento	Mantenimiento	Meses	3	709	2127	

Total Costos de Operación						2127	
COMPONENTE	Funcionamiento 2019						
CATEGORÍA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VLR UNIDAD (Miles de pesos)	VLR PARCIAL (miles de pesos)	Observaciones	
Operación y mantenimiento	Mantenimiento	Meses	3	842	2526		
Total Costos de Operación						2526	
COMPONENTE	Funcionamiento 2020						
CATEGORÍA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VLR UNIDAD (Miles de pesos)	VLR PARCIAL (miles de pesos)	Observaciones	
Operación y mantenimiento	Mantenimiento	Meses	3	976	2928		
Total Costos de Operación						2928	

COMPONENTE		Funcionamiento 2021				
CATEGORÍA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VLR UNIDAD (Miles de pesos)	VLR PARCIAL (miles de pesos)	Observaciones
Operación y mantenimiento	Mantenimiento	Meses	3	1110	3330	
Total Costos de Operación					3330	
COMPONENTE		Funcionamiento 2022				
CATEGORÍA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VLR UNIDAD (Miles de pesos)	VLR PARCIAL (miles de pesos)	Observaciones
Operación y mantenimiento	Mantenimiento	Meses	3	1234	3702	
Total Costos de Operación					3702	

FORMATO PE-05: CAPACIDAD INSTALADA

Nombre del Proyecto: *Implementación de un sistema de automatización y monitoreo para los aires acondicionados de los edificios de Ingeniería Química y Ciencias Humanas.*

¿CUAL ES LA CAPACIDAD INSTALADA POR EL PROYECTO?

CANTIDAD: 246

UNIDAD DE MEDIDA: Variables monitoreadas y registradas

OBSERVACIONES:

La capacidad estimada, se presenta en número de variables que el sistema podría monitorear. Estas variables representan un mecanismo de control, monitoreo y prevención de fallos de los sistemas de aire acondicionado de los edificios de Ingeniería Química y Ciencias Humanas.

Para determinar la capacidad instalada se tuvo en cuenta el estudio sobre las variables de interés en los sistemas de aire acondicionado, así como la capacidad de la unidad remota propuesta para el monitoreo y control remoto por medio del sistema SCADA.

FORMATO PE-07: EFECTO AMBIENTAL

Nombre del Proyecto: *Implementación de un sistema de automatización y monitoreo para los aires acondicionados de los edificios de Ingeniería Química y Ciencias Humanas.*

Alternativa: Compra de equipos y adecuación de la infraestructura para la puesta en funcionamiento de un sistema SCADA para los sistemas de aire acondicionado de los edificios de Ingeniería Química y Ciencias humanas de la Universidad Industrial de Santander.

Por las características propias del sistema SCADA planteado, se considera que no se genera un impacto negativo sobre el ambiente, ya que en los sistemas no hay emisiones ni uso de material contaminante.

Por el contrario, se espera que con la implementación del sistema SCADA se mejore el consumo de recursos energéticos del campus, mediante un funcionamiento óptimo de los equipos y sistemas de aire acondicionado.

FORMATO PE-09: MARCO INSTITUCIONAL

Nombre del Proyecto: *Implementación de un sistema de automatización y monitoreo para los aires acondicionados de los edificios de Ingeniería Química y Ciencias Humanas.*

La Universidad, a través de su Plan de Desarrollo Institucional (PDI) 2008-2018, plantea en su dimensión académica una serie de objetivos que buscan en general fortalecer el posicionamiento de la Universidad como una universidad de investigación de alto nivel. Entre los objetivos estratégicos que se enmarcan en el proyecto están:

OBJETIVO ESTRATEGICO I:

“Realizar investigación de alta calidad orientada al desarrollo científico y conduce a innovaciones tecnológicas, sociales, económicas, culturales y políticas pertinentes con el desarrollo del país.”

En este objetivo se plantean estrategias que buscan articular la dinámica investigativa de la universidad con las necesidades de la región, consolidar la labor universitaria en ciencia, tecnología e innovación, fomentar la investigación universitaria de alta complejidad y lograr mayor reconocimiento de las actividades de investigación,

OBJETIVO ESTRATEGICO II:

“Consolidar la alta calidad de los programas académicos de pregrado.”

Aquí se destaca la importancia de los procesos de acreditación de alta calidad, el compromiso con el mejoramiento y modernización de la infraestructura física y tecnológica al servicio de las actividades académicas

mediante inversión en infraestructura del cinco por ciento del presupuesto y la consolidación de una cultura de calidad en las diferentes actividades académicas.

OBJETIVO ESTRATEGICO III:

“Orientar los programas de posgrado hacia la consolidación de las maestrías y doctorados ligados a ejes estratégicos de investigación con proyección internacional”

Estos objetivos plantean estrategias como:

1. Ampliar la oferta de programas de doctorado y maestría soportados por grupos de investigación consolidados.
2. Consolidar la cooperación con entidades nacionales e internacionales con el fin de fortalecer los programas de pregrado y posgrado y fomentar su internacionalización.
3. Consolidar la cultura de gestión de calidad en todos los procesos del modelo educativo.
4. Acreditar y certificar los laboratorios, en el marco de proyección a la sociedad con el ánimo de apoyar la competitividad de la industria regional.
5. Formular y desarrollar una política de becas y otros apoyos e incentivos para estudiantes de postgrado (maestrías y doctorados).
6. Formular y cofinanciar proyectos de investigación en temas estratégicos regionales e nacionales.
7. Desarrollar estrategias de financiación para estudiantes de maestrías de investigación y doctorados.

OBJETIVO ESTRATEGICO VI:

“Consolidar la capacidad institucional en materia de extensión y proyección social de alta calidad”

Para lo cual se plantea:

1. Desarrollar e implementar una estrategia de gestión de la extensión en la Universidad.
2. Fortalecer la extensión teniendo como fundamento la labor docente e investigativa de la institución.
3. Fortalecer los grupos interdisciplinarios con capacidad de articulación interinstitucional e intersectorial.
4. Contribuir a la solución de los problemas sociales, económicos y políticos del país y la región.
5. Colaborar con el sector productivo en procesos de desarrollo tecnológico y de innovación.
6. Cooperar con el sector empresarial en aras del mejoramiento de su productividad y competitividad.
7. Diseñar y aplicar procesos estandarizados de evaluación integral de la extensión en la Universidad.
8. Crear una cultura institucional que estimule el emprendimiento y la creación de empresas.
9. Fomentar, proteger y comercializar los desarrollos científicos y tecnológicos de la institución.
10. Crear procesos estandarizados de evaluación integral de la extensión de la Universidad.

