

**PLAN DE MANEJO Y OPERACIÓN PARA EL AHORRO DE ENERGIA DEL
SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DEL EDIFICIO J DE LA
UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA DE BUCARAMANGA**

FELIX GERMÁN SUAREZ DE AQUIZ

Práctica Empresarial

Director: Gilberto Fontecha Dulcey

Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

BUCARAMANGA

2009

**PLAN DE MANEJO Y OPERACIÓN PARA EL AHORRO DE ENERGIA DEL
SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DEL EDIFICIO J DE LA
UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA**

Presentado a:

MIGUEL ANGEL REYES OROZCO

Ingeniero Mecánico

Gilberto Fontecha Dulcey

Ingeniero Mecánico Director de la práctica

gfontecha@upbbga.edu.co

Félix Germán Suárez De Aquiz

Estudiante pasante

felixgermansd@gmail.com

Bucaramanga, 29 de Julio de 2009.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de todo corazón a Luís Felipe y Paulina, mis padres, por su incansable apoyo y paciencia quienes de manera incondicional siempre estuvieron animándome para seguir adelante a pesar de mis fracasos. A Ricardo, Mercedes y Luisa, mis hermanos, por sus consejos y el cariño que en los instantes difíciles me hicieron sentir que nunca estaba solo.

Deseo manifestar mi especial gratitud por el incalculable apoyo y confianza al M. en C. Gilberto Fontecha, por haber confiado en mí la gran responsabilidad del manejo de los equipos de aire acondicionado del edificio J, experiencia que me permitió bajo su guía entregar en buen término este trabajo.

De la misma forma deseo expresar mi gratitud al Ingeniero Edwin Córdoba, Miguel Ángel Reyes y al ingeniero Emil Hernández, Arquitecta Luz Astrid Ramírez, Dr. Luis Alfonso Díaz, ya que gracias a sus aportes se logró enriquecer este trabajo.

Deseo expresar mi agradecimiento a todos mis amigos y aquellas personas que inconscientemente he omitido en estas palabras, que contribuyeron de una u otra forma hacer de esta idea una realidad.

A la memoria de Ana Julia, para quien el conocimiento siempre fue el mejor camino para salir adelante, siendo esta su mayor dicha y fuente de orgullo.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
OBJETIVO GENERAL	15
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
ALCANCES	16
JUSTIFICACION	17
CAPITULO1. GENERALIDADES DE LA INSTITUCIÓN DONDE SE REALIZÓ LA PRÁCTICA EMPRESARIAL	18
1.1. INFORMACIÓN DE LA EMPRESA.....	18
1.2. PLANTA FÍSICA DE LA EMPRESA	19
CAPITULO 2. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DEL EDIFICIO J21	
2.1. SISTEMA FÍSICO DE ENFRIAMIENTO	21
2.2. SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO	23
CAPITULO 3. DIAGNOSTICO INICIAL DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO EN EL EDIFICIO J	26
3.1. DIAGNOSTICO DE CONFORT Y CONSUMO ELÉCTRICO.....	26
3.2. ANÁLISIS DEL NIVEL DE PRIORIDAD DE LOS SISTEMAS.....	32
CAPITULO 4. METODOLOGÍA PARA LA ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN DE PROCESOS DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO.....	34
4.1. INTRODUCCIÓN AL PLAN DE MANEJO Y GESTIÓN DE PROCESOS	34
4.2. TOMA DE DECISIONES	34
4.3. SOLICITUDES POR EL SISTEMA REQSYS	37
4.4. GESTIÓN DE GARANTÍAS.....	38
4.5. PROCESO DE LICITACIÓN	38
4.6. PROCESO DE MEJORAMIENTO	39
CAPITULO 5. PLAN DE MANTENIMIENTO	41
5.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS Y SU PRIORIDAD	41
5.2 MANTENIMIENTO BASADO EN LA INSPECCIÓN.....	42
5.3 MANTENIMIENTO BASADO EN EL EXAMEN DE CONDICIÓN	43
5.4. MANTENIMIENTO BASADO EN EL FALLO	46
CAPITULO 6. PLAN DE OPERACIÓN PARA EL AHORRO DE ENERGÍA	47
6.1. PLAN DE DISMINUCIÓN DE CONSUMOS ENERGÉTICOS.....	47
6.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS GENERADORES DE ALTO CONSUMO	48
CAPITULO 7. CASOS TRABAJADOS DURANTE LA PRÁCTICA.....	52
7.1. DIAGNOSTICO DE CONFORT	54
7.2. DIAGNOSTICO DE CONSUMO ELÉCTRICO	61
RECOMENDACIONES	65
CONCLUSIONES	69

ANEXOS.....	71
ANEXO 1. CONTROL DEL SISTEMA POR UN OPERADOR TRANSITORIO.....	72
<i>Como está organizada esta guía</i>	<i>73</i>
1. Introducción	74
1.1. Conceptos básicos.....	74
1.2. Descripción del sistema	75
1.3. Instrucciones para encender y apagar la CyberStation	78
2. Monitoreo del sistema	81
2.2. Plataformas de control por áreas.....	87
2.3. El Auditorio.....	87
Bibliografía Anexo 1.....	90
ANEXO 2. CONTROL DEL SISTEMA POR EL ADMINISTRADOR.....	91
<i>Como está Organizada esta Guía</i>	<i>92</i>
1. Introducción	93
1.1. Conceptos básicos.....	93
1.2. Descripción del sistema	94
1.3. Instrucciones para encender y apagar la CyberStation	98
2. Monitoreo del sistema	100
2.2. Plataformas de control por áreas.....	105
2.3. El Auditorio	107
2.4. Manejo de Mensajes de Error y Alarmas	108
3. Plataforma de programación.....	111
3.1 System & Status.....	112
3.2. Schedule manejo de horarios.....	113
3.3. Explorer	115
Bibliografía Anexo 2.....	124
ANEXO 3. MANTENIMIENTO TORRE DE ENFRIAMIENTO.....	125
Equipo	126
Ubicación.....	127
Modos de Falla	127
Mantenimientos Preventivos.....	133
Mantenimiento de la torre de enfriamiento.....	138
Reemplazo del motor del ventilador. Referencia [14].....	139
Calidad de agua de enfriamiento. Referencia [14].....	140
Instrucciones de lavado de la torre de enfriamiento.....	141
Normas de seguridad.....	141
ANEXO 4. MANTENIMIENTO DEL CHILLER.....	144
Equipo	145
Ubicación.....	146
Modos de Falla	146
Mantenimiento Preventivo	147
Normas de seguridad.....	148
ANEXO 5. MANTENIMIENTO BOMBAS DE AGUA.....	149
Equipo	150
Ubicación.....	151
Modos de Falla	152
Mantenimientos Preventivos.....	155
Normas de seguridad.....	160
ANEXO 6. MANTENIMIENTO UNIDADES MANEJADORAS.....	161
Equipo	162

Ubicación.....	163
Modos de Falla	164
Mantenimientos Preventivos.....	166
Normas de seguridad.....	169
ANEXO 7. MANTENIMIENTO FAN COIL'S.....	171
Equipo	172
Ubicación.....	173
Modos de Falla	174
Mantenimientos Preventivos.....	175
Normas de seguridad.....	178
ANEXO 8. DISTANCIA MÍNIMA PARA PREVENCIÓN DE RIESGOS	178
Análisis de riesgo para el área del Chiller y las Bombas Primarias.....	180
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	183

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	Pág.
ILUSTRACIÓN 1. UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA. REFERENCIA [2].	20
ILUSTRACIÓN 2. EDIFICIO J, UNIVERSIDAD PONTIFICA BOLIVARIANA BUCARAMANGA.	21
ILUSTRACIÓN 3. DISTRIBUCIÓN DE LOS EQUIPOS EN EL EDIFICO J.	23
ILUSTRACIÓN 4. HARDWARE DEL SISTEMA DE CONTROL INSTALADO EN EL EDIFICIO J.	24
ILUSTRACIÓN 5. JERARQUÍAS DEL SOFTWARE DE CONTROL DEL SISTEMA DE HVAC DEL EDIFICO J.	25
ILUSTRACIÓN 6. REGISTRO DE HUMEDAD RELATIVA DEL MES DE ENERO, ENTREGADO POR EL SOFTWARE DE CONTROL CONTINUUM DEL EDIFICIO J DE LA UPB SECCIONAL BUCARAMANGA.	28
ILUSTRACIÓN 7. REGISTRO DE HUMEDAD RELATIVA DEL MES DE FEBRERO, ENTREGADO POR EL SOFTWARE DE CONTROL CONTINUUM DEL EDIFICO J DE LA UPB SECCIONAL BUCARAMANGA.	28
ILUSTRACIÓN 8. REGISTRO DE HUMEDAD RELATIVA DEL MES DE MARZO, OBTENIDA POR MEDIO DEL SOFTWARE DE CONTROL CONTINUUM DEL EDIFICIO J DE LA UPB SECCIONAL BUCARAMANGA.	29
ILUSTRACIÓN 9. REGISTRO DE HUMEDAD RELATIVA DEL MES DE ABRIL, OBTENIDA POR MEDIO DEL SOFTWARE DE CONTROL CONTINUUM DEL EDIFICIO J DE LA UPB SECCIONAL BUCARAMANGA.	29
ILUSTRACIÓN 10. REGISTRO DE TEMPERATURA DEL PRIMER PISO DEL EDIFICIO J DE LA UPB SECCIONAL BUCARAMANGA, OBTENIDO POR EL SOFTWARE DE CONTROL CONTINUUM.	30
ILUSTRACIÓN 11. REGISTRO DE TEMPERATURA DEL PRIMER PISO DEL EDIFICIO J DE LA UPB SECCIONAL BUCARAMANGA, OBTENIDO POR EL SOFTWARE DE CONTROL CONTINUUM.	30
ILUSTRACIÓN 12. REGISTRO DE TEMPERATURA DEL SEGUNDO PISO DEL EDIFICIO J DE LA UPB SECCIONAL BUCARAMANGA, OBTENIDO POR EL SOFTWARE DE CONTROL CONTINUUM.	31
ILUSTRACIÓN 13. REGISTRO DE TEMPERATURA DEL SEGUNDO PISO DEL EDIFICIO J DE LA UPB SECCIONAL BUCARAMANGA, OBTENIDO POR EL SOFTWARE DE CONTROL CONTINUUM.	31
ILUSTRACIÓN 14. ESQUEMA DEL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES.	35
ILUSTRACIÓN 15. DIAGRAMA DE TAREAS A REALIZAR EN UN MANTENIMIENTO BASADO EN LA INSPECCIÓN.	43
ILUSTRACIÓN 16. DIAGRAMA DE TAREAS A REALIZAR EN UN MANTENIMIENTO BASADO EN EL EXAMEN DE LA CONDICIÓN.	45
ILUSTRACIÓN 17. DIAGRAMA DE LAS TAREAS A REALIZAR EN UN MANTENIMIENTO BASADO EN LA FALLA FB.	46
ILUSTRACIÓN 18. DEMANDA ELÉCTRICA VS. MES DEL AÑO EN LA UPB SECCIONAL BUCARAMANGA.	51
ILUSTRACIÓN 19. SOCIALIZACIÓN DE LOS PLANES DE CONSUMO RACIONAL DE ENERGÍA CON LAS DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA.	66
ILUSTRACIÓN 20. INSTRUCCIONES PARA INGRESAR AL PROGRAMA CONTINUUM.	79
ILUSTRACIÓN 21. SOLICITUD DE USUARIO Y CONTRASEÑA.	79
ILUSTRACIÓN 22. INGRESANDO A CONTINUUM POR EL ICONO DE ACCESO DIRECTO.	80
ILUSTRACIÓN 23. INSTRUCCIONES PARA CERRAR EL SISTEMA.	81
ILUSTRACIÓN 24. CONFIRMACIÓN DE APAGADO DEL SISTEMA.	81
ILUSTRACIÓN 25. PASOS PARA INGRESAR AL SISTEMA.	82
ILUSTRACIÓN 26. PLATAFORMA DE CONTROL DEL EDIFICIO J.	84
ILUSTRACIÓN 27. HIPERVÍNCULO DE ÁREAS POR DEMANDA.	85
ILUSTRACIÓN 28. ACTIVANDO LA MANEJADORA Y REGRESANDO A LA PLATAFORMA DE CONTROL.	86
ILUSTRACIÓN 29. CONFIRMACIÓN DE ESTADO DE LAS ÁREAS POR DEMANDA.	86
ILUSTRACIÓN 30. ERROR EN LA SELECCIÓN DEL TIPO DE HORARIO DE TRABAJO.	86
ILUSTRACIÓN 31. VISUALIZACIÓN DE LAS PLATAFORMAS DE CONTROL POR ÁREAS.	87

ILUSTRACIÓN 32. PLATAFORMA DE CONTROL DEL AUDITORIO.	88
ILUSTRACIÓN 33. CONTROLES DEL ÁREA DEL AUDITORIO.	88
ILUSTRACIÓN 34. ESTRUCTURA DE JERARQUÍAS DE LAS PLATAFORMAS DE CONTROL.	89
ILUSTRACIÓN 35. SELECCIÓN DE LA PLATAFORMA A TRABAJAR.	95
ILUSTRACIÓN 36. PLATAFORMAS PRINCIPALES DE TRABAJO EN EL ENTORNO DE CONTINUUM.	95
ILUSTRACIÓN 37. JERARQUÍAS DE LAS PLATAFORMAS DE CONTROL EN CONTINUUM.	97
ILUSTRACIÓN 38. COMO INGRESAR AL PROGRAMA CONTINUUM.	98
ILUSTRACIÓN 39. SOLICITUD DE USUARIO Y CONTRASEÑA PARA EL ADMINISTRADOR.	99
ILUSTRACIÓN 40. INGRESO A EL PROGRAMA CONTINUUM POR EL ICONO DE ACCESO DIRECTO.	99
ILUSTRACIÓN 41. INSTRUCCIONES PARA CERRAR EL SISTEMA COMO ADMINISTRADOR.	100
ILUSTRACIÓN 42. CONFIRMACIÓN DE APAGADO DEL SISTEMA DE MONITOREO CONTINUUM.	100
ILUSTRACIÓN 43. PASOS PARA INGRESAR A CONTINUUM.	101
ILUSTRACIÓN 44. PLATAFORMA PRINCIPAL DE CONTROL DEL EDIFICIO J.	102
ILUSTRACIÓN 45. HIPERVÍNCULO DE ÁREAS POR DEMANDA EN LA PLATAFORMA DE CONTROL.	104
ILUSTRACIÓN 46. EJEMPLO DE ACTIVACIÓN DE LA MANEJADORA Y RETORNO A LA PLATAFORMA DE CONTROL.	104
ILUSTRACIÓN 47. CONFIRMACIÓN DE ESTADO DE ÁREAS POR DEMANDA.	105
ILUSTRACIÓN 48. ERROR EN LA SELECCIÓN DE HORARIO DE TRABAJO.	105
ILUSTRACIÓN 49. VISUALIZACIÓN DE LAS PLATAFORMAS DE CONTROL POR ÁREAS.	106
ILUSTRACIÓN 50. INDICADORES DE ESTADO DE ÁREA Y PLATAFORMA DE CONTROL DE LA VÁLVULA PROPORCIONAL.	106
ILUSTRACIÓN 51. PLATAFORMA DE CONTROL DEL AUDITORIO.	108
ILUSTRACIÓN 52. CONTROLES DE ÁREA DEL AUDITORIO PARA EL ADMINISTRADOR.	108
ILUSTRACIÓN 53. NOTIFICACIÓN DE ALARMAS POR TEMPERATURA.	110
ILUSTRACIÓN 54. PLATAFORMA DEL PROGRAMADOR SYSTEM & STATUS.	112
ILUSTRACIÓN 55. PLATAFORMA DEL CALENDARIO PARA LA MODIFICACIÓN DE HORARIOS.	114
ILUSTRACIÓN 56. EJEMPLO DE LA GENERACIÓN DE UNA EXCEPCIÓN EN EL HORARIO.	114
ILUSTRACIÓN 57. PLATAFORMA PARA MODIFICAR UN DÍA ESTÁNDAR.	115
ILUSTRACIÓN 58. PLATAFORMA DE EXPLORER CON TODAS SUS VARIABLES.	115
ILUSTRACIÓN 59. CARPETAS PRINCIPALES EN PAIN ENGLISH EDITOR.	117
ILUSTRACIÓN 60. CLASE DE CARPETA A TRABAJAR EN PAIN ENGLISH EDITOR.	118
ILUSTRACIÓN 61. SUPERVISIÓN DEL PROGRAMA MONITOR GENERAL DESDE PAIN ENGLISH EDITOR.	124
ILUSTRACIÓN 62. PARTES DE UNA TORRE DE ENFRIAMIENTO. REFERENCIA [13]	126
ILUSTRACIÓN 63. PLANO DE LA UBICACIÓN DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO.	127
ILUSTRACIÓN 64. UNIDAD ENFRIADORA Y SUS COMPONENTES PRINCIPALES.	145
ILUSTRACIÓN 65. PLANO DE LA UBICACIÓN DE LA UNIDAD ENFRIADORA.	146
ILUSTRACIÓN 66. BOMBA PRIMARIA. REFERENCIA [14] Y BOMBA SECUNDARIA.	150
ILUSTRACIÓN 67. UBICACIÓN DE LAS DIFERENTES BOMBAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS EN EL EDIFICIO J DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA.	151
ILUSTRACIÓN 68. COMPONENTES PRINCIPALES DE UNA UNIDAD MANEJADORA DE AIRE.	162
ILUSTRACIÓN 69. PLANO DE LA UBICACIÓN DE LAS UNIDADES MANEJADORAS EN EL EDIFICIO J.	163
ILUSTRACIÓN 70. TIPOS DE FAN COIL'S INSTALADOS EN EL EDIFICIO J.	172
ILUSTRACIÓN 71. PLANO CON LA UBICACIÓN DE LOS FANCOIL DE SEGUNDO PISO DEL EDIFICIO J.	173
ILUSTRACIÓN 72. DISTANCIAS SEGURAS DE APROXIMACIÓN. REFERENCIA [18]	181
ILUSTRACIÓN 73. SEÑALIZACIÓN REQUERIDA DE SEGURIDAD.	181
ILUSTRACIÓN 74. PLANO CON LA DEMARCACIÓN DE LAS LÍNEAS DE APROXIMACIÓN DE SEGURIDAD.	182