Por ultimo, el proyecto se enmarca dentro del cumplimiento de una política

de calidad, enfocada al mejoramiento de la infraestructura tecnológica de la UIS, en la medida en que ofrezca servicios de monitoreo y control de las variables pertinentes a los sistemas de aire acondicionado de el campus universitario.

El sistema SCADA propuesto presta servicios, principalmente, a las divisiones de Mantenimiento Tecnológico y Planta Física, y se encuentra conformado por múltiples dispositivos electrónicos que no requieren mayor financiación en su etapa de operación. Es por esto que se considera que el gasto de este proyecto consiste principalmente en la inversión inicial para la compra de los equipos, y no en los gastos de su operatividad.

FORMATO FS-01: FUENTE DE FINANCIACIÓN DE LA INVERSIÓN DEL PROYECTO						
Nombre del Proyecto: <i>Implementación de un sistema de automatización y monitoreo para los aires acondicionados de los edificios de Ingeniería Química y Ciencias Humanas.</i>						
AÑOS CALENDARIO	CENTRO DE COSTOS	EJECUTADO	0	1	SALDO	TOTAL
RECURSOS DE INVERSIÓN						
INTERNAS						
Fondo Común						
Estampilla ProUIS	\$34.107.440					\$34.107.440
RECURSOS DE FUNCIONAMIENTO						
TOTAL FINANCIACION INVERSIÓN	\$34.107.440					\$34.107.440

FORMATO FS-02:**FUENTE DE FINANCIACIÓN DE LA OPERACIÓN DEL PROYECTO**

Nombre del Proyecto: *Implementación de un sistema de automatización y monitoreo para los aires acondicionados de los edificios de Ingeniería Química y Ciencias Humanas.*

AÑOS CALENDARIO	CENTRO DE COSTOS	EJECUTADO	0	1	2	3	4	5	SALDO	TOTAL
RECURSOS DE INVERSIÓN				900	993	1164	1419	1752		6228
INTERNAS										
Fondos Especiales										
TOTAL FINANCIACION OPERACION										

FORMATO FS-02: FUENTE DE FINANCIACIÓN DE LA OPERACIÓN DEL PROYECTO

Nombre del Proyecto: *Implementación de un sistema de automatización y monitoreo para los aires acondicionados de los edificios de Ingeniería Química y Ciencias Humanas.*

AÑOS CALENDARIO	CENTRO DE COSTOS	EJECUTADO	6	7	8	9	10	SALDO	TOTAL
RECURSOS DE INVERSIÓN			2127	2526	2928	3330	3702		14613
INTERNAS									
Fondos Especiales									
TOTAL FINANCIACION OPERACION									20841

ANEXO B. ESTUDIO DE CARGAS ELÉCTRICAS

Para verificar los valores nominales concernientes a la energía eléctrica consumida por los chiller de los sistemas de aire acondicionado, se realizó un estudio de cargas eléctricas en cada uno de ellos.

En los estudios se prestó atención especial a las anomalías que se pudieran presentar en la alimentación de la red eléctrica, así como a los valores de corrientes y voltajes de línea para compararlos con los valores nominales.

Mediante este análisis se pretende verificar que la alimentación eléctrica de los enfriadores sea la adecuada y así garantizar un funcionamiento adecuado de los motores eléctricos de los compresores principalmente, ya que son el elemento crítico en estos sistemas.

Las mediciones fueron realizadas durante periodos de días enteros para garantizar que el sistema estuviera sometido a las diferentes demandas, y así abarcar todas las posibles variaciones en los sistemas.

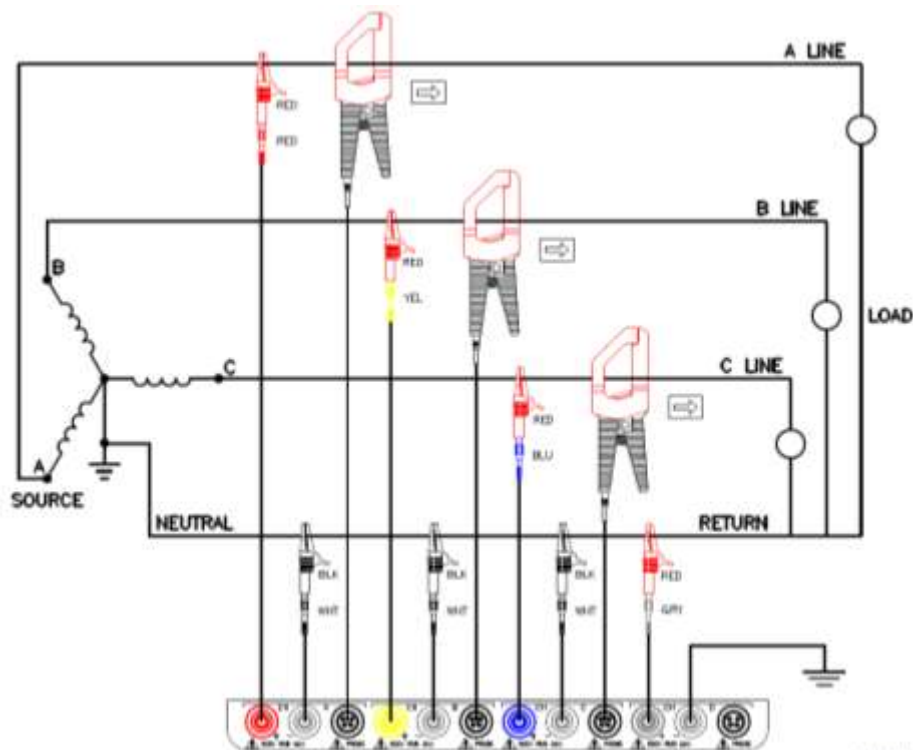
Para estas mediciones se usó un analizador de redes eléctricas *Dranetz-BMI Power Visa* de cuatro canales y una fase.

Figura B.1 Dranetz-BMI Power Visa



La conexión eléctrica de ambos sistemas es trifásica de tipo estrella por lo cual la conexión del analizador se realizo de la siguiente manera.