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1. CRITERIO DE DISEÑO GENERAL. REFERENCIA [5].....	27
TABLA 2. GUÍA DE SOPORTE DE DECISIONES.	36
TABLA 3. NIVEL DE PLANEACIÓN EN TÉRMINOS DE IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS.	40
TABLA 4. CONSUMO ELÉCTRICO DE UN EDIFICIO.	50
TABLA 5. HORARIOS DE TRABAJO DE LOS EQUIPOS DE HVAC DEL EDIFICIO J.....	78
TABLA 6. HORARIOS DE TRABAJO DE LOS SISTEMAS DE HVAC DEL EDIFICIO J.	113
TABLA 7. CRONOGRAMA DE LOS MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS EN LA TORRE DE ENFRIAMIENTO.	133
TABLA 8. DISTRIBUCIÓN DE LOS MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS DE LAS BOMBAS.	155
TABLA 9. DISTRIBUCIÓN DE LOS MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS DE LAS UNIDADES MANEJADORAS DE AIRE.	166
TABLA 10. DISTRIBUCIÓN DEL MANEJO DE TIEMPOS PARA LOS MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS DE LOS FAN COILS.....	175
TABLA 11. DISTANCIAS MÍNIMAS DE APROXIMACIÓN SEGÚN LA NORMA NFPA 70E. REFERENCIA [18]...	180

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: Plan de manejo y operación de los equipos de aire acondicionado del edificio J de la Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga

AUTOR(ES): Félix Germán Suárez De Aquiz

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Mecánica

DIRECTOR(A): Gilberto Fontecha Dulcey

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo es proporcionar una guía general para la administración de procesos, operación y mantenimiento del sistema de aire acondicionado del edificio "J" de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, que conduzcan a un consumo racional de los recursos energéticos; al mantenimiento de los estándares de confort establecidos por la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers; y a la prolongación de la vida útil de los equipos del sistema de aire acondicionado. La metodología que se utilizó está basada en un Análisis de Causa Raíz, que busca establecer el origen de los problemas y determinar una solución adecuada y permanente. Se estableció que para el sistema primario o crítico la política de mantenimiento más conveniente es aquella basada en la inspección. Esta política de mantenimiento puede ser aplicada con un mínimo impacto en la prestación del servicio de aire acondicionado. Sin embargo, la aplicación de una política de mantenimiento por inspección tanto al sistema primario como al secundario puede resultar inviable económicamente, por lo cual se propuso una clasificación del sistema en la que se identifican los elementos a los cuales se les debe aplicar un plan de mantenimiento por inspección y a cuáles un plan de mantenimiento basada en el fallo del sistema. Adicionalmente se presentan diferentes casos de estudio que se analizaron empleando la metodología del Análisis de Causa Raíz, con lo cual se estableció un historial de mantenimiento y gestión de procesos. Esta información ayudará a los diferentes administradores del sistema de aire acondicionado en la adecuada operación y mantenimiento del mismo

PALABRAS CLAVES: Aire acondicionado, automatización, mantenimiento, consumo de energía, gestión, procesos.

THESIS GENERAL SUMMARY

TITLE: Management and Operation Plan for the air conditioning system installed on building "J" at the Universidad Pontificia Bolivariana - Bucaramanga

AUTHOR: Félix Germán Suárez De Aquiz.

FACULTY: Mechanical Engineering

DIRECTOR: Gilberto Fontecha Dulcey

SUMMARY

The purpose of this work is to provide a guideline for the management and maintenance of the Air Conditioning System installed on campus at Universidad Pontificia Bolivariana, branch Bucaramanga, in order to achieve an efficient and rational energy consumption, the quality and comfort standards established by the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, and extending the equipment working lifetime. The approach was based on a Root Cause Analysis, which is intended to find out the causes of the problems and to provide a long lasting solution. It was found that an Inspection Based Maintenance is more convenient for the primary system. This procedure has the lowest impact on the air conditioning supply. However, using an inspection based maintenance on both the primary and secondary system may become a non profitable choice. Therefore it is proposed a classification system which identifies the best suitable maintenance procedure, either an inspection based or fail based maintenance, for different type of equipment. In addition, it presents different cases of study which were analyzed using the Root Cause Analysis method. Through this analysis it was established a record of troubleshooting and maintenance procedures applied. This information will help different system administrators keep a convenient operation and maintenance plan.

KEY WORDS: Air conditioning, automation, maintenance, energy consumption, management, process.

INTRODUCCIÓN

El trabajo expuesto en este informe tiene por objeto desarrollar una estructura base para implementar una serie de programas para la administración, mantenimiento y operación del sistema de aire acondicionado instalado en el edificio J de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga.

El presente documento se divide en siete capítulos, donde iniciando se presentan las generalidades de la empresa en la que se realizó la práctica, seguido de la estructura y los componentes instalados para la producción y manejo del servicio de aire acondicionado en el edificio J, luego de lo cual se registró un análisis de la situación del servicio visto desde dos puntos de vista; el consumo eléctrico y el confort, medido por los rangos de temperatura en los que se encuentran las diferentes áreas acondicionadas, dando lugar a un análisis de la prioridad entre estos dos factores.

Posterior a esto se desarrollo un capitulo dedicado a la instrucción del administrador del sistema, como una herramienta que facilite los procesos de decisión y ejecución de los trabajos que el conjunto de equipos del aire acondicionado requieran.

Esto mostró la necesidad de generar otro capitulo dedicado a un plan de mantenimiento dividido en dos grupos principales según el concepto de prioridad, los equipos de prioridad critica que corresponden a todos aquellos en los cuales una falla ocasiona parar todo el conjunto de equipos de aire acondicionado del edificio J y los equipos de prioridad normal que son los se pueden tratarse independientemente sin que se pare el sistema. Lo que a su vez dio origen a un capitulo dedicado al análisis de las estrategias que se pueden llegarse a aplicar para desarrollar un consumo racional de energía en la operación de los equipos de aire acondicionado.

Como herramienta adicional se incluyó un capítulo que muestra la estructura y el desarrollo de los casos trabajados durante el transcurso de la práctica, de forma que el administrador que continúe con el manejo del sistema y pueda tener una fuente de información clara para saber que se ha trabajado, que cosas quedan pendientes y cuales han sido finalizadas.

Basado en los anteriores capítulos se describen unas sugerencias y unas conclusiones para la administración, operación y mantenimiento del sistema de aire acondicionado del edificio J de la universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga.

Para finalizar se incluyeron anexos relacionados con el manejo del software de control de los equipos de aire acondicionado, enfocado desde un punto técnico (manual para el administrador) y desde un punto de vista más operativo (manual para un operador transitorio). Además se encontrarán anexos sobre el mantenimiento de los diferentes equipos que componen el sistema de aire acondicionado del edificio J y un anexo propuesta de la demarcación y señalización de seguridad que debe tener el área donde se ubica la unidad enfriadora.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un plan de manejo y operación de los equipos de aire acondicionado del edificio J de la universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga para reducir el consumo de energía a un valor razonable por medio de la aplicación de diferentes estrategias que produzcan como resultado un menor costo de funcionamiento, un nivel de confort adecuado en todos los sectores acondicionados del edificio y un menor impacto medioambiental por razón de consumo razonable de energía eléctrica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer el funcionamiento del sistema de aire acondicionado del edificio J y del software de control que lo rige para poder manejarlo. Resultado: Administración de los equipos de aire acondicionado. Indicador: Deberá ser capaz de controlar los dispositivos que gobiernan el sistema de aire acondicionado del edificio J.
- Desarrollar un plan de manejo y operación de los equipos de aire acondicionado del edificio. Resultado: Manual de operación y manejo de los equipos de aire acondicionado edificio J. Indicador: Implementación de estrategias de manejo y mantenimiento de los equipos de aire acondicionado de este edificio.
- Presentar un informe al finalizar la practica con las conclusiones y sugerencias para el manejo mas optimo de los equipos de aire acondicionado de este edificio. Resultado: Informe final escrito. Indicador: Análisis de datos obtenidos según los planes de manejo aplicados durante la práctica.

ALCANCES

- Generar una metodología y un plan de operación que garantice un adecuado funcionamiento de los equipos de aire acondicionado del edificio J de la UPB seccional Bucaramanga.
- Finalizar la práctica empresarial entregando documentación como planes de manejo, mantenimiento y operación de los equipos de aire acondicionado según lo observado durante la práctica empresarial, las mejoras que se puedan hacer en el sistema de aire acondicionado del edificio J las cuales son producto del proceso de investigación que quedarán descritas como sugerencias y conclusiones para futuros proyectos de prácticas empresariales posteriores que puedan ampliar la base investigativa y el menor consumo de energía posible.
- Generar una metodología que garantice la fácil continuación de los trabajos de control y manejo del sistema de aire acondicionado.

JUSTIFICACION

La puesta en marcha de los equipos de aire acondicionado del edificio J en junio de 2008 ha demandado del desarrollo de programas que busquen un consumo razonable de los recursos energéticos manteniendo siempre los niveles de confort que debe el sistema ofrecer en sí mismo, así con un impacto medioambiental positivo en la medida de lo posible, es por esto que se hace necesario iniciar una serie de estudios en diversos campos de la ciencia para poder desarrollar estrategias que consigan estos objetivos.

Es también indispensable procurar métodos para la continuidad de los trabajos que se realicen mediante las diversas prácticas empresariales que fundamenten su trabajo en el mejoramiento de los sistemas de aire acondicionado de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga.

La evaluación del funcionamiento actual del sistema de aire acondicionado y el diseño de un plan de operación de los equipos de aire acondicionado que genere las estrategias de gestión y cambios en los hábitos culturales de la comunidad universitaria son los instrumentos con los cuales la universidad podrá generar mecanismos de ahorro energético.

CAPITULO1. GENERALIDADES DE LA INSTITUCIÓN DONDE SE REALIZÓ LA PRÁCTICA EMPRESARIAL

1.1. Información de la empresa

Nombre de la empresa: Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga.

Visión

“La Universidad Pontificia Bolivariana tiene como visión, ser una institución católica de excelencia educativa en la formación integral de las personas, con liderazgo ético, científico, empresarial y social al servicio del país”. Referencia [1]

Misión

“La Universidad Pontificia Bolivariana tiene como misión la formación integral de las personas que la constituyen, mediante la evangelización de la cultura, la búsqueda constante de la verdad, en los procesos de docencia, investigación, proyección social y la reafirmación de los valores desde el humanismo cristiano, para el bien de la sociedad”. Referencia [1]

Reseña Histórica

El 15 de Septiembre de 1936, en la ciudad de Medellín bajo el decreto del Arzobispo Monseñor Tiberio de Jesús Salazar, fue fundada la Universidad Católica Bolivariana, iniciando actividades con la carrera de Derecho, años más tarde en 1945 se le otorga el título de “Pontificia” por lo cual desde entonces se le conoce como Universidad Pontificia Bolivariana.

El 11 de octubre de 1988 nace la seccional Bucaramanga de la Universidad Pontificia Bolivariana, iniciando labores en 1991 con el programa de Ingeniería Electrónica y en la actualidad cuenta con 11 programas en pre grado y 13 especializaciones.

A nivel Nacional la Universidad Pontificia Bolivariana cuenta con su sede principal en Medellín y tres seccionales más en todo el país: Bucaramanga, Montería y Palmira y una unidad de proyección y Gestión en Bogotá. Referencia [1]

1.2. Planta física de la empresa

La Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga desde 1998 tiene su sede, ubicada en el Km. 7 de la autopista que de Floridablanca conduce a Piedecuesta. Con un área construida de aproximadamente 35.000 metros cuadrados para un total de 10 edificios construidos en dos etapas restando por desarrollar otras tres etapas de expansión que más adelante se llevarán a cabo.

En el edificio **A** se encuentra: la cámara de Gesell, el grupo de Investigación de Neurociencias y Comportamiento, los laboratorios de Hidráulica, Mecánica de Fluidos, Resistencia de Materiales, Suelos, Pavimentos, Máquinas Eléctricas, Control de Máquinas, Robótica y Vídeo, el Centro de Proyección Audiovisual y el Centro de Servicios en Telecomunicaciones.

En el edificio **B** se encuentra: los laboratorios de Ciencias Básicas y de Electrónica; en el edificio.

En el edificio **C** se encuentra: Cafetería, Librería y Fotocopiadora, Sala de Profesores y Oficina de prácticas empresariales de ingenierías.

En el edificio **D** se encuentra: oficinas Administrativas, Salas de Informática, Oratorio, Estudio de Fotografía, Cabina de Radio, y Sala de Redacción Revista PLATAFORMA.

En el edificio **E** se encuentra: además de aulas y oficinas administrativas se ubica: una sala de lectura, la sala de Nuevas Tecnologías y la Sala de Música.

En el edificio **F** se encuentra: Librería y fotocopiado y la Sala Sede de los Grupos Culturales.

En el edificio **G** se encuentra el departamento de Bienestar Universitario: Consultorio Médico y Psicológico, Trabajo Psico-social, direcciones de los Grupos Culturales, Deportivos y la sala de exposiciones.

En el edificio **H** se ubican, de la misma manera aulas de clase y oficinas administrativas, el Auditorio Juan Pablo II, en honor a la vida, obra del Sumo Pontífice, recinto con capacidad para 304 personas. Referencia [1]

En el edificio **J** se encuentran, aulas de clase, oficinas administrativas, la nueva biblioteca y un auditorio menor con capacidad para 155 personas.

La ilustración 1 muestra la distribución actual de los edificios existentes en el campus universitario de la UPB seccional Bucaramanga. Referencia [1]



Ilustración 1. Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga. Referencia [2]

CAPITULO 2. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DEL EDIFICIO J

2.1. Sistema físico de enfriamiento



Ilustración 2. Edificio J, Universidad Pontificia Bolivariana Bucaramanga.

El edificio J visto en la ilustración 2, cuenta con una unidad de enfriamiento central de agua- aire (chiller marca York) tipo Scroll, que tiene como función enfriar el agua de un circuito primario comprendido por una bomba para agua helada, una bomba para agua de condensación y la torre de enfriamiento.

El sistema secundario comprende un sistema de acondicionamiento de aire por enfriadoras de expansión directa condensadas por agua, motobombas que alimentan el circuito secundario por áreas de trabajo y un sistema de conductos aislados con su respectivo lote de rejillas y difusores. Además de una serie de Fan Coils ubicados en áreas donde las manejadoras no tienen campo de acción.

A saber se tienen 7 unidades manejadoras de aire, distribuidas en el edificio, atendiendo las siguientes zonas:

- Manejadora ACW-01. Atiende la zona del Auditorio, se encuentra ubicada dentro de la biblioteca, tiene su propia motobomba, ubicada en el cuarto de máquinas.
- Manejadora ACW-03. Atiende la sala 3 de la biblioteca. Este circuito comparte motobomba con la manejadora ACW-09
- Manejadora ACW-04, Atiende el área de libros de la biblioteca.
- Manejadora ACW-06. Atiende la sala denominada Hemeroteca de la biblioteca. este circuito comparte motobomba con la manejadora ACW-07.
- Manejadora ACW-07. Atiende la sala 2 de la biblioteca. Este circuito comparte motobomba con la manejadora ACW-06. Referencia [3]

- Manejadora ACW-08. Atiende sala 1 de la biblioteca, tiene su propia motobomba, ubicada en el sótano de parqueadero.

La biblioteca además cuenta con dos unidades tipo cassette hidrónicas marca YORK, uno en el área denominada Data-center y el otro en el área de Procesos Técnicos. En el archivo inactivo se instaló una unidad tipo fan-coil desnudo, para acondicionamiento de la zona y control de humedad.

En las oficinas del segundo piso, se instalaron dos unidades fan-coil de 2 toneladas de refrigeración (TR), tipo muro, marca YORK; uno en la oficina de Dirección, y otro de igual capacidad y características en la videoteca. En las instalaciones de Producción Audiovisual, se instaló una unidad fan-coil de 3 TR, tipo techo, marca YORK. Y en Base de Datos, se instaló una unidad fan-coil de 4 TR, tipo techo, marca YORK.

El cuarto piso del edificio J cuenta con cuatro unidades tipo cassette hidrónicas marca YORK ubicadas en cuatro aulas de clase y dos unidades fan-coil de 2 TR, tipo muro, marca YORK, en las otras dos aulas de clase del ala norte del edificio J.

La ilustración 3 muestra en color azul oscuro y rojo el circuito de agua de condensación y la conexión que tienen entre el Chiller, Bomba Primaria de Condensación y Torre de Enfriamiento. En color Azul claro se puede ver el circuito de agua helada y su conexión entre el Chiller las diferentes bombas secundarias. En color verde se aprecia la conexión entre las bombas secundarias y las Manejadoras y los Fan Coils instalados en el edificio J. Referencia [3]

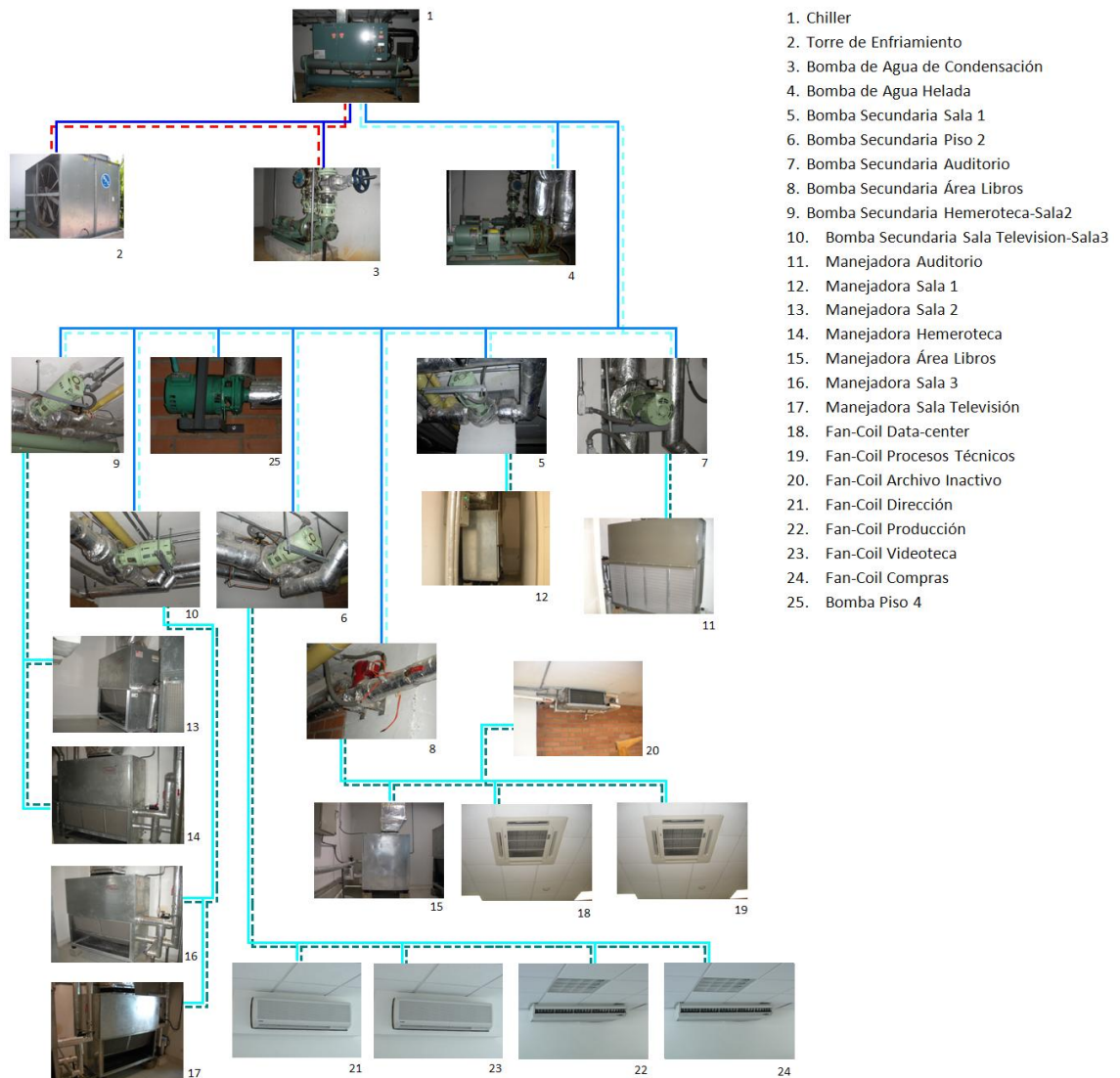


Ilustración 3. Distribución de los equipos en el edificio J.

2.2. Sistema de control automático

El edificio J cuenta con un sistema de automatización que funciona bajo la plataforma de Continuum, una mezcla de hardware y software que controla y monitorea varias funciones de un edificio en tiempo real, tal como el funcionamiento de los equipos de aire acondicionado así como un monitoreo de un sistema anti-fuego, un control de luces y un manejo de accesos (estos dos últimos no están habilitados en el sistema del edificio J).

En la ilustración 4 se muestran los diferentes módulos de adquisición, procesamiento y transmisión de datos con los que cuenta el sistema de HVAC del edificio J, así mismo como la jerarquía en el que se encuentra cada módulo.

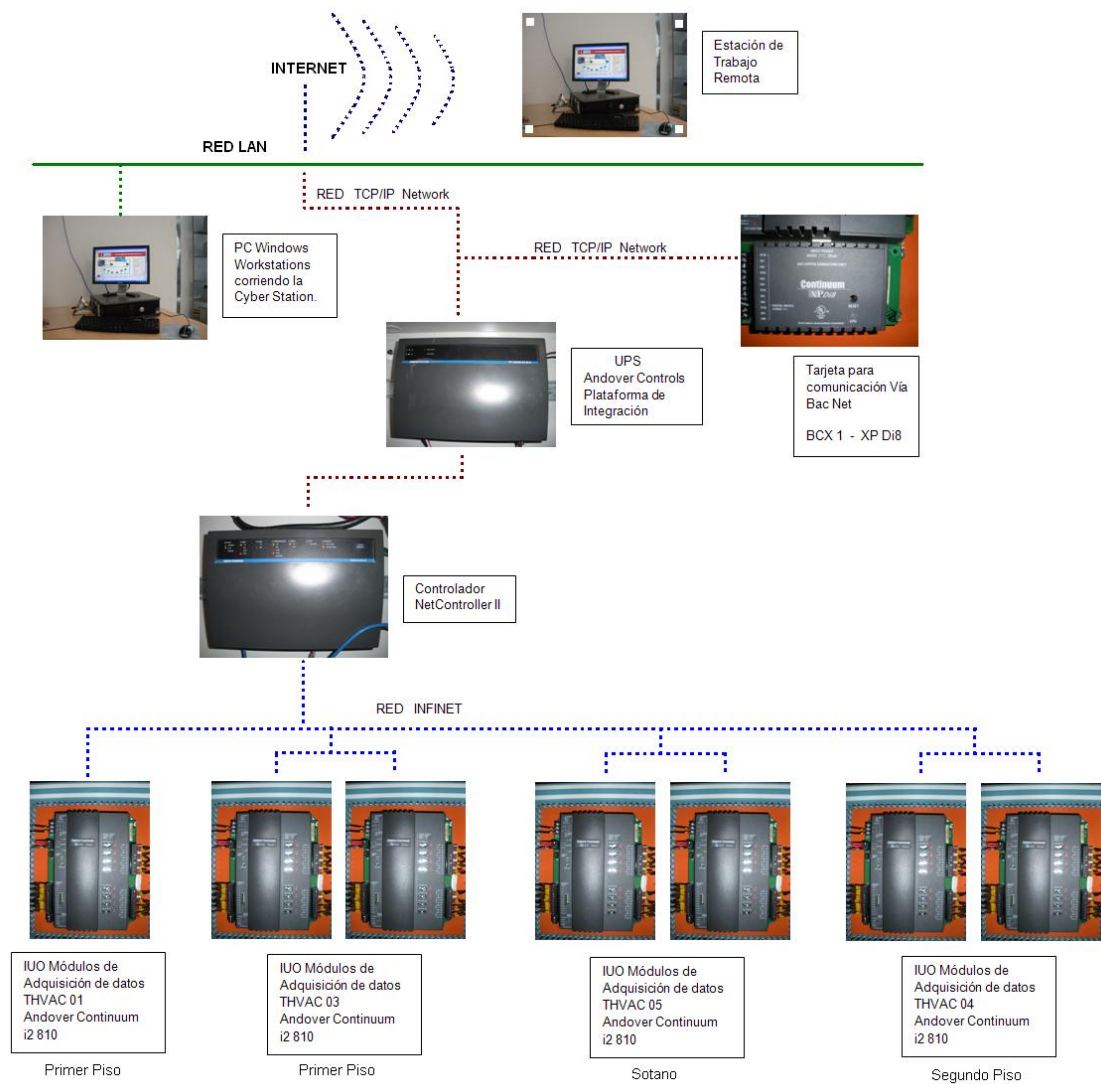


Ilustración 4. Hardware del sistema de control instalado en el edificio J.

El hardware consiste en un equipo de controladores, organizadores de controladores de comunicación e interfaces de entrada y salida.

La arquitectura del sistema está organizada por jerarquías dependiendo de la complejidad del sistema.

El software del sistema tiene una interfase amigable con el usuario, para el control y el monitoreo, permitiendo también hacer modificaciones por el administrador del sistema.

En la ilustración 5 se muestran los dos caminos que puede tener el administrador en la interfase del sistema de control el área de programación y el área de control.

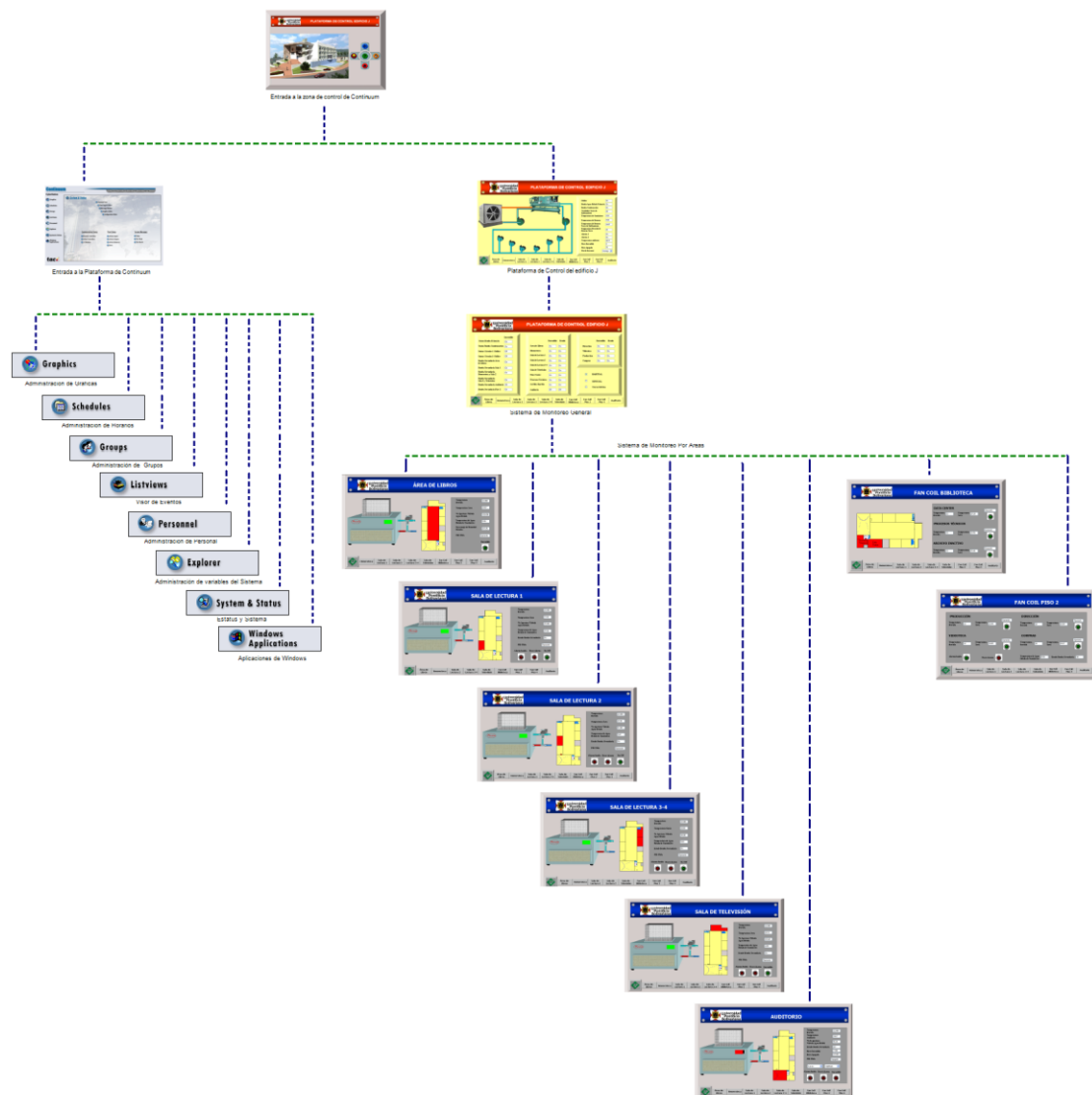


Ilustración 5. Jerarquías del software de control del sistema de HVAC del edificio J.

CAPITULO 3. DIAGNOSTICO INICIAL DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO EN EL EDIFICIO J

3.1. Diagnostico de confort y consumo eléctrico

Inicialmente se realizó un ciclo de aprendizaje y reconocimiento del funcionamiento del software de control Continuum, de sus diferentes componentes y de la interacción con el sistema físico del aire acondicionado del edificio J. Se encontró que no se contaba con un seguimiento de los estados de operación de los diferentes componentes de sistema, por lo cual era complicado realizar un plan del mantenimiento de las diferentes máquinas involucradas en el acondicionamiento del aire del edificio J.

También se detectó que no se podía acceder a la información acerca del software de control Continuum tal como manuales o guías del programa porque la información se encontraba dispersa y en muchos casos se desconocía la existencia de documentos dejados para el manejo de los equipos, por lo cual el proceso de corrección de inconvenientes del sistema sufrió retrasos.