Figura 78. Conexión del analizador a la red eléctrica



CIENCIAS HUMANAS

A continuación se muestra el reporte generado tras las mediciones en este edificio, mostrando los umbrales de óptimo funcionamiento así como las graficas del comportamiento de distintas variables en el tiempo. El informe muestra los valores correspondientes a un solo día de mediciones, desde las 8:00 am hasta las 8:00 pm, siendo este el único día que presentó alguna anomalía en la red eléctrica de suministro como se mostrara en el siguiente informe generado por el software del analizador.

EN50160 INFORME DE CUMPLIMIENTO

Sitio: CIENCIAS HUMANAS SYS, Semana #1 Tensión Nominal (Un) = 120 V

Frecuencia de la Tensión de alimentación

Rango	Umbral	Cumplimiento:	
60 Hz +1%/-1%	99.5%	100.0%	PASA
60 Hz +4%/-6%	100.0%	100.0%	PASA

Variaciones de la tensión suministrada

Rango	Umbral	CHA	CHB	CHC	Cumplimiento:
120 V +10%/-10%	95.0%	91.5%	91.5%	91.5%	FALLO
120 V +10%/-15%	100.0%	91.5%	91.5%	91.5%	FALLO

FLICKER

Rango	Umbral	CHA	CHB	CHC	Cumplimiento:
<1	95.0%	100.0%	100.0%	100.0%	PASA

DESEQUILIBRIO DE LA TENSIÓN SUMINISTRADA

Rango	Umbral	Cumplimiento	
0-2%	95.0%	91.5%	FALLO

Armónicos

Todos los valores mostrados son del 95%

Limite (% de Un)	A	B	C	Estado
------------------	---	---	---	--------

THD	<8.00%	3.82%	3.76%	3.76%	PASA
H02	<2.00%	0.16%	0.16%	0.17%	PASA
H03	<5.00%	1.67%	1.64%	1.86%	PASA
H04	<1.00%	0.06%	0.06%	0.07%	PASA
H05	<6.00%	3.42%	3.29%	3.42%	PASA
H06	<0.50%	0.05%	0.04%	0.05%	PASA
H07	<5.00%	1.64%	1.68%	1.45%	PASA
H08	<0.50%	0.04%	0.03%	0.03%	PASA
H09	<1.50%	0.39%	0.17%	0.19%	PASA
H10	<0.50%	0.03%	0.03%	0.03%	PASA
H11	<3.50%	0.60%	0.90%	0.72%	PASA
H12	<0.50%	0.03%	0.03%	0.02%	PASA
H13	<3.00%	0.36%	0.19%	0.23%	PASA
H14	<0.50%	0.03%	0.02%	0.02%	PASA
H15	<0.50%	0.12%	0.15%	0.11%	PASA
H16	<0.50%	0.03%	0.02%	0.02%	PASA
H17	<2.00%	0.05%	0.05%	0.04%	PASA
H18	<0.50%	0.03%	0.02%	0.02%	PASA
H19	<1.50%	0.03%	0.03%	0.03%	PASA
H20	<0.50%	0.03%	0.02%	0.03%	PASA
H21	<0.50%	0.05%	0.05%	0.05%	PASA
H22	<0.50%	0.03%	0.02%	0.03%	PASA
H23	<1.50%	0.03%	0.03%	0.03%	PASA
H24	<0.50%	0.03%	0.02%	0.02%	PASA
H25	<1.50%	0.03%	0.03%	0.03%	PASA