Entre los principales retos que se tenían al iniciar los trabajos era lograr un rango de temperatura similar en todas las diferentes áreas acondicionadas dado que en muchas de las secciones del edificio J se contaba con temperaturas lejos a los valores del set point (22°C), lo que producía una sensación de incomodidad al cambiar de un recinto a otro. Se detectó además que uno de los factores que mayor incidía en el incorrecto funcionamiento del sistema de aire acondicionado eran los conflictos que presentaba el sistema automático de control.

Se encontró que desde la instalación de los equipos no se contaba con un contador eléctrico exclusivo para el sistema de HVAC (aire acondicionado) lo cual impidió el cálculo de los consumos de energéticos por parte de estos equipos y puesto que solo se manejan estimativos se trazó una estrategia para saber cuál es el consumo real mediante un seguimiento controlado de un grupo de equipos por medio de sensores y un software especializado con licencia vigente para la universidad (Labview).

Se trabajaron un total de 19 casos o factores que generaron algún inconveniente en el correcto funcionamiento del sistema de aire acondicionado del edificio J. El 62.5 % correspondieron a casos que afectaban el confort y un 37.5 % que afectaban el consumo eléctrico por medio especialmente de

conflictos en el sistema automático de control. Se logro dar por finalizado el 50 % de los procesos y el 50 % de los casos continuaron en estudio.

Las característica de carga en un edificio dividido por áreas independientes, con grandes ventanales, con salas de computo y con áreas de ocupación variables y múltiples usos en gran medida son afectadas por el tipo de iluminación que se usa, la posición del sol respecto al edificio, el tipo y la cantidad de computadores que se encuentran operando en un momento dado y la cantidad de personas presentes en una de las subdivisiones del edificio, por lo cual ciertamente estos factores incrementan el nivel de carga en cada división del edificio haciendo que la variación de carga sea de un 10 a un 15 %, repercutiendo directamente en la temperatura que el usuario siente en cada área específica. Referencia [4]

Basados en las consideraciones de tomar el edificio J como un edificio de oficinas por las características de carga, diseño y utilización del mismo y tomando como referencia los criterios de diseño general de la tabla 1, al confrontarlos con los registros obtenidos a través del sistema de control podemos observar que se está trabajando en los rangos permitidos según las consideraciones de temperatura y humedad que maneja la ASHRAE (Asociación Americana de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado).

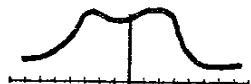
Categoría general	Condiciones internas de diseño	Movimiento de aire	Eficiencia de filtrado	Perfil de carga
	Verano			Peak at 4 PM
Edificio de Oficinas	23 a 26 grados celcius	0.13 a 0.23 m/s	35 a 60 %	
	50 a 60 % de Humedad Relativa			

Tabla 1. Criterio de diseño general. Referencia [5]

A continuación se muestran los registros de la humedad relativa (HR) que maneja el área de libros o galería principal de colección de libros de la biblioteca, en donde se puede observar que los rangos de trabajo oscilan entre los 42 a 58 % de HR en los primeros meses del año, mientras se realizaban ajustes en el sistema, ya para el cuarto mes se puede observar una tendencia más homogénea en un rango de trabajo entre 48 y 62 % de humedad relativa.

Cabe resaltar que valores entre 40 y 50 % de humedad relativa son aceptados por la norma de ASHRAE según su designación de Librerías y Archivos promedio con un rango entre 40 a 55 % de HR. Referencia [5]

El valor crítico de humedad relativa para la biblioteca está establecido en 75 % de humedad relativa. Momento en el cual se debe prender la unidad manejadora de aire de esta área para disminuir este valor de HR.

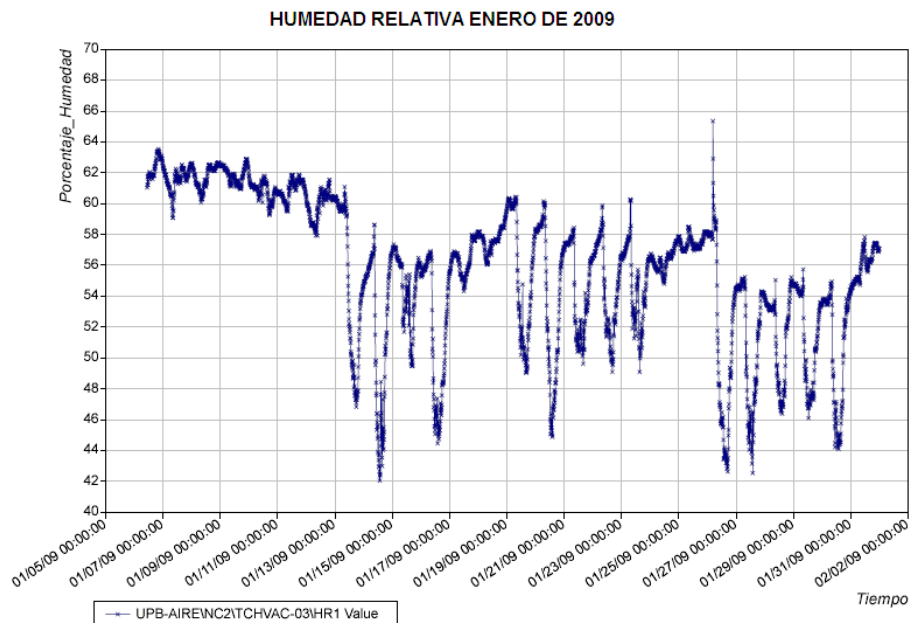


Ilustración 6. Registro de humedad relativa del mes de enero, entregado por el software de control Continuum del edificio J de la UPB seccional Bucaramanga.

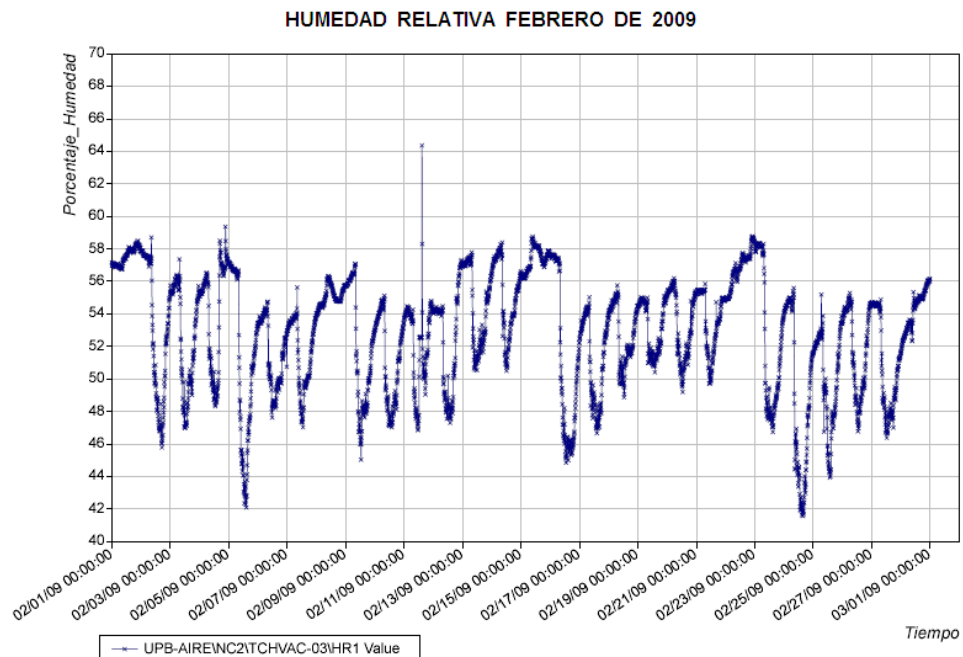


Ilustración 7. Registro de humedad relativa del mes de febrero, entregado por el software de control Continuum del edificio J de la UPB seccional Bucaramanga.

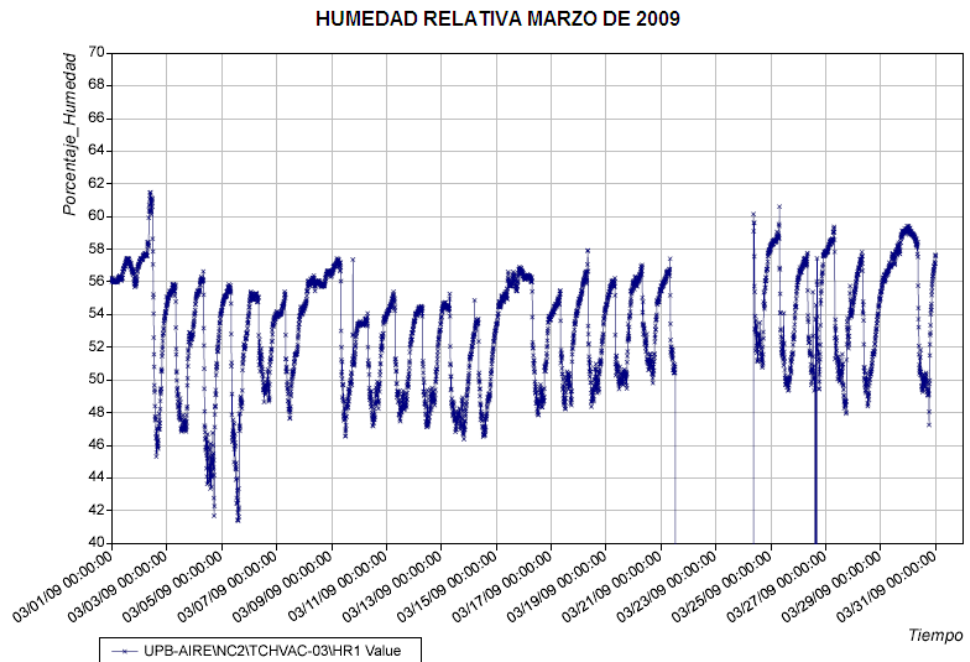


Ilustración 8. Registro de humedad relativa del mes de marzo, obtenida por medio del software de control Continuum del edificio J de la UPB seccional Bucaramanga.

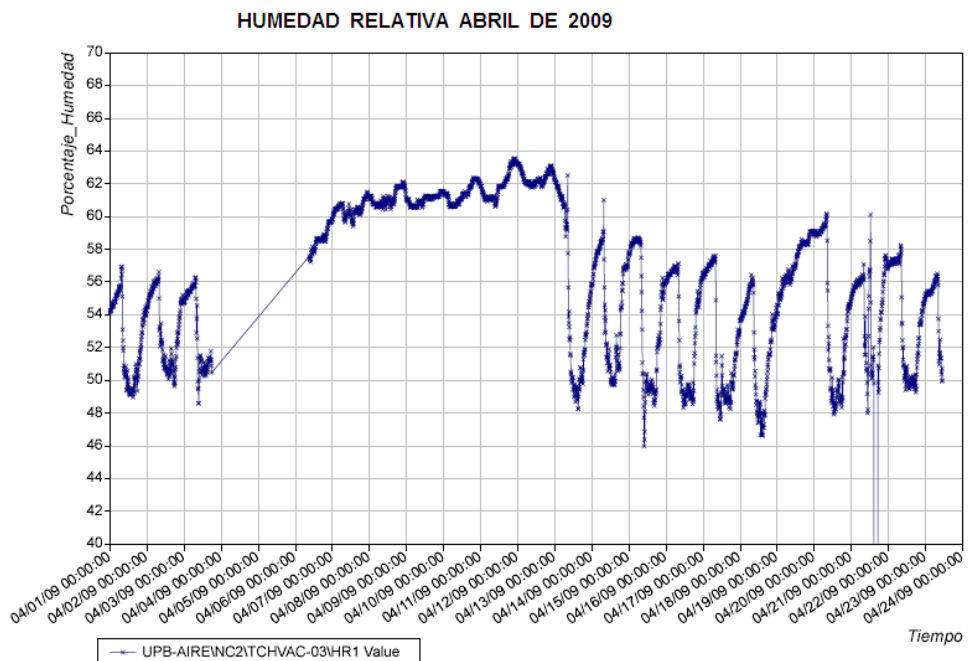


Ilustración 9. Registro de humedad relativa del mes de abril, obtenida por medio del software de control Continuum del edificio J de la UPB seccional Bucaramanga.

A continuación se muestran las tendencias de temperatura de los meses de enero y abril en el primer y segundo piso del edificio j, demostrando que se trabajo en los rangos establecidos por ASHRAE para este tipo de áreas y que para la culminación de la pasantía la tendencia de temperatura fue más homogénea.

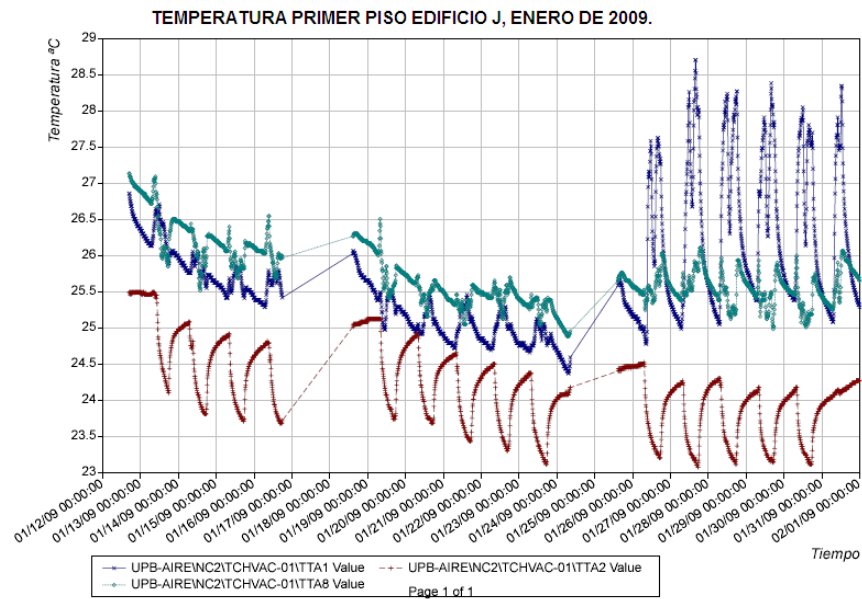


Ilustración 10. Registro de temperatura del primer piso del edificio J de la UPB seccional Bucaramanga, obtenido por el software de control Continuum.

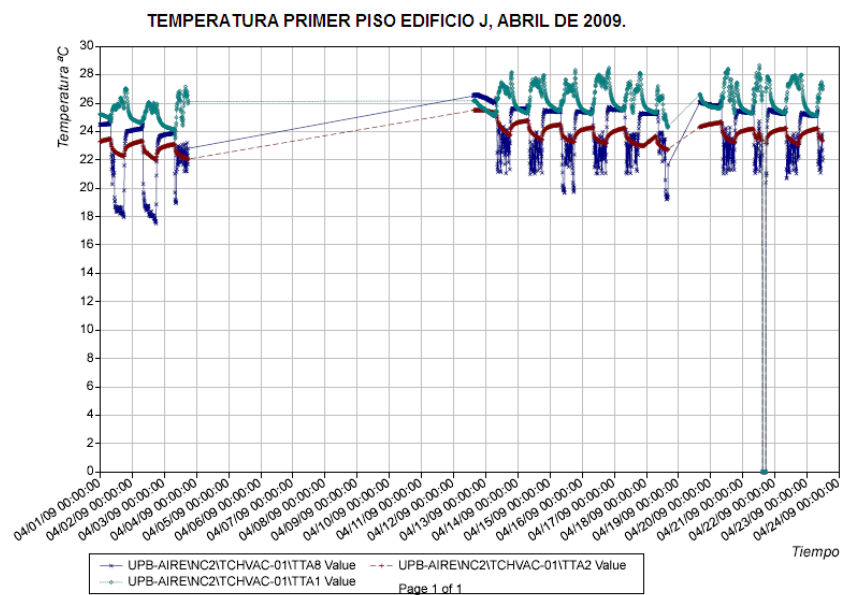


Ilustración 11. Registro de temperatura del primer piso del edificio J de la UPB seccional Bucaramanga, obtenido por el software de control Continuum.

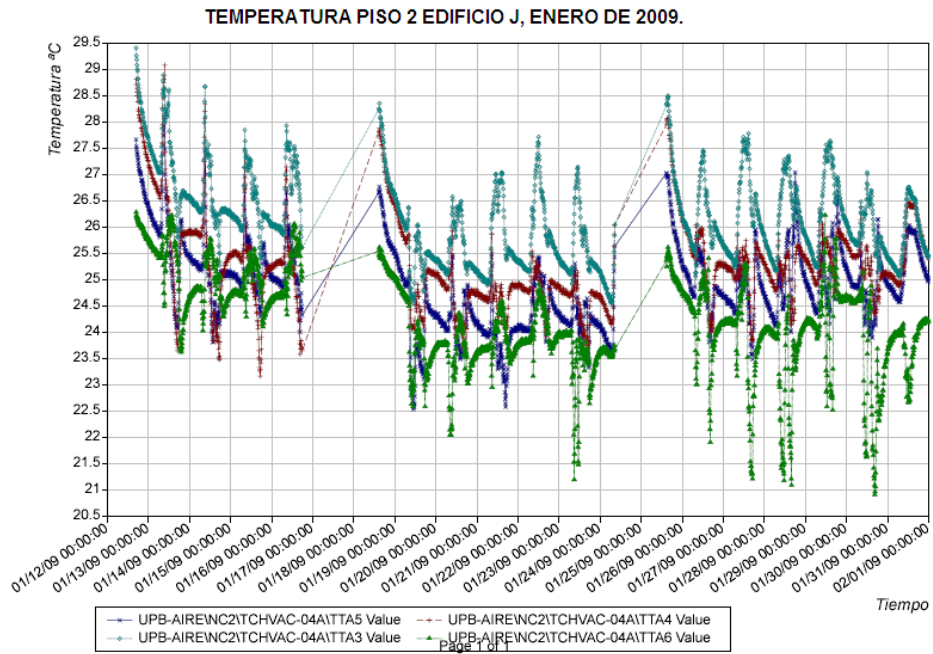


Ilustración 12. Registro de temperatura del segundo piso del edificio J de la UPB seccional Bucaramanga, obtenido por el software de control Continuum.

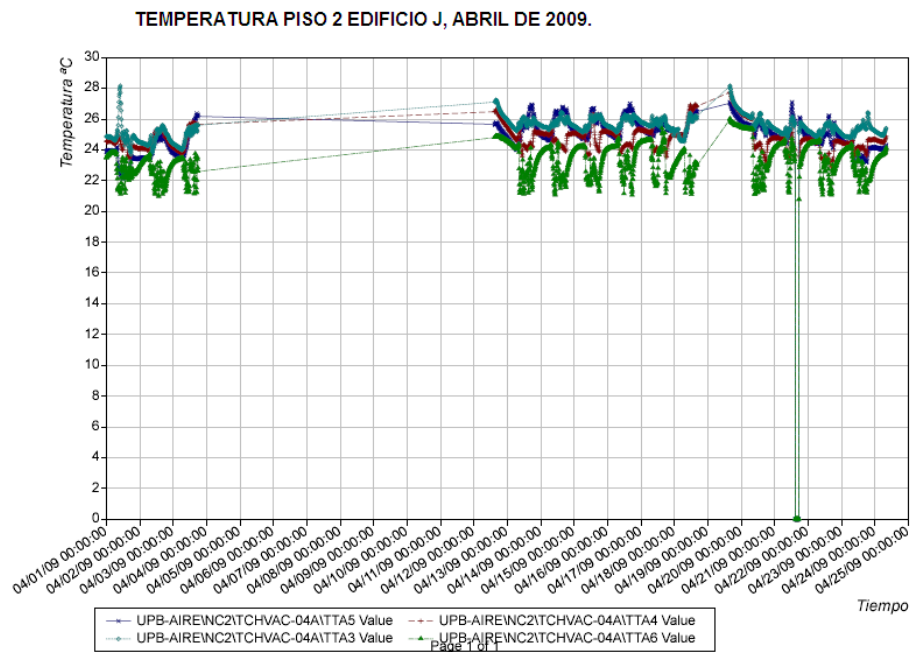


Ilustración 13. Registro de temperatura del segundo piso del edificio J de la UPB seccional Bucaramanga, obtenido por el software de control Continuum.

3.2. Análisis del nivel de prioridad de los sistemas

Dentro de los grandes procesos transformacionales de las organizaciones a nivel mundial la culturización en el consumo racional de energía ha ganado un nivel de importancia significativo que implica la búsqueda y puesta en marcha de estrategias que tengan un impacto positivo en el uso de las energías disponibles.

Es así que desde el principio de la práctica empresarial se identificaron dos puntos principales a trabajar necesario para el cumplimiento de los objetivos propuestos; el primero de ellos ha sido el **“mantenimiento del confort”** que debe generar el sistema de aire acondicionado y el segundo punto a trabajar es **“la disminución del consumo energético”** del mismo.

Dado que en el momento de recibir el sistema de HVAC, este presentaba diversos inconvenientes en la prestación de su servicio a la comunidad universitaria y teniendo en cuenta que existe una estrecha relación entre el funcionamiento de la maquinaria del sistema y la sensación de confort que el usuario final tiene, se tomó la decisión de atacar primero los inconvenientes que afectaban directamente a los usuarios del aire acondicionado del edificio J.

Por lo cual se inicia un proceso de puesta a punto de los equipos que componen el sistema, de la misma forma que se trabajó en el arreglo de los conflictos que se tenían con el software de control. Todo esto con el fin de garantizar las temperaturas pactadas que generarían confort en las diferentes áreas del edificio J, proceso que incluyó mantenimiento de equipos, nuevos procesos como el tratamiento de agua de condensación, implementación de rutinas de limpieza de las áreas donde se ubican los equipos y una serie de visitas de ajustes del sistema de control, entre otros.

Habiendo corregido la mayoría de los inconvenientes que se tenían se procedió a dar cumplimiento a los planes de manejo para los cuales el sistema fue diseñado, encontrando una fuerte barrera por parte de la comunidad universitaria, usuarios típicos del sistema a la implementación de estos planes, es entonces cuando se siente la necesidad de hacer los seguimientos de corriente de los equipos para poder respaldar lo que los planes de manejo proponen, proceso que sufrió muchos retrasos ante la dificultad de implementar los instrumentos para realizar el seguimiento de corriente.

Finalizando la práctica empresarial se trabaja en un punto clave y descubierto a último momento que es la puesta en común, el convencimiento y la transformación cultural necesarias para poder implementar los planes de manejo del aire acondicionado del edificio J con miras a un consumo racional de los recursos energéticos disponibles. Proceso que requiere una participación activa de directivos, académicos, estudiantes y en general de toda la comunidad universitaria. Siendo este quizás el punto más importante y por medio del cual se podrán canalizar los esfuerzos realizados para un uso racional de la energía que consume los equipos de aire acondicionado del edificio J y por ende una disminución en los costos por consumos innecesarios de energía en la universidad, dado que si no existe un compromiso de todos los usuarios del aire acondicionado en utilizar el sistema tal y como se diseñó y seguido de las recomendaciones que de esta práctica surgieron, entonces cualquier esfuerzo del personal encargado del manejo y administración del sistema de aire acondicionado por un consumo racional de energía será infructuoso, quedando el conocimiento adquirido en esta práctica relegado solo a este libro.

Es así como el proceso de prioridades ha ido evolucionando y cambiando a medida que se cumplen con ciertos requerimientos y se generan nuevos. Es importante recordar que las tendencias de los consumos energéticos a nivel mundial son cambiantes pero que en definitiva buscan ahora un camino que genere un impacto medioambiental positivo y que la universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga no puede ser ajena a estos procesos.

Dando pie a que el sistema de aire acondicionado más que una función de brindar un servicio de confort a los ocupantes del edificio J también se convierta en un aula de enseñanza para la transformación y la aplicación de estrategias de ahorro de energía y sistemas alternativos de acumulación y obtención de energía, siendo este último quizás el nivel de prioridad al que se desee llegar en un futuro.

CAPITULO 4. METODOLOGÍA PARA LA ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN DE PROCESOS DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

4.1. Introducción al plan de manejo y gestión de procesos

Esta guía busca ser una herramienta para la planeación y la administración estratégica de los procesos de gestión que se realizan en torno al funcionamiento del sistema de aire acondicionado del edificio J mediante una planeación táctica que lleve a la disminución de tiempos en la realización de las tareas que se ejecuten en el sistema de HVAC para optimizar recursos y disminuir costos.

Busca también dar a conocer al administrador del aire acondicionado del edificio J como tomar decisiones y cuáles son las acciones a realizar para poder ejecutarlas de forma tal que el tiempo de reacción sea el menor posible.

Si bien este capítulo es la recopilación de las experiencias adquiridas durante la práctica empresarial, es de bien recordar que a medida que el administrador se enfrente a nuevos retos podrá complementar y enriquecer esta guía para facilitar la gestión de los procesos en la universidad que conduzcan a una mejor prestación del servicio en el área de aire acondicionado en la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga.

4.2. Toma de decisiones

En la realización de una función administrativa del sistema de aire acondicionado es necesario tener en claro que se debe hacer, como se debe hacer y cuáles son los objetivos que se deben alcanzar en la búsqueda de brindar condiciones que garanticen la mejor relación entre el costo y el funcionamiento del aire acondicionado de manera actual y futura.

Para determinar cómo tomar una decisión debe seguir un proceso estándar con el fin de poder evaluar la gestión realizada al final del proceso. Ver ilustración 14.

PROCESO DE TOMA DE DECISIONES

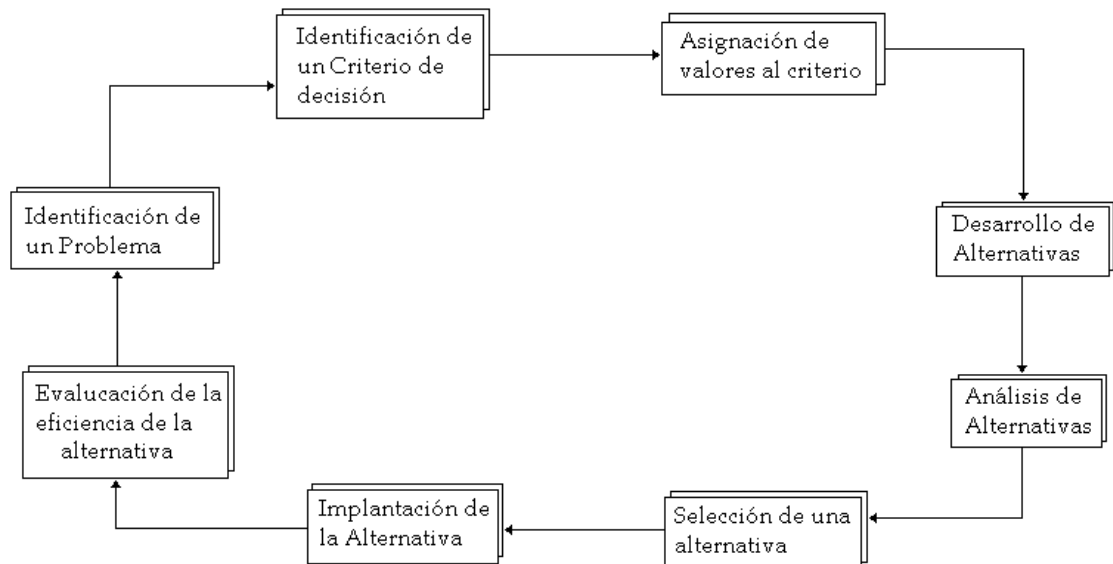


Ilustración 14. Esquema del proceso de toma de decisiones.

1. Identificación de un problema

Ante un inconveniente o un requerimiento del sistema es pertinente determinar en qué área específica o nivel en el que se encuentra este inconveniente. En muchos casos es recomendable realizar un análisis de causa raíz para determinar los verdaderos orígenes de la falla o requerimiento del sistema.

2. Identificación de un criterio de decisión

Es indispensable identificar bajo qué criterios se ha de tomar la decisión que busca solucionar el inconveniente, para eso se recomienda soportarse por manuales de usuario, guías de uso o textos científicos.

3. Asignación de Valor al Criterio

La asignación de valor al criterio se hace con respecto a la relación entre el impacto de la falla o inconveniente, los posibles costos en que se incurre y la prioridad que esta tenga. Se debe ser realista en este campo y no es conveniente incitar al pánico.

4. Desarrollo de alternativas

Las alternativas se encuentran determinadas por el nivel de respuesta y ejecución que se tenga sobre el inconveniente, en otras palabras se debe cuestionar “¿Qué implica y a quienes implica?” para esto guíese por la tabla 2.

5. Análisis de alternativas

El análisis de las alternativas se debe llevar en conjunto con las personas encargadas del departamento o área que permita la solución del inconveniente. Ver tabla 2, el personal a cargo y las extensiones están sujetas a cambios que pueda realizar en cualquier momento la universidad.

Área o Departamento Encargado	Desarrollo de la Alternativa	Encargado	Ext
Mantenimiento	La alternativa implica programación de personal de la Universidad para ejecutar los trabajos.	Jefa: Luz Astrid Ramírez	409
		Secretaria: Carolina hernandez	410
Compras	La alternativa implica un proceso de licitación y contratación de productos o servicios externos.	Jefa: Astrid Consuelo Merchán	479
		Secretaria: Clara Rincón	411
Garantias	La alternativa implica la gestión de garantías con actuales proveedores del servicio o producto donde se presenta el inconveniente	Jefe Práctica: Gilberto Fontecha	568
		Consultar auditor encargado	
Acción directa	La alternativa no implica acciones de otros empleados y es fácilmente ejecutable por el administrador del sistema.	Asesorarse con : José Peña	510
		Asesorarse con: Esneyder Nova	

Tabla 2. Guía de soporte de decisiones.

6. Selección de una alternativa

La selección de una alternativa es un proceso que generalmente depende de otras personas diferentes al administrador del sistema de HVAC, pero su concepto técnico y la investigación que realice alrededor de las diferentes alternativas o la claridad con la que dé a conocer a los encargados de tomar las decisiones, facilitarán una mejor decisión. En muchas ocasiones será indispensable soportarse por otros departamentos de investigación y laboratorios con los que cuenta la universidad y en el personal especializado que por sus amplios conocimientos que podrán ser de gran ayuda a la hora de tomar una decisión.

7. Implantación de la alternativa

La implantación de la alternativa es un proceso que se debe llevar a cabo con el personal del departamento encargado y es recomendable que quede registro escrito de cuando se comenzó con el proceso y cuanto tiempo durará.

8. Evaluación de la eficiencia de la alternativa

La evaluación de la eficiencia de la alternativa será realizada mediante un cuidadoso proceso de seguimiento del comportamiento del sistema y deberá ser reportada ante su superior directo en cada informe de avance de la práctica.

4.3. Solicitudes por el sistema Reqsis

Todas aquellas solicitudes que impliquen un proceso interno de la universidad convienen ser tramitadas a través de un formato denominado “Reqsis o aplicación de requerimientos del sistema” el cual debe ser diligenciado mediante la página institucional de la universidad.

Los Reqsis son formatos que utiliza la universidad para programar el orden de la realización de los procesos que allí se soliciten, así como el personal que será asignado y los recursos con los cuales deberá contar, por lo cual deben ser tramitados con celeridad para poder tener un tiempo de respuesta corto.

Para poder generar un Reqsis es indispensable que solicite una cuenta de correo de la universidad y un nombre de usuario.

Ingrese al sistema Reqsis mediante los siguientes pasos:

1. Abra una página de la universidad: www.upb.edu.co
2. Ingrese a: Servicios Web.
3. Luego ingrese a: Reqsis

Diligencie el formulario que el sistema le muestra, con esto el sistema procesará la información y sus requerimiento será atendido dependiendo de la cola de solicitudes que estén para ese mismo departamento.