Alimentación de Voltaje Señales Principales

90Hz - 3060Hz

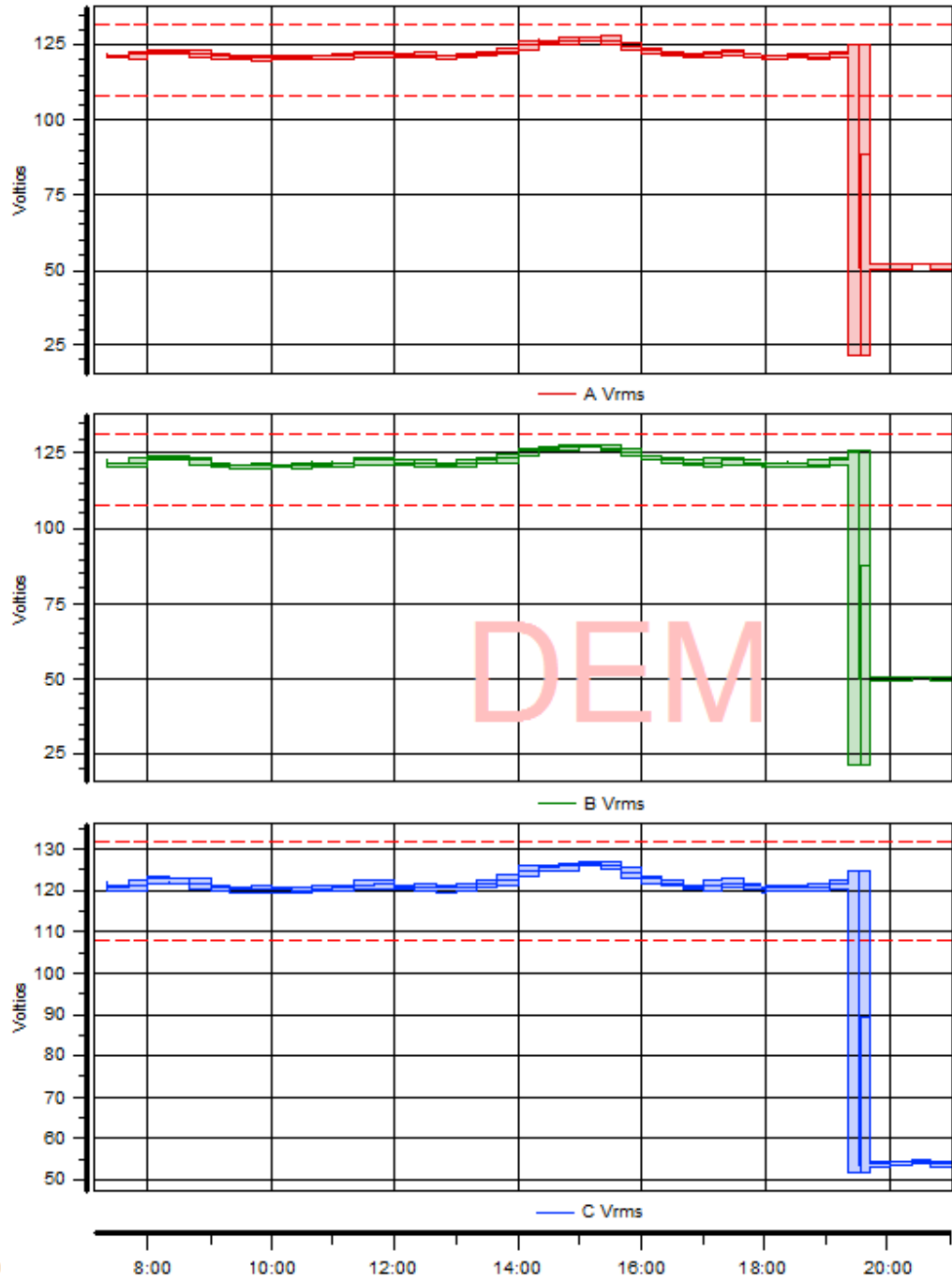
PASA

* **THD** *total harmonic distortion*

***H** eventos u anomalías registradas

DIAGRAMAS DE TENSIÓN