4.4. Gestión de Garantías

La gestión de garantías es un proceso que debe ser fundamentado en un cuidadoso y minucioso análisis de la falla que genere el inconveniente en el sistema. Para tramitar una garantía siga los siguientes pasos:

1. Investigue si el equipo en cuestión cuenta con una garantía vigente. Revise el contrato con el cual fue ejecutada la adquisición del equipo, revise manuales y documentos de entrega del equipo.
2. Comuníquese con la persona que realizó la auditoria del sistema para la universidad cuando se realizó la adquisición del equipo.
3. La reclamación debe haber pasado los seis primeros pasos del proceso de toma de decisiones.
4. Antes de tramitar cualquier solicitud el jefe de la práctica debe tener conocimiento de la solicitud de garantía.
5. Envíe la solicitud una vez haya sido aprobada por su jefe y comuníquese con las personas o empresas encargadas comentándoles el caso y avisándoles del envío de la solicitud.
6. Coordine tiempos y recursos para poder facilitar los trabajos que sean necesarios realizar.

En caso de que el equipo o el sistema que requiere ser intervenido ya no tenga garantía y el personal de la universidad no pueda realizar los ajustes necesarios al sistema entonces usted debe realizar un proceso de licitación el cual se explica a continuación.

4.5. Proceso de licitación

Un proceso de licitación debe ser fundamentado en un requerimiento de un equipo o de un sistema que no pueda ser realizado por personal de la universidad. Este proceso requiere estar en el quinto paso del proceso de toma de decisiones y es importante que se tenga en claro que personas van a evaluar los resultados de la licitación.

Para llevar a cabo el proceso de licitación debe:

1. Contar con el respaldo del departamento de mantenimiento.
2. Contar con el aval del jefe de práctica.

3. Seleccionar tres empresas proveedoras del servicio que se requiera. Estas empresas deben contar con todas las garantías y respaldos legales que exige el gobierno.
4. De preferencia las empresas deben tener un recorrido que las acredite como conocedoras del campo de acción o servicio que ofrecen.
5. Contacte con las empresas y solicite una cotización del servicio que requiere. En ocasiones será necesario programar visitas para tomar muestras o evaluar el estado de la pieza, equipo o sistema que requiera ser intervenido.
6. Asesórese de personal conocedor del tema con que cuente la universidad, solicite sus conceptos y páselos por escrito al departamento de compras de la universidad. Allí será notificado de la decisión tomada por la universidad.
7. Comuníquese con la empresa ganadora de la licitación y coordine tiempos de entrega o ejecución de trabajos para solucionar el inconveniente en el menor tiempo posible.
8. Realice un registro e inspección de los trabajos realizados por el personal externo y registre los procedimientos realizados.

4.6. Proceso de mejoramiento

El proceso de mejoramiento continuo busca implementar procesos cada vez más sencillos que sirvan para conectar y dar continuidad a los trabajos realizados en cada una de las prácticas de forma que todos los trabajos se lleven a cabo hasta poder finalizarlos. También implica un proceso de investigación y producción de ideas y planes a largo plazo con el fin de mejorar cada día más.

El primer método implementado para el análisis de casos y su seguimiento se encuentran documentados y desarrollados en el capítulo siete “Casos trabajados durante la práctica” incluido en este mismo trabajo el cual cuenta con los siguientes pasos:

- Síntoma
- Efecto
- Causa Aparente
- Acciones Realizadas

- **Procedimientos a Seguir**

De esta manera se podrá tener un registro claro de aquellos factores que estaban generando inconvenientes en el sistema de aire acondicionado y de aquellos procedimientos que los corrigieron y a la vez se podrá seguir trabajando en aquellos casos que no estén concluidos aún.

El segundo método busca generar un identificador de procesos para determinar en cuales casos se puede implementar un proceso corto y en cuales un proceso largo. Ver tabla 3.

Niveles de Planeación en Términos de Implementación de Proyectos				
Nivel de Trabajo	Nivel de planeación	Alcance	Extensión	Grado de Incertidumbre
Administrativo	Estratégico	El Sistema de HVAC de la Universidad	Largo Plazo	Elevado debido a coacciones y contingencias que no pueden preverse
Intermedio	Táctico	Una o más áreas del Sistema	Mediano Plazo	Limitado a las variables involucradas para reducir la incertidumbre y poder ejecutar su programación
Operacional	Operacional	Una tarea u operación específica	Corto Plazo	Reducido gracias a la programación y realización de todas las actividades

Tabla 3. Nivel de planeación en términos de implementación de proyectos.

La parte operacional corresponde a todos aquellos trabajos realizados día a día producto de las necesidades que se generan por imprevistos menores.

La parte intermedia se relaciona con las actividades que el administrador del sistema ha de realizar, programar y ejecutar guiándose por los procesos establecidos para cada caso.

La parte administrativa corresponde a aquellos planes que el administrador del sistema propondrá a las directivas y encargados de la universidad para mejorar el sistema de aire acondicionado, esto se realizará al final de cada práctica como fruto de las experiencias obtenidas y los conocimientos en ingeniería que puedan aportar investigación y desarrollo a largo plazo.

CAPITULO 5. PLAN DE MANTENIMIENTO

5.1. Identificación de los equipos y su prioridad

El edificio J de la universidad Pontificia Bolivariana de la ciudad de Bucaramanga cuenta con una unidad enfriadora central de agua-aire, una torre de enfriamiento, dos bombas primarias, seis bombas secundarias, siete unidades manejadoras y siete Fan Coil's.

Los equipos se han dividido en dos grandes grupos, los equipos primarios que corresponden a las maquinas permiten enfriar el refrigerante como son; el chiller, la torre de enfriamiento, la bomba de agua de condensación y la bomba de agua helada y los equipos secundarios que corresponden a la maquinaria que permiten realizar el intercambio de refrigerante con el aire y dan la sensación de acondicionamiento de aire al usuario final. Según las recomendaciones que da ASHRAE para la distribución de quipos y sistemas. Referencia [6]

En este orden de ideas se ha seleccionado como equipos críticos el grupo de equipos primario, puesto que una falla en tan solo uno de ellos ocasionaría una parada total de todo el sistema de aire acondicionado del edificio J. Mientras que para los equipos secundarios la prioridad es normal.

Puesto que existen diferencias de prioridad en los equipos del sistema de aire acondicionado, también se recomienda trabajar con varias estrategias de mantenimiento según la prioridad del equipo.

Es así que se propone trabajar con una política de mantenimiento basada en la inspección inicialmente en los equipos de prioridad crítica y normal, para luego llegar a implementar si es posible y viablemente factible una política de mantenimiento basada en el examen de condición para los equipos de prioridad crítica.

Teniendo en cuenta que la política de mantenimiento basada en la inspección o IBM, es en donde se realizan tareas de mantenimiento condicional en forma de inspecciones a intervalos fijos del tiempo de operación, hasta que se requiere la realización de una tarea de mantenimiento preventivo.

Y que la política de mantenimiento basada en el examen o EBM, es en donde se realizan tareas de mantenimiento condicional en forma de exámenes, según

la condición observada en el elemento o sistema, hasta que se necesita la ejecución de una tarea de mantenimiento preventivo.

En principio la IBM se propone como la estrategia a manejar dada la demanda y el tipo de servicio que ofrece el sistema de aire acondicionado del edificio J a los usuarios para los equipos de prioridad crítica mientras que para los equipos de prioridad normal se propone realizar un plan de mantenimiento a fallo.

5.2 Mantenimiento basado en la inspección

Este procedimiento de mantenimiento se basa en el cambio de condición o prestaciones del equipo y que el mantenimiento se basa en el estado real de la pieza o sistema a monitorear por lo cual se deben definir ciertos parámetros para identificar el momento más oportuno para la realización de las tareas de mantenimiento preventivo. Para su implantación se requiere:

Definir las piezas críticas de cada máquina tanto a nivel primario como nivel secundario del sistema de aire acondicionado del edificio J, a las cuales se les va a realizar el proceso de IMB, las piezas que no se incluyan en este listado se trabajarán teniendo en cuenta una política de mantenimiento basado en el fallo.

Determinar la frecuencia más adecuada para las inspecciones y el indicador adecuado de condición RCI. Teniendo en cuenta que el sistema ya está en uso y que las piezas llevan un nivel de desgaste no determinado, se puede iniciar a calcular de manera experimental en un rodamiento o un acople de la misma referencia de un componente de una de las máquinas de circuito primario o secundario, mediante pruebas en el laboratorio de aire acondicionado o con equipos rotativos los ciclos y el tiempo de vida útil de cada componente identificando el nivel crítico de cada componente y pasándolo a uso en días de forma que se pueda hacer un estimativo de cual sería el nivel de desgaste teórico en el cual se pueda encontrar cada pieza en un instante de tiempo determinado. Referencia [7]

Una vez determinado estos factores realizar el flujo de trabajo según se muestra en la ilustración 15.

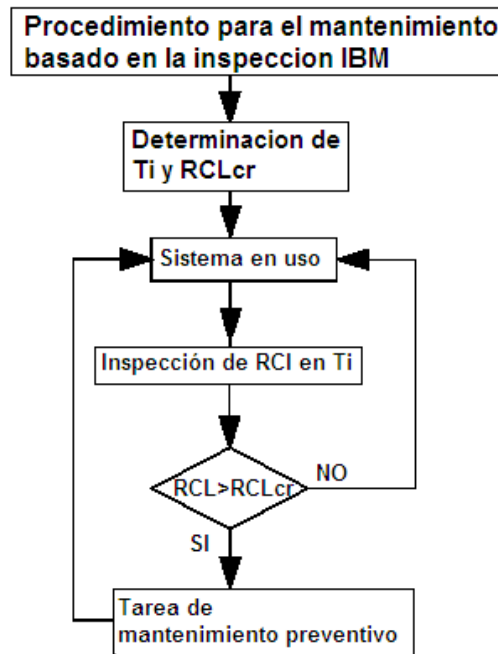


Ilustración 15. Diagrama de tareas a realizar en un mantenimiento basado en la inspección.

5.3 Mantenimiento basado en el examen de condición

Este segundo método se propone como una estrategia de mantenimiento especialmente aplicable a los equipos de prioridad crítica, los cuales mediante la recolección y el seguimiento realizado de la aplicación del anterior método IBM, pueden tener un mejor soporte para aumentar el nivel de utilización de los elementos sustituidos o a sustituir por los mantenimientos preventivos.

En consecuencia esta segunda estrategia se basa en un estimador adecuado de condición o RCP. Para esto es necesario en cada inspección generar un reporte que contenga:

- La descripción completa de la condición del elemento.
- El cambio continuo o monótono durante el tiempo de operación.
- Definición numérica de la condición del elemento.

Esta última hace referencia a el nivel de desgaste que por ejemplo se podría encontré en el grosor de un acople y que se podría cuantificar inicialmente y en el momento de la inspección, aunque no en todos los casos se podrá realizar esta verificación dado la dificultad o imposibilidad de medir el estado de la pieza en el sistema. Referencia [8]

Se debe tener en cuenta que más que un número en el RCP se habla de un intervalo admitido de trabajo.

El resultado del examen del RCP se da mediante un valor numérico del estimador de condición o MRCP que representa la condición real de desgaste del elemento en ese momento.

Para esto se ha de tener en cuenta que el RCP siempre se debe encontrar en uno de los siguientes intervalos:

- $RCP_{in} < RCP_{(t)} < RCP_{cr}$: continuación de las inspecciones o exámenes.
- $RCP_{cr} < RCP_{(t)} < RCP_{lim}$: se precisa la tarea de mantenimiento preventivo.
- $RCP_{lim} < RCP_{(t)}$: es necesaria la tarea de mantenimiento correctivo, porque el fallo ya ha ocurrido.

Aunque este es el método de mantenimiento al que se pretende llegar es claro que se presentarán ciertas dificultades a la hora de seleccionar un estimador adecuado de condición para cada pieza en estudio y mucho más será la determinación de la descripción matemática de este comportamiento o $RCP(t)$.

Para alcanzar los objetivos mediante el mantenimiento basado en el examen, deben considerarse las cinco etapas siguientes:

- Identificación de un «Estimador de Condición» (RCP).
- Identificación del «Estimador de Mantenimiento» (RMP).
- Determinación de las condiciones reales en que opera el componente.
- Ejecución de las pruebas de duración para simular las condiciones operativas actuales.
- Establecimiento de una estrategia de mantenimiento apropiada.

Por lo general, estas etapas serán comunes a la mayoría de las aplicaciones de mantenimiento basadas en el examen, independientemente del sistema investigado. Referencia [8]

En la ilustración 16 se muestra un diagrama de lo que es el flujo de mantenimiento basado en el examen.

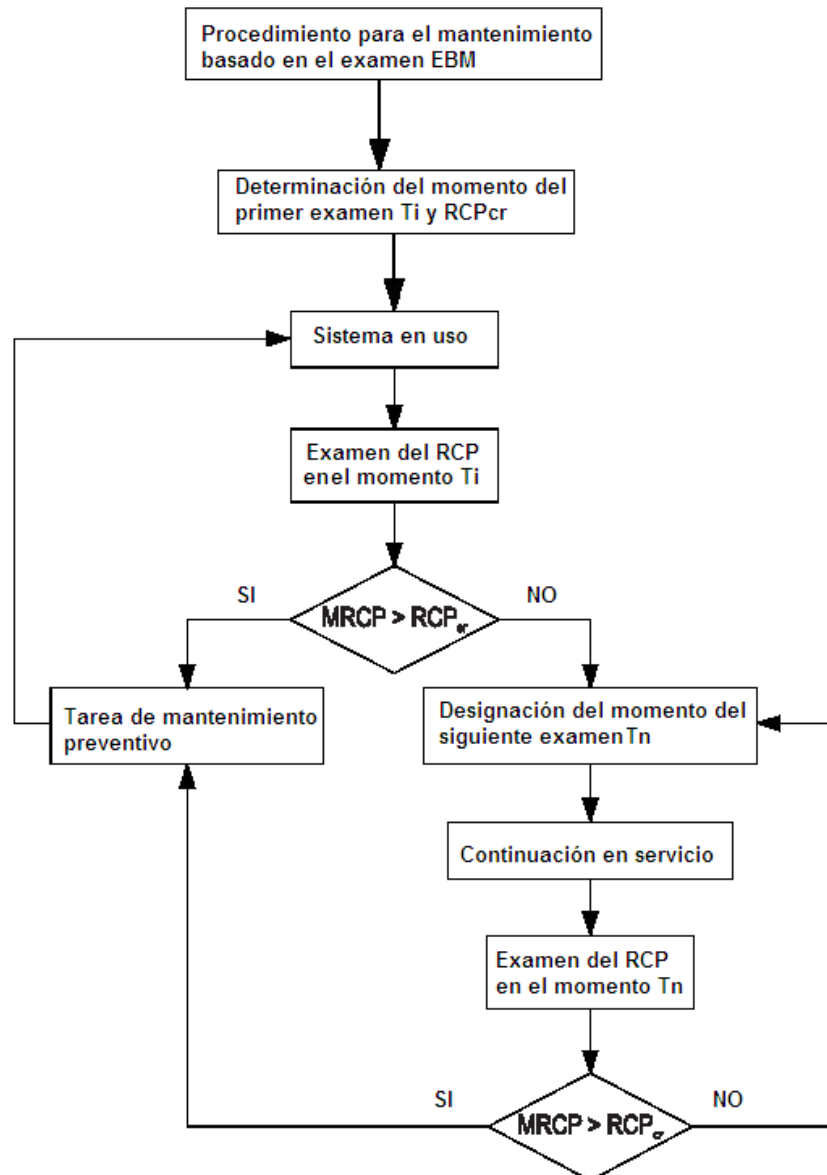


Ilustración 16. Diagrama de tareas a realizar en un mantenimiento basado en el examen de la condición.

5.4. Mantenimiento basado en el fallo

Este método se propone como una estrategia de mantenimiento especialmente aplicable a los equipos de prioridad normal, la cual consiste en realizar las tareas de mantenimiento correctivo tras ocurrir un fallo, con el fin de recuperar la funcionabilidad del equipo considerado. Por lo cual este método se puede resumir como la reparación de las averías después de ocurrido el fallo. A continuación en la ilustración 17 se explica el proceso de un mantenimiento basado en el fallo. Referencia [9]

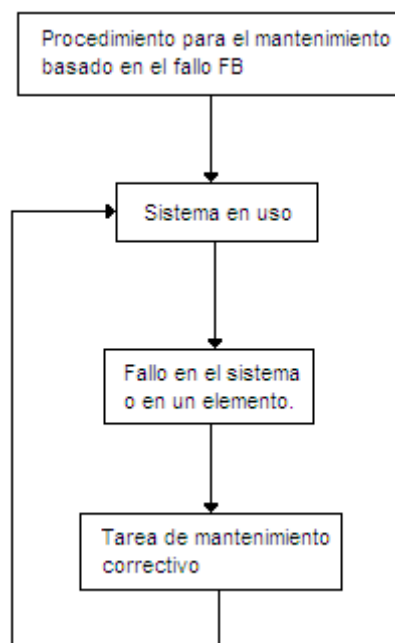


Ilustración 17. Diagrama de las tareas a realizar en un mantenimiento basado en la falla FB.

CAPITULO 6. PLAN DE OPERACIÓN PARA EL AHORRO DE ENERGÍA

6.1. Plan de disminución de consumos energéticos

Dentro de los grandes procesos transformacionales de las organizaciones a nivel mundial, la culturización en el tema de consumo racional de energía ha ganado un nivel de importancia significativo que implica la búsqueda y puesta en marcha de estrategias que tengan un impacto positivo en el uso de las energías disponibles.

En la universidad Pontificia Bolivariana no solo los equipos de aire acondicionado son gestores de gran consumo de recursos energéticos, pero si son para este estudio el foco de atención, por lo cual aunque las estrategias planteadas centrarán su atención en este tipo de equipos.

Pero para lograr esto es necesario sintonizar a la comunidad universitaria en el nuevo proyecto de forma tal que la ejecución del proyecto se de de acuerdo a lo planeado, para mantener dicho esquema el primer inconveniente a solucionar es con las personas implicadas las que deben estar constantemente trabajando en el compromiso adquirido por el nuevo proyecto.

Es por esto que se hace necesario saber donde se está, de donde se viene y para donde se va de manera clara, con el fin de orientar los esfuerzos del grupo de manera correcta y aunque normalmente se intuye que el principal problema son las personas sus individualismos, se debe tener en cuenta otros factores relevantes como lo son la falta de coherencia, la no planeación de las tendencias cambiantes del consumo energético y la no participación de las personas en el conocimiento. Referencia [10]

Los pasos a seguir para implementar un plan de manejo y consumo racional de la energía son:

1. Convencimiento
2. Puesta en común
3. Evaluación de estado real y proyectado
4. Transformación cultural

1. El convencimiento: No es otra cosa más que el principio básico por el cual se debe comenzar cualquier proyecto, si las directivas de la

universidad no están convencidas de lo que se logrará con la aplicación de un plan estratégico de consumo racional de energía, todo esfuerzo será diseccionado de forma diferente.

2. Puesta en común: Es necesario conocer el sentir de la institución respecto del consumo racional de los recursos energéticos, o no se podrán realizar acciones contundentes para que este sea realmente visto en su verdadera dimensión, esto requiere canales claros de comunicación y fuentes veraces de información.
3. Evaluación de estado real y proyectado: No es otra cosa que conocer la historia del manejo del sistema de aire acondicionado de la institución con respecto al consumo energético, aprendiendo de los errores cometidos y aprovechando los aciertos.
4. Transformación cultural: Son las estrategias aplicadas que buscan el compromiso y la interacción de toda la comunidad universitaria para la realización del proyecto. Referencia [10]

6.2. Identificación de los generadores de alto consumo

En el proceso de identificación de los generadores de altos consumos energéticos podemos enfocar nuestros esfuerzos a la maquinaria primaria; chiller, torre de enfriamiento y bombas primarias, en este nivel las estrategias en si solo dependerán del administrador del sistema y de su equipo de mantenimiento.

Para el sistema secundario la suma total de la maquinaria alcanza un mayor uso de energía y es allí donde se deben implementar una serie de estrategias que implican el uso racional de energía con la participación de la comunidad universitaria.

La administración de la energía

La administración de la energía para edificios se basa en los siguientes pasos:

1. Designar y definir un administrador de la energía responsable y calificada.
2. Establecer canales de comunicación.
3. Establecer un sistema de responsable de la energía que registre y guarde los consumos y los costos de la energía y el agua, de esta manera proveyendo datos para el análisis del uso de la energía y las oportunidades de conservación de la misma. Incluso podría incluir

- comparaciones con la energía usada con los anteriores consumos del sistema sin utilizar ninguna estrategia de consumo racional de energía.
4. Validar y analizar los datos de la energía usada.
 5. Llevar a cabo encuestas para suministrar la información necesaria para identificar bajos costos/ costos no operacionales, mantenimientos y oportunidades relevantes de conservación de la energía. Frecuentemente es personal calificado quien realiza esto.
 6. Usando los resultados de las encuestas, cambiar el modo de operación del edificio, haciendo de manera lógica los cambios en los procesos de administración de energía que se tengan en mente.
 7. Evaluando las oportunidades de conservación de la energía para el ahorro esperado, estimando el costo de la implementación y las prioridades.
 8. Midiendo la implementación de métodos de para la conservación de la energía.
 9. Monitorear los resultados.
 10. Evaluar los sucesos para establecer nuevos caminos. Referencia [11]

Para el caso específico del sistema de HVAC del edificio J, el administrador asignado temporalmente es el estudiante pasante, los canales de comunicación se especifican en la tabla 2 de este mismo informe, el software para el registro de consumos de corriente es Labview marca registrada y con licencia académica para la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga y los seguimientos de corriente se realizarán a través de unos sensores seguidores conectados a una tarjeta de adquisición de datos para luego ser analizados por el administrador del sistema.

Análisis de datos de energía

Basado en el uso de la carga de energía es la cantidad de energía consumida independiente del agua. Cuando un edificio tiene un sistema de enfriamiento que funciona por consumo el consumo eléctrico durante todo el año.

El estimado anual basado en el consumo de carga energética puede ser obtenido a través del promedio mensual de consumo durante los meses de baja demanda multiplicados por un factor constante de 12. Los factores de carga eléctrica (ELFs) y el factor de ocupancia pueden ser usados en vez de los perfiles energéticos por hora.

Para esto será necesario calcular el factor de carga eléctrica y el factor de ocupancia de la siguiente forma:

$$EFL = \frac{\text{Uso diario del promedio más bajo}}{\text{Demanda mensual más baja} \times 24} \quad \text{Ecuación 1.}$$

La ocupación normal de una oficina es de 7:30 a.m. a 6:30 p.m. de lunes a viernes. Además el factor de ocupación es calculado como:

$$\text{Factor de Ocupación} = \frac{\text{Horas de ocupación actual semanales}}{24 \text{ h} \times 7 \text{ días}} \quad \text{Ecuación 2.}$$

Para poder realizar el análisis de los comportamientos de consumo eléctrico se deben hacer seguimientos a varios factores a tener en cuenta, ver tabla 4. Los valores de consumo deben ser los reportados por el conjunto de equipos de HVAC sin incluir los sistemas de iluminación del edificio.

Factor de Ocupación		Área acondicionada del edificio	
% ELF año: i		% ELF año: i + 1	% ELF año: i + 2

Año	Mes	Inicio de facturación	Fin de la facturación	Uso de KWh en la factura	Actual demanda de KW	ELF %	Uso diario de KWh	Uso Mensual de KWh	Porcentaje de exceso de

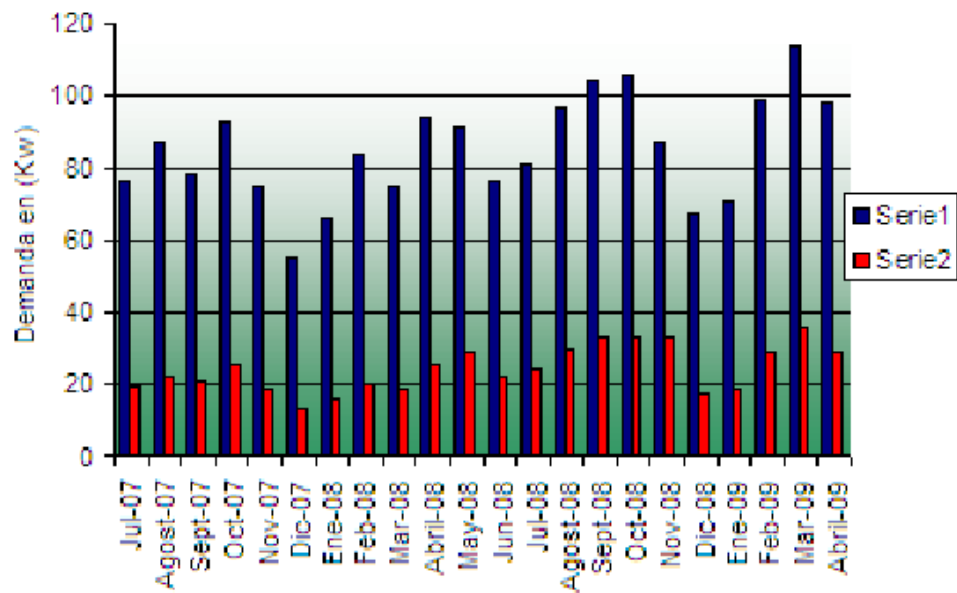
a: máximo o mínimo valor por año b: pico de demanda por año c: Mínima demanda usada por temporada del cálculo del EFL

Año	KWh x y/m2	Días	Total kWh	Picos kW	Prom ELF	Uso diario de KWh	Uso Mensual de KWh

Tabla 4. Consumo eléctrico de un edificio.

Para el caso del sistema de aire acondicionado del edificio J de la universidad Pontificia Bolivariana, en el momento no es posible calcular con certeza el valor del consumo eléctrico de los equipos al no existir un contador general ni un sistema de registro y acumulación de datos para estos equipos. Referencia [12]

Sin embargo se puede analizar el comportamiento de la demanda de consumo de kWh por mes que tuvo la UPB en los últimos dos años, ver ilustración 18, aunque en estos recibos un factor modificante es la iluminación universitaria y los procesos de construcción de obras civiles que se llevaron en estos periodos, por lo cual se requiere un nuevo cálculo de las condiciones de demanda de energía para este edificio y sus equipos de HVAC.



	Jul. 07	Ago. 07	Sep. 07	Oct. 07	Nov. 07	Dic. 07	Ene. 08	Feb. 08	Mar. 08	Abr. 08	May. 08	Jun. 08	Jul. 08	Ago. 08	Sep. 08	Oct. 08	Nov. 08	Dic. 08	Ene. 09	Feb. 09	Mar. 09	Abr. 09
Consumo Activa	77	86	78	92	74	55	65	84	75	94	91	76	81	96	104	106	87	67	71	99	114	97
Consumo Reactiva	20	22	20	25	19	12	15	20	18	25	29	22	24	30	32	32	33	17	19	29	35	29

Ilustración 18. Demanda eléctrica vs. Mes del año en la UPB seccional Bucaramanga.

CAPITULO 7. CASOS TRABAJADOS DURANTE LA PRÁCTICA

La etapa inicial de la práctica empresarial comenzó con un ciclo de aprendizaje y reconocimiento del funcionamiento del sistema de control Continuum, de sus diferentes componentes y de la interacción con el sistema físico del aire acondicionado del edificio J. Desde ese momento se identificaron dos puntos principales a trabajar; el primero de ellos es el mantenimiento del confort que debe generar el sistema de aire acondicionado y el segundo punto a trabajar es la disminución del consumo energético del mismo sistema.

Dado que en el momento de comenzar, el sistema de aire acondicionado presentaba diversos inconvenientes en la prestación de su servicio a la comunidad universitaria y teniendo en cuenta que existe una estrecha relación entre el funcionamiento de la maquinaria del sistema y la sensación de confort que el usuario final tiene, se tomó la decisión de atacar primero los inconvenientes que afectaban directamente a los usuarios del sistema de aire acondicionado.

Se encontró que no se contaba con un seguimiento de los estados de operación de los diferentes maquinas del conjunto que componen el aire acondicionado en el edificio J, por lo cual era complicado realizar un plan de mantenimiento basado en el riesgo o la confiabilidad de las diferentes máquinas involucradas. También se detectó que se no se disponía de la información acerca del sistema de control Continuum tal como manuales o guías del programa lo cual demoró el proceso de corrección de inconvenientes del sistema, así como la carencia de información de tablas con las constantes de sintonización (PID) de las válvulas proporcionales.

Entre los principales retos que se tenían al iniciar los trabajos fue que en muchas de las áreas del edificio J se contaba con temperaturas lejos a los valores del set point (22°C), lo que producía una sensación de incomodidad al cambiar de un recinto a otro.

Una vez restablecidos los niveles de confort de las diferentes áreas del edificio J se procedió a realizar procesos de gestión de garantías y procesos de licitación para mantenimientos del sistema y por ultimo se procedió a iniciar el análisis del consumo eléctrico de unos equipos involucrados en el acondicionamiento de aire del edificio J, en donde se encontró que desde la instalación de los equipos no se cuenta con un contador eléctrico exclusivo para el sistema de HVAC lo cual dificulta el cálculo de los consumos de energía por parte de estos equipos y puesto que solo se manejan estimativos se

comenzó a trabajar en un método para saber cuál era el consumo real mediante un seguimiento controlado del sistema general y de un grupo de equipos individualmente por medio de sensores y un software especializado que tuviera licencia en la universidad.

Para el desarrollo de los casos que se estudiaron y sobre los cuales actualmente en algunos de ellos se sigue trabajando y que a continuación se describirán se utilizó el siguiente método de análisis: (síntoma-afecto-causa-solución).

Primero se encontrará un *Síntoma*: que se refiere a la condición bajo la cual se identifica el inconveniente.

Segundo se encontrará un *Efecto*: donde se mencionan a las consecuencias que trae consigo el inconveniente ya sea sobre el confort o sobre el consumo eléctrico.

Luego se encontrará una *Causa Aparente*: en donde se indica lo que posiblemente este generando la aparición del síntoma.

En seguida se encontrará unas *Acciones Realizadas*: que registra todos aquellos procedimientos que se realizaron para superar el inconveniente.

Por último se encontrarán unos *Procedimientos a Seguir*: que se refieren a todas las tareas que se han de realizar para corregir el inconveniente en el caso de que aun siga en estudio y cuando un caso sea terminado y se halla corregido su estado será finalizado.

De esta manera se podrá tener una base de datos clara de aquellos factores que estaban generando inconvenientes en el sistema de aire acondicionado y de aquellos procedimientos que los corrigieron y a la vez se podrá seguir trabajando en aquellos casos que no estén concluidos aún.

7.1. Diagnostico de confort

A continuación se muestra el diagnostico del área de trabajo bajo el concepto de los factores que puedan estar afectando el Confort que debe ofrecer el sistema de aire acondicionado.

- Síntoma: Los programas controladores PID de las válvulas proporcionales no se activan.

Efecto: Las diferentes áreas que controla el Continuum pueden presentar muy bajas temperaturas (por debajo del set point: 22°C) o altas (por encima de los 26°C) lo cual genera incomodidad en las personas que utilizan la biblioteca o las aulas acondicionadas del edificio J.

Causa aparente: El Programa Continuum no está cargando automáticamente los programas que activan las PID (programas PIDUMA0#) quedando las manejadoras funcionando sin control de los PID es decir las válvulas quedan abiertas en un punto fijo y no varía según la demanda de frío que requiera el área controlada.

Acciones Realizadas: Se realizaron correcciones en el programa MONITORGENERAL que es el encargado de activar los diferentes programas que controla el sistema Continuum logrando que la mayoría de los sistemas PID se activen cuando el programa MONITOR0# que los controla se activa.

Procedimiento a seguir: El caso se encuentra en estudio dado que aun no se ha conseguido que el sistema se active por completo por lo cual se analizan posibles conflictos en el sistema Continuum y los códigos de los programas de los componentes del sistema de HVAC.

- Síntoma: El software Continuum no se encuentra funcionando en línea con la red UPB seccional Bucaramanga.

Efecto: La Workstation no se puede trasladar del punto donde se encuentra actualmente y no se puede acceder en línea remotamente al sistema Continuum.

Causa aparente: El Programa Continuum presento conflictos con el antivirus del computador lo cual impidió la configuración del sistema para que quedara en Red en el momento en el que se tenía planeado con la empresa E&P Ingeniería.