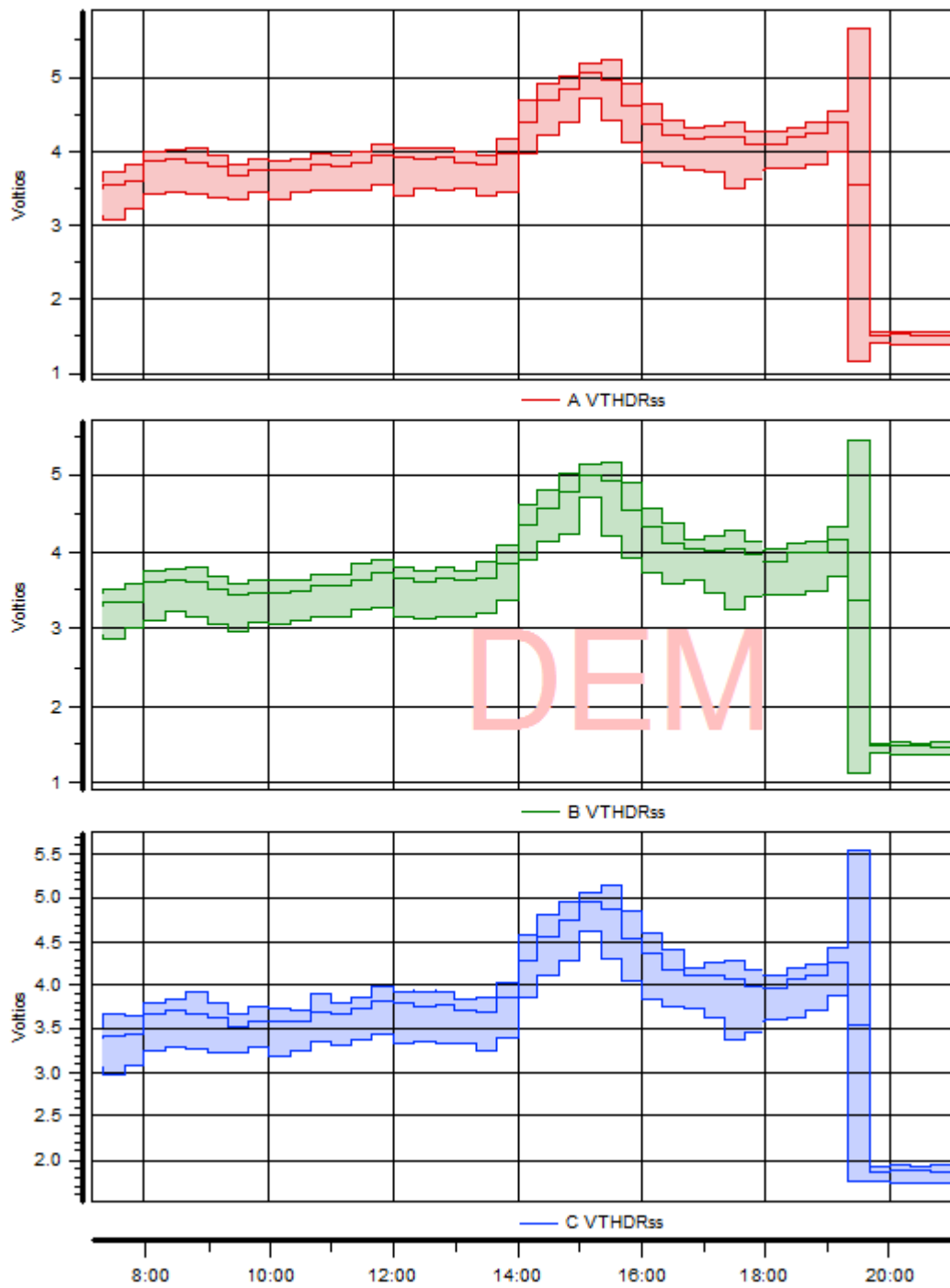
Sitio: CIENCIAS HUMANAS SYS



* RMS root mean square

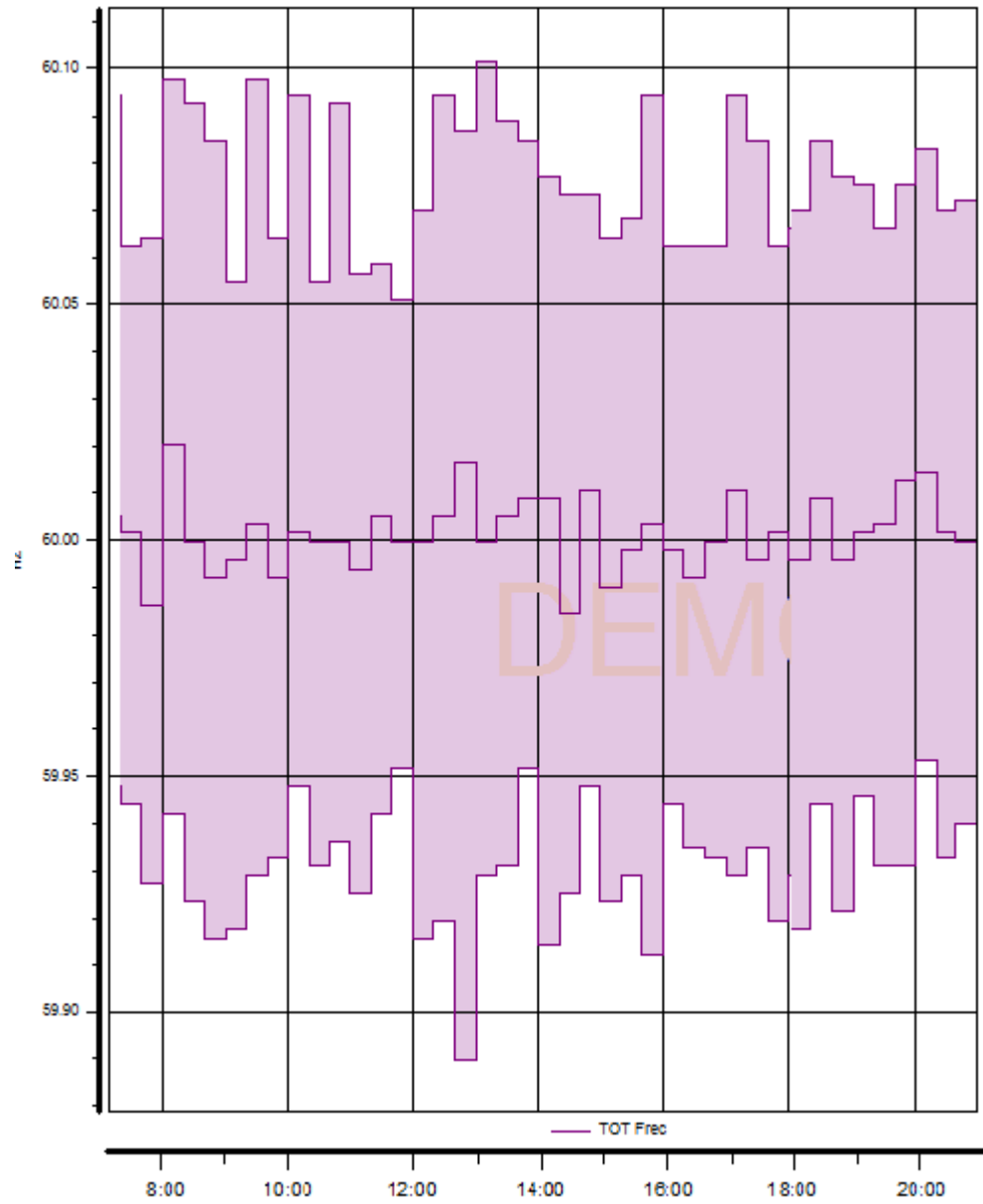
DIAGRAMAS DE THD (V)

Sitio: CIENCIAS HUMANAS SYS



DIAGRAMAS DE LA FRECUENCIA DE TENSIÓN

Sitio: CIENCIAS HUMANAS SYS



DIAGRAMAS ACTIVIDAD

Sitio: CIENCIAS HUMANAS SYS

HUECOS DE TENSIÓN

NO SE ENCONTRÓ NINGÚN EVENTO EN ESTA CATEGORÍA

SOBRETENSIONES

NO SE ENCONTRÓ NINGÚN EVENTO EN ESTA CATEGORÍA

INTERRUPCIONES DE TÉNSION

NO SE ENCONTRÓ NINGÚN EVENTO EN ESTA CATEGORÍA

DIAGRAMA DE FASE DEL A ARMÓNICO

Sitio: CIENCIAS HUMANAS SYS

TENSIÓN

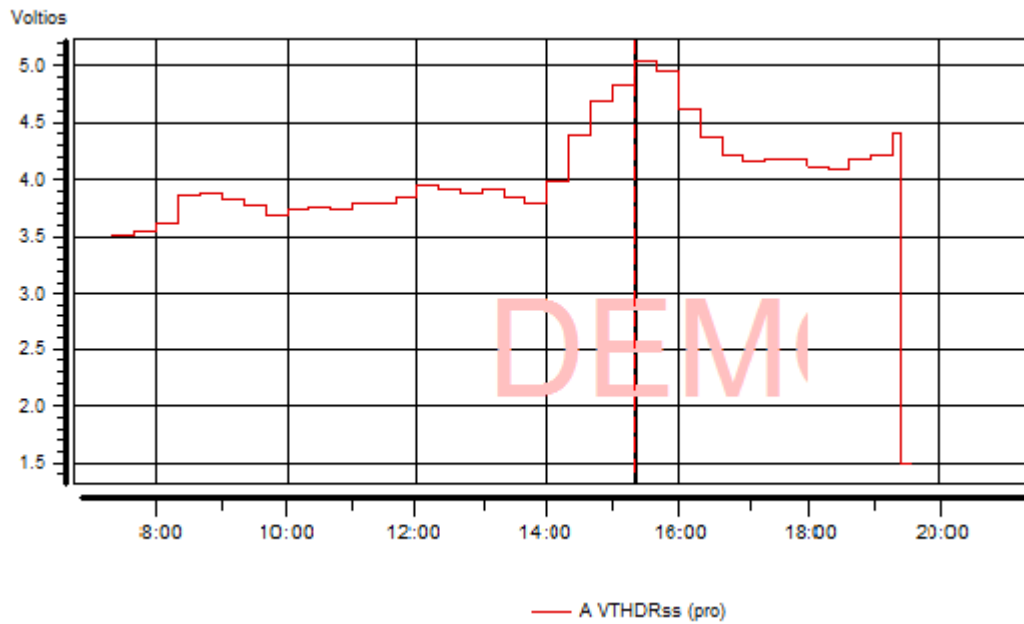


DIAGRAMA DE FASE DEL A ARMÓNICO

Sitio: CIENCIAS HUMANAS SYS

INTENSIDAD

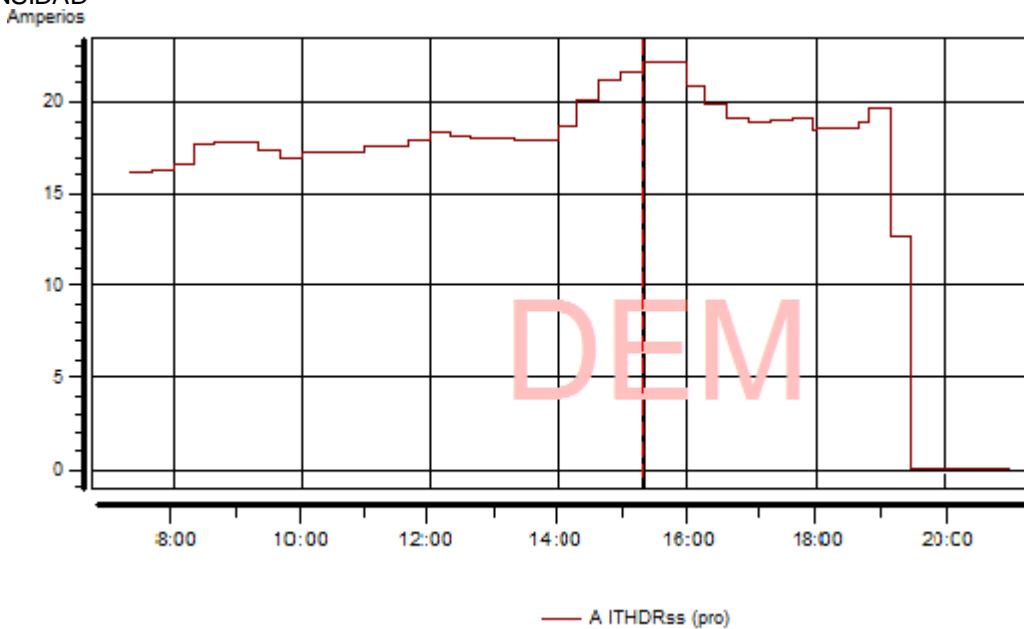


DIAGRAMA DE FASE DEL B ARMÓNICO

Sitio: CIENCIAS HUMANAS SYS

TENSIÓN

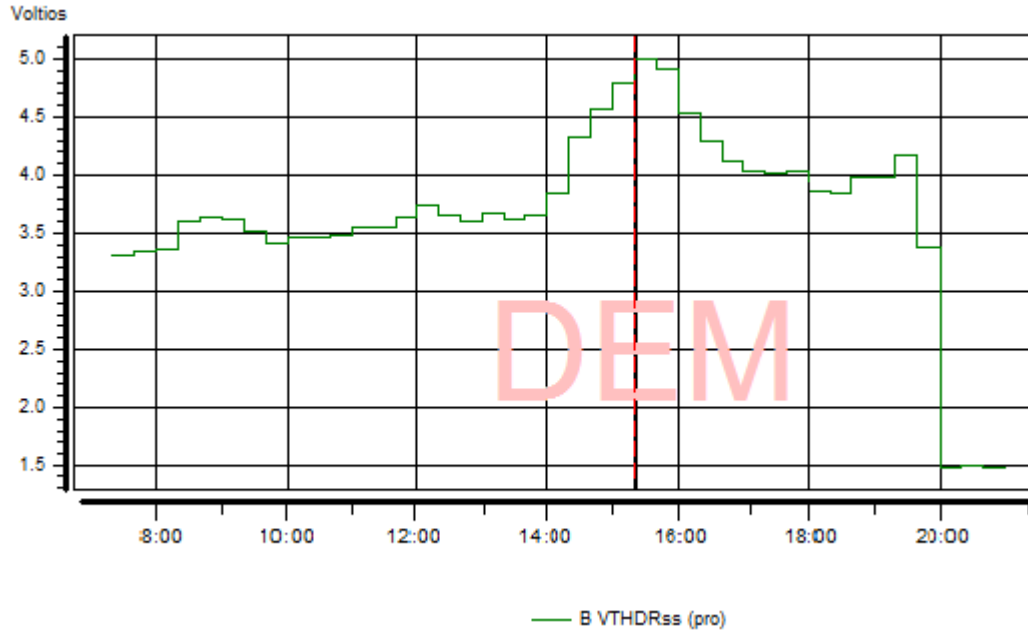


DIAGRAMA DE FASE DEL B ARMÓNICO

Sitio: CIENCIAS HUMANAS SYS

INTENSIDAD

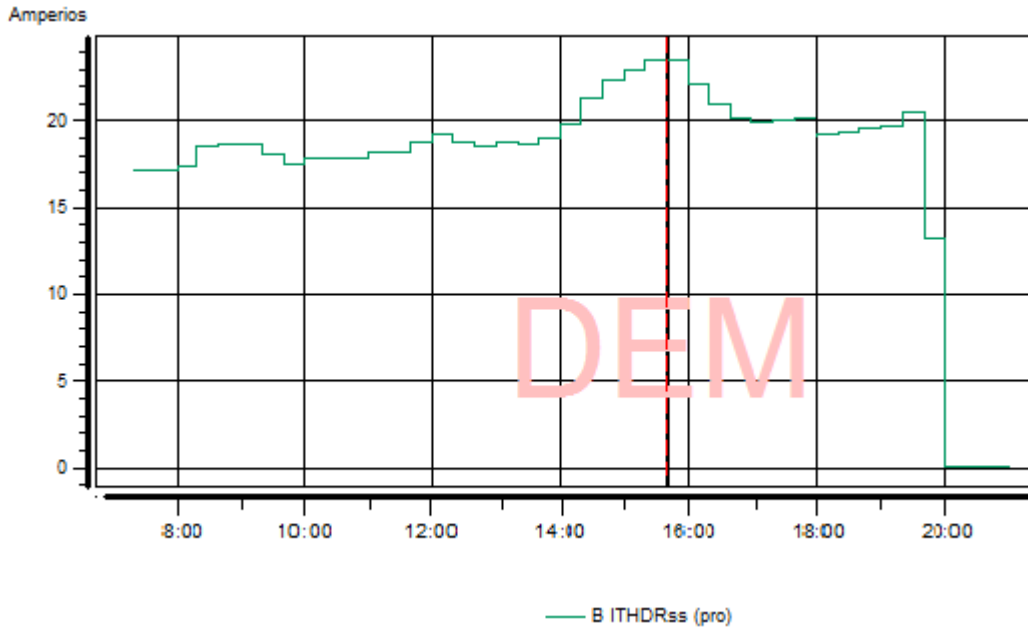


DIAGRAMA DE FASE DEL C ARMÓNICO

Sitio: CIENCIAS HUMANAS SYS

TENSIÓN

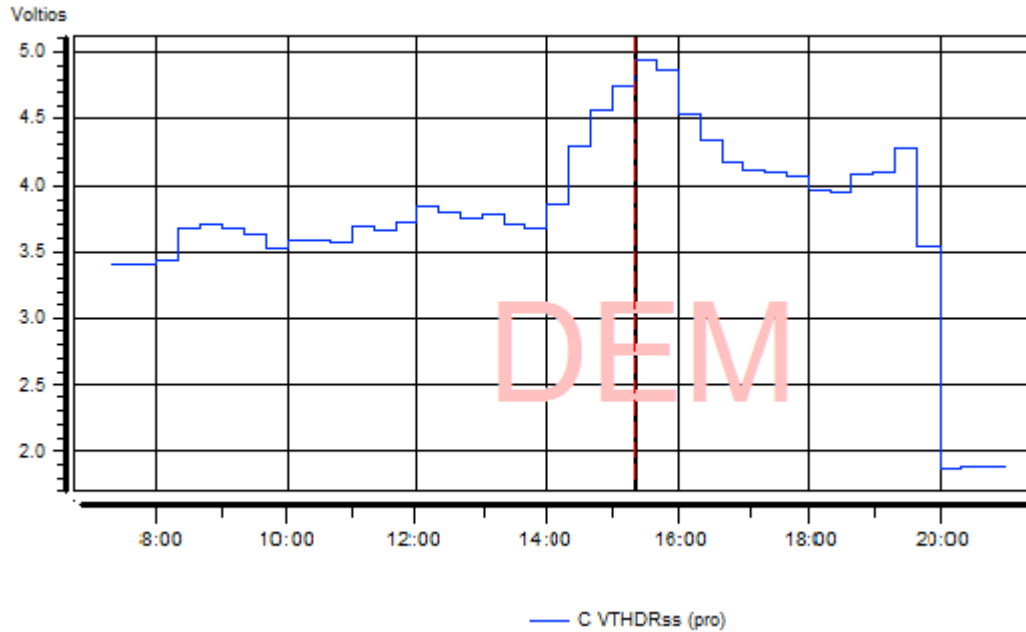
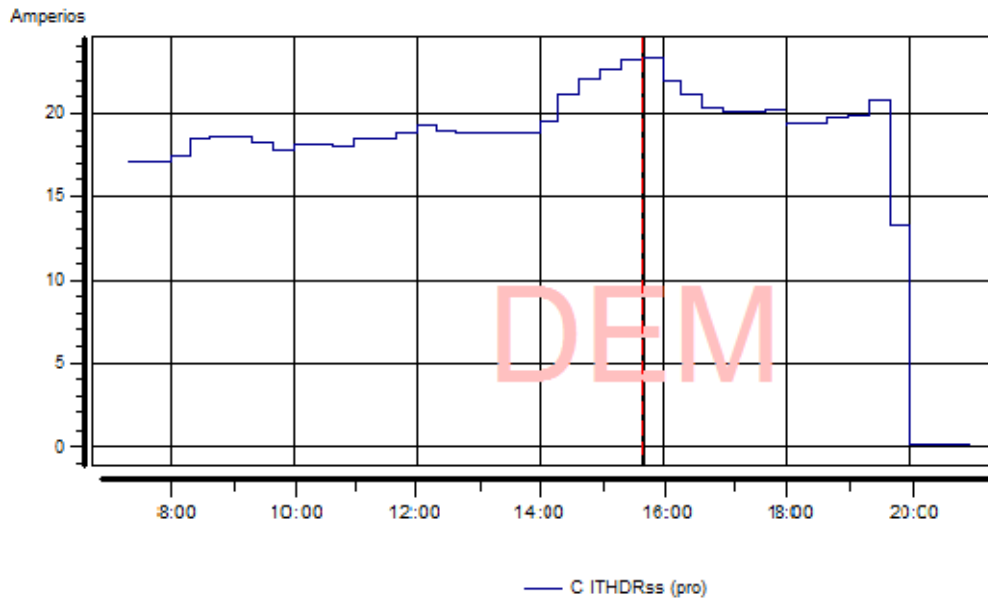


DIAGRAMA DE FASE DEL C ARMÓNICO

Sitio: CIENCIAS HUMANAS SYS

INTENSIDAD



Como se observa en el informe, a lo largo de las mediciones solo ocurrió una anomalía en la red de suministro eléctrico que consistió en una variación de la tensión, la cual supero los límites de tolerancia establecidos por las normas de calidad de energía eléctrica generadas por defecto en la configuración del analizador.

En general el suministro de energía eléctrica al chiller del sistema de aire acondicionado de este edificio es muy bueno. Además el registro de energía consumida por el sistema se ve reflejado en la intensidad de corriente, la cual es muy cercana a los valores nominales suministrados por el proveedor, como se muestra a continuación.