Acciones Realizadas: Se reinstalo el sistema Continuum y el antivirus en el computador sin ningún conflicto entre los dos, se cambio el disco duro que tenía el computador de la Workstation y se ha realizado las diferentes gestiones entre la UPB y la empresa E&P ingeniería, donde se acordó que cuando la UPB ubique la posición final del equipo Workstation que controla el sistema Continuum y lo doten con un punto de red se procederá a montar el sistema a la red.

Procedimiento a seguir: Se está adecuando el lugar donde se va a ubicar finalmente la Workstation y preparando los programas para ser conectados a la red. El caso se encuentra actualmente pendiente o en estudio.

- Síntoma: El software Continuum no está generando ni guardando reportes de ningún tipo (Humedad, registro de temperatura, control por PID).

Efecto: Al no poderse generar reportes de humedad o seguimientos de temperatura de las diferentes áreas es muy difícil evaluar el comportamiento del sistema de HVAC.

Causa aparente: El Programa Continuum no está guardando ni cargando automáticamente la configuración correcta lo cual desactiva los controladores que gobiernan los registros del sistema.

Acciones Realizadas: Después del estudio del documento Configurator's Guide for Version 1.8, Andover Continuum. Capitulo 11, Configuración de Reportes, pg: 201-236. Se consiguió solucionar este inconveniente obteniendo los diferentes reportes ya configurados para el sistema y se crearon nuevos.

Procedimiento a seguir: El caso se encuentra cerrado.

- *Síntoma:* El software Continuum cuando se realiza el monitoreo por áreas las alarmas indica fallas producidas por los ventiladores de las maquinas manejadoras.

Efecto: Al activarse estas alarmas el estatus de las PID cambia y en muchas ocasiones se desactiva.

Causa aparente: Los diferentes programa de control MONITOR0# encuentran errores en el encendido o en el apagado de las manejadoras al correr el código de sus respectivos programas lo que genera las alarmas.

Acciones Realizadas: Se modificó el código de programa de los programas MONITORES que presentaban la falla de ventilador corrigiendo este inconveniente.

Procedimiento a seguir: El caso se encuentra cerrado.

- *Síntoma:* La bomba secundaria del segundo piso presentó una posible fuga de aceite en los rodamientos del motor.

Efecto: El cuerpo del motor de la bomba se está calentando más de lo normal, se podrían llegar a dañar los rodamientos de este motor.

Causa aparente: Un posible mal apriete en los empaques de los rodamientos.

Acciones Realizadas: Se realizó inspección por parte del soporte técnico de Proyectos y Servicios quienes descartaron mal apriete en los empaques de los rodamientos, se ha monitoreado constantemente el motor pero la posible fuga parece haber parado.

Procedimiento a seguir: El caso se encuentra cerrado.

- *Síntoma:* La bomba secundaria de la hemeroteca y la sala dos de la biblioteca presentó una excesiva vibración y un calentamiento en el cuerpo del motor.

Efecto: Se apreció desgaste del acople que une el eje del motor con el eje del impulsor de la bomba.

Causa aparente: Posible desalineación entre el eje del motor y el eje de la bomba por un montaje incorrecto (montaje en voladizo del motor mono-bloque), que genera cargas que se concentran de manera cíclica en el acople por el peso mismo del motor, lo que genera un desgaste acelerado del acople.

Acciones Realizadas: Se realizó una inspección y luego se procedió a solicitar la asistencia técnica del soporte técnico de Proyectos y Servicios quienes desmontaron el motor de la bomba y lo llevaron para su respectivo análisis por expertos de Proyectos y Servicios, quienes confirmaron que la causa del desgaste fue por desalineación entre el eje del motor y el del impulsor, se reemplazo el acople por uno nuevo y por parte de la UPB se procedió a solicitar a Proyectos y Servicios la instalación de soportes para las bombas secundarias para evitar este inconveniente en las demás bombas secundarias acto que se llevo a cabo al poco tiempo.

Procedimiento a seguir: El caso se encuentra cerrado.

- Síntoma: El cuarto de módems adjunto al área de procesos técnicos requiere un control de temperatura independiente.

Efecto: Al aislar el cuarto de módems se tendrá una temperatura adecuada para el correcto funcionamiento de estos equipos.

Causa Aparente: No se contempló la instalación de un equipo especial para esta área en el diseño original del sistema porque esta necesidad se genera después con el tiempo.

Acciones Realizadas: Se consulto los planos del sistema de ductos de agua fría y redes eléctricas del sistema de HVAC para el primer piso de la biblioteca, luego se pidió el concepto técnico de Proyectos y servicios para la adquisición de las piezas necesarias para construir un fan-coil desnudo teniendo en cuenta que la universidad cuenta con ciertas piezas.

Procedimiento a seguir: Se está a la espera de la cotización de proyectos y Servicios por un motor eléctrico de 1/6 de HP, una válvula de tres vías de $\frac{3}{4}$ de pulgada, un controlador de humedad y un control de temperatura. Luego de la posible compra se procederá hacer el montaje y la instalación por parte del personal de la Universidad también

se trabajará en la implementación o adhesión al sistema de control de aire del resto del edificio J. El caso está pendiente en estudio.

- Síntoma: No existe un software para la administración del mantenimiento del sistema de HVAC del edificio J.

Efecto: No se Cuenta con una historia clínica de las maquinas, lo que impide calcular y planificar los mejores momentos para realizar los respectivos mantenimientos de los diferentes componentes del sistema de HVAC para evitar afectar fuertemente la prestación del servicio de aire acondicionado a la comunidad universitaria.

Causa Aparente: Se carecía de personal dedicado al seguimiento exclusivo del sistema de HVAC y de las herramientas para la documentación necesaria para generar reportes de historias de operación de las diferentes maquinas que componen el sistema de HVAC del edificio J.

Acciones Realizadas: Se instalaron dos programas para la administración del mantenimiento Microsoft Access (con licencia de funcionamiento para la universidad pontificia bolivariana seccional Bucaramanga) y PMXFREE (software de uso libre especializado en mantenimiento que corre bajo la plataforma de Microsoft Acces) y se trabaja en la documentación y creación de un protocolo de manejo tanto para el mantenimiento del sistema de aire del edificio J. El programa fue eliminado al entregar el disco duro con el que venia trabajando la Workstation y ponerle uno de mayor tamaño según sugerencia del departamento de sistemas.

Procedimiento a seguir: Se requiere reinstalar el software PMXFREE para alimentar la base de datos del sistema de HVAC. Caso abierto.

- Síntoma: Se requiere mantenimiento preventivo de los equipos de HVAC del edificio J.

Efecto: Desde el momento de la instalación de las manejadoras y los fan-coils no se ha llevado a cabo ningún mantenimiento general de estos equipos disminuyendo su eficiencia de operación.

Causa Aparente: No se habían cumplido con los tiempos necesarios para llevar a cabo dichos mantenimientos.

Acciones Realizadas: Se solicitó a Proyectos y Servicios la realización de un mantenimiento preventivo de las manejadoras y los fan-coils del edificio J, proceso que se llevó a cabo al poco tiempo, luego se realizaron las gestiones para organizar personal de la universidad de mantenimiento y servicios generales para que cumplan con unas rutinas de mantenimiento de los cuartos de las manejadoras, las manejadoras, los fan-coils, el Chiller y la Torre de enfriamiento.

Procedimiento a seguir: Se generó un protocolo que permite realizar los próximos mantenimientos con el personal de mantenimiento de la UPB disminuyendo los costos por contratación de este servicio con otras empresas. El caso se encuentra cerrado.

- Síntoma: Se requiere un tratamiento químico para el agua de la torre de enfriamiento y sistema de condensación.

Efecto: Al no tener tratamiento de aguas el sistema de agua de condensación se generaron incrustaciones en la torre de enfriamiento, lodos y principios de corrosión en el sistema disminuyendo la eficiencia y el tiempo de vida útil de la bomba primaria de agua de condensación y de la torre de enfriamiento.

Causas Aparentes: Cuando se inicio la operación del sistema no se detectó la necesidad de realizar tratamiento de agua a la torre de enfriamiento.

Acciones Realizadas: Se solicitó a la empresa Provinas (empresa dedicada a la venta de insumos químicos industriales) una toma de muestra de agua para su respectivo análisis y con los resultados obtenidos se procedió a determinar la cantidad y la clase de ataque químico que se debía ejecutar en este sistema, antes de proceder a aplicar los químicos a la torre de enfriamiento se realizaron un total de tres lavados de la torre por parte de personal de la universidad para luego aplicar los químicos correspondientes, el proceso se ejecutó en el sistema y se ha venido monitoreando constantemente.

Procedimiento a seguir: Se realizó un protocolo para el mantenimiento y manejo de la torre de enfriamiento y sus componentes (ver anexos) y el caso se encuentra cerrado.

- Síntoma: El programa que controla la apertura de la válvula proporcional del auditorio se activa pero pasado un corto periodo de tiempo se desactiva.

Efecto: No se cuenta con un control automático de las temperaturas del auditorio por lo cual se puede llegar a muy bajas temperaturas por el orden de 18 °C o altas por encima de 27 °C.

Causa Aparente: El sensor de presión correspondiente a la bomba del auditorio se encuentra trabajando directo, dado que se realizó un cambio en el cableado de encendido de esta bomba para habilitar la bomba del cuarto piso provisionalmente y no se volvió a reestablecer su conexión original.

Acciones Realizadas: Dado que la bomba no se conectó como inicialmente se instaló, fue imposible reclamar este requerimiento a la empresa E&P (empresa con quien se contrató la automatización del sistema de aire acondicionado del edificio J), por lo cual se procedió a manejar desde el sistema mediante un seguimiento continuo la apertura y cierre de la válvula proporcional con el fin de garantizar la temperatura adecuada del auditorio.

Procedimiento a seguir: Se requiere realizar un proceso de contratación con E&P para que realicen la conexión correcta de la bomba y del sensor de presión y a su vez comprueben el correcto funcionamiento de software de control para el auditorio. Caso abierto.

7.2. Diagnostico de consumo eléctrico

A continuación se muestra el diagnóstico del área de trabajo bajo el concepto de los factores que puedan estar afectando el Consumo Eléctrico del sistema de aire acondicionado.

- **Síntoma:** Las válvulas de las manejadoras y de los fan Coil's no realizan el respectivo by-pass cuando la temperatura se encuentra por debajo del set point.

Efecto: Al no poderse realizar el by-pass por parte de las válvulas se pierde energía contenida en el agua fría que pasa por el serpentín de los equipos enfriando más de lo necesario las áreas acondicionadas.

Acciones Realizadas: Se realizaron cambios en los códigos que controlaban las válvulas on-off de los fan Coil's consiguiendo que estas realicen el respectivo by-pass cuando la temperatura del área se encuentra por un grado por debajo del set point o un grado por encima del mismo. Por otra parte se han realizado pruebas en los algoritmos que controlan las válvulas de las manejadoras.

Procedimiento a seguir: El caso se encuentra en estudio pues se están analizando diversas teorías de PID para sintonizar correctamente los valores de los PID que produzcan el efecto deseado sin afectar la estabilidad del sistema en cada una de las válvulas de las manejadoras.

- **Síntoma:** Los horarios establecidos de encendido y apagado de los equipos que debería realizar el sistema no funcionan.

Efecto: Al no poderse activar el encendido y apagado automático genera un control manual de: las bombas primarias y la torre de enfriamiento y un control manual desde el sistema de monitoreo de: las bombas secundarias, manejadoras y los fan-coil, lo que genera dependencia del sistema de un operador externo.

Causa aparente: El Programa MONITORGENERAL no está guardando ni cargando automáticamente la configuración correcta del sistema lo que impide que se prenda el sistema a la hora indicada.

Acciones Realizadas: Se revisó la configuración de los horarios en el sistema, se crearon nuevos controladores en el Schedule, se cambio el programa de encendido de la TORREONOFF y del MONITOR

GENERAL consiguiendo que las bombas y la torre y el Chiller enciendan según lo programado.

Procedimiento a seguir: El caso se encuentra bajo monitoreo hasta lograr poner a punto el programa y los horario de encendido y apagado de todos los equipos.

- Síntoma: La bomba primaria de agua helada y la bomba primaria de agua de condensación no están siendo gobernadas por el sistema Continuum.

Efecto: Al no poderse gobernar las bombas primarias desde el sistema de control ellas deben ser prendidas de modo manual y apagadas al finalizar la jornada de trabajo, de lo contrario quedarían funcionando todo el día lo que aumentaría el consumo eléctrico, pero al ser apagadas de modo manual se impide que sistemas autónomos como el área de Libros y el Archivo muerto puedan encender el sistema de HVAC en el momento en que sus respectivos set point lo requiera, al igual que el Chiller que al no encontrar las bombas primarias encendidas se Bloquea por Alta Presión.

Causa aparente: El Programa Continuum no está gobernando el encendido y apagado de las bombas primarias por un posible error en el código del programa que las activa y desactiva (en el programa CHILLEROFF).

Acciones Realizadas: Se realizó el diagrama de bloques del programa CHILLEROFF para analizar el código de programación.

Procedimiento a seguir: El caso se encuentra en estudio puesto que se está buscando las variables que puedan causar el inconveniente o las líneas que puedan estar deshabilitadas en el código de programación actual. Dado el caso se revisará la posibilidad de programar un nuevo código si así fuera necesario.

- Síntoma: La torre de enfriamiento no enciende automáticamente según lo programado por el set point.

Efecto: Al no poderse encender automáticamente la torre su operación se hace en modo manual funcionando todo el día aumentando

considerablemente el consumo energético, y siendo apagada al finalizar la jornada de trabajo, impidiendo que sistemas autónomos como el área de Libros y el Archivo muerto puedan encender el sistema de HVAC en el momento en que sus respectivos set points lo requiera, pues el no funcionamiento de la torre de enfriamiento puede generar una sobrepresión en las tuberías de condensación y en el Chiller el cual se bloquea por Alta Presión.

Causa aparente: El Programa TORREON presenta conflictos con el sistema Continuum, por errores en el código del programa de TORREON.

Acciones Realizadas: La torre de enfriamiento comenzó a funcionar luego de hacerle el cambio de código de programación al programa TORREON en un trabajo en conjunto con el soporte técnico de E&P.

Procedimiento a seguir: Este proceso fue Finalizado comprobándose su correcto funcionamiento.

- Síntoma: No existe un protocolo para el manejo adecuado del sistema Continuum ya sea por parte del Administrador del sistema o por parte de un usuario esporádico.

Efecto: No se están manejando el aire acondicionado de las diferentes áreas de la biblioteca por demanda que es la forma como se planifico y diseño el sistema de HVAC, lo que genera un sobre costo en el consumo eléctrico al tener habilitadas áreas de la biblioteca con muy baja o nula cantidad de usuarios.

Acciones Realizadas: Se generó una propuesta de manejo de los equipos de HVAC (ver anexos) basados en el comportamiento térmico de las diferentes áreas del edificio J. Aunque el computador de la Workstation contenía una pequeña guía para la introducción al manejo del sistema Continuum se amplió y arregló según las necesidades actuales de la UPB dividiéndola en dos ya sea para Administrador o para Usuario esporádico.

Procedimiento a seguir: Caso cerrado.

- Síntoma: Se requiere un seguimiento al consumo eléctrico de los equipos que conforma el sistema de HVAC del edificio J.

Efecto: Al no tener los equipos para realizar un seguimiento al consumo eléctrico de los equipos del edificio no se puede medir la efectividad de los programas de manejo ni de las estrategias de consumo que puedan llevar a disminuir los costos de operación del sistema.

Causa Aparente: No se tenía planeado hacer un seguimiento del consumo eléctrico de estos equipos en el momento de instalar el sistema de HVAC del edificio J.

Acciones Realizadas: Se instalaron provisionalmente unos transformadores para el monitoreo de los consumos de corriente del sistema de aire acondicionado del edificio prestados por el laboratorio de aire acondicionado de Ingeniería Mecánica, luego se gestionó el préstamo de un computador portátil por parte del departamento de sistemas con el programa Labview con el cual mediante una tarjeta de adquisición de datos prestada también por el laboratorio de vibraciones de Ingeniería Mecánica se iniciaron los monitoreo de los principales equipos del sistema HVAC .

Procedimiento a seguir: El caso se encuentra en estudio puesto que vez se tenga un registro del consumo del sistema se procederá a rectificar las estrategias adoptadas para el menor consumo de energía de forma tal que no afecte la sensación actual de confort de los usuarios