Tabla B.1 Comparación de intensidad de corriente nominal y medida C.H.

Sistema	I Nominal [A]	I Medida [A]		
		Fase A	Fase B	Fase C
Sys 1	382	199.19	206.61	198.91
Sys 2	396	205.3	207.6	208.1

*Las corrientes de fase se presentan en valores rms.

Donde los compresores del Sys 1 y Sys 2 funcionan a 220 V y tienen una potencia nominal de 94 y 100 HP respectivamente.

En este sistema los subsistemas solo funcionan simultáneamente si se tiene una carga térmica muy alta, de lo contrario se turna el subsistema líder cada vez que se cumplan 1000 horas de servicio.

INGENIERÍA QUÍMICA

El informe de la medición generado luego de las mediciones en este edificio arrojo resultados muy buenos, donde se presentaron 32 eventos, pero ninguno de ellos sobrepaso los niveles de tolerancia establecidos.

EN50160 INFORME DE CUMPLIMIENTO

Sitio: INGENIERIA QUIMICA SYS, Semana #1 Tensión Nominal (Un) = 120 V

Frecuencia de la Tensión de alimentación

Rango	Umbral	Cumplimiento:	
60 Hz +1%/-1%	99.5%	100.0%	PASA
60 Hz +4%/-6%	100.0%	100.0%	PASA

Variaciones de la tensión suministrada

Rango	Umbral	CHA	CHB	CHC	Cumplimiento:
120 V +10%/-10%	95.0%	96.5%	99.0%	97.5%	PASA
120 V +10%/-15%	100.0%	97.5%	98.5%	96.0%	PASA

FLICKER

Rango	Umbral	CHA	CHB	CHC	Cumplimiento:
<1	95.0%	100.0%	100.0%	100.0%	PASA

DESEQUILIBRIO DE LA TENSIÓN SUMINISTRADA

Rango	Umbral	Cumplimiento	
0-2%	95.0%	99.0%	PASA

Armónicos

Todos los valores mostrados son del 95%

	Limite (% de Un)	A	B	C	Estado
THD	<8.00%	3.82%	3.76%	3.76%	PASA
H01	<0.50%	0.03%	0.03%	0.03%	PASA
H02	<0.50%	0.03%	0.03%	0.02%	PASA

H03	<3.00%	0.36%	0.19%	0.23%	PASA
H04	<0.50%	0.03%	0.02%	0.02%	PASA
H05	<0.50%	0.12%	0.15%	0.11%	PASA
H06	<0.50%	0.03%	0.02%	0.02%	PASA
H07	<2.00%	0.05%	0.05%	0.04%	PASA
H08	<0.50%	0.03%	0.02%	0.02%	PASA
H09	<1.50%	0.03%	0.03%	0.03%	PASA
H10	<2.00%	0.16%	0.16%	0.17%	PASA
H11	<0.50%	0.05%	0.05%	0.05%	PASA
H12	<0.50%	0.03%	0.02%	0.03%	PASA
H13	<1.50%	0.03%	0.03%	0.07%	PASA
H14	<0.50%	0.03%	0.02%	0.02%	PASA
H15	<1.50%	0.03%	0.03%	0.03%	PASA
H16	<0.50%	0.05%	0.04%	0.05%	PASA
H17	<5.00%	1.64%	1.68%	1.45%	PASA
H18	<0.50%	0.04%	0.03%	0.03%	PASA
H19	<1.50%	0.39%	0.17%	0.19%	PASA
H13	<5.00%	1.67%	1.64%	1.86%	PASA
H20	<1.00%	0.06%	0.06%	0.07%	PASA
H21	<6.00%	3.42%	3.29%	3.42%	PASA
H22	<0.50%	0.03%	0.02%	0.03%	PASA
H23	<1.00%	0.06%	0.06%	0.07%	PASA
H24	<6.00%	3.42%	3.29%	3.48%	PASA
H25	<0.50%	0.05%	0.04%	0.05%	PASA
H26	<0.50%	0.05%	0.04%	0.05%	PASA
H27	<5.00%	1.64%	1.68%	1.45%	PASA
H28	<0.50%	0.04%	0.03%	0.03%	PASA
H30	<1.50%	0.39%	0.17%	0.19%	PASA
H31	<6.00%	3.42%	3.29%	2.42%	PASA
H32	<0.50%	0.04%	0.05%	0.05%	PASA

Alimentación de Voltaje Señales Principales

90Hz - 3060Hz

PASA

Además las mediciones de intensidad eléctrica en el sistema arrojaron resultado satisfactorio en cuanto al consumo de los elementos del chiller.

Tabla B.2 Comparación de intensidad de corriente nominal y medida I.Q.

Sistema	I Nominal [A]	I Medida [A]		
		Fase A	Fase B	Fase C
Sys 1	316	52.8	51.6	52.1
Sys 2	260	42.9	43.9	42.8

Para este chiller se tomaron las corrientes consumidas por cada compresor debido a que cada subsistema cuenta con un rack de compresores que alternan su funcionamiento o trabajan simultáneamente según la carga térmica.

Tabla B.3 Comparación de intensidad de corriente de compresores del sistema I.Q.

Subsistema	Compresor 1 [A]			Compresor 2 [A]			Compresor 3 [A]		
Fase	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Sys 1	39.5	39.2	38.7	38.6	39.8	37.8	38.5	39.3	40.1
Sys 2	31.3	31.3	32.1	31.6	33.1	32.5	31.2	32.1	31.7

De esta manera se verifico que todos los compresores trabajan de una manera óptima. Estos subsistemas (1 y 2) se alternan también cada 1000 horas de servicio.

ANEXO C. MAPAS PROTOCOLOS DE COMUNICACIÒN

ITEM REF	BACnet NAME	BACnet Object/Inst	MODBUS ADDRESS	MODBUS Data Type Support	ENG UNITS	READ WRITE	POINT DESCRIPTION	Point List Code
94	CNTL_MODE	BI_20	1301	01,02,03	0, 1	R	Local/Remote Control Mode (0=Local, 1=Remote)	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
95	DATA_UNIT	BI_21	1302	01,02,03	0, 1	R	Units (0=Imperial, 1=S)	
96	AUTO_LL	BI_22	1303	01,02,03	0, 1	R	Lead/Lag Control Mode (0=Manual, 1=Auto)	

TABLE A

Code	Operational Codes
0	No Abnormal Condition
1	Unit Switch Off
2	System Switch Off
3	Lock-Out
4	Unit Fault
5	System Fault
6	Remote Shutdown
7	Daily Schedule Shutdown
8	No Run Permissive
9	No Cool Load
10	PRE-CHARGE TIME ACTIVE
11	Anti-Recycle Timer Active
12	Manual Override
13	Suction Limiting
14	Discharge Limiting
15	Load Limiting
16	Compressor(s) Running
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	

Code	Fault Codes
0	No Fault
1	VAC Under Voltage
2	Low Ambient Temperature
3	High Ambient Temperature
4	Low Leaving Chilled Liquid Temp
5	High Discharge Pressure
6	High Differential Oil Pressure
7	Low Suction Pressure
8	High Motor Current
9	LLSV Not On
10	Low Battery Warning
11	High Oil Temperature
12	High Discharge Temperature
13	Improper Phase Rotation
14	Low Motor Current / MP / HP/CO
15	Motor Current Unbalanced
16	Low Differential Oil Pressure
17	Ground Fault
18	MP/HP/CO Fault
19	Low Evaporator Temperature
20	Incorrect Refrigerant Programmed
21	Power Failure, Manual Reset Required
22	Unit Motor Current
23	Low Superheat
24	Sensor Fault
25	
26	MP/HP/CO Inhibit
27	
28	
29	
30	

NOTES

- The IPUL based YCAL YCAL Units are configured for Native BACnet MS/TP and Modbus RTU communications. The Microgateway product is not required for these 2 interfaces
- BACnet Object Types: 0= Analog In, 1= Analog Out, 2= Analog Value, 3= Binary In, 4= Binary Output, 5= Binary Value, 9= Device, 15= Alarm Notification (0-127 are reserved ASHRAE Objects)
- WC= inches of water column, CFM = Cubic Feet per Minute, FPM = Feet per Minute, PS = Lbs per square inch, Pa = Pascals, kPa = Kilopascals, PPM = Part Per Million, kJ/kg = Kiljoules per Kilogram
- See the applicable Middle Market Chiller Operations Manual for more details
- The YCAL uses the same firmware as a YCAL, it just ignores Fan Control
-
-
-
-
-
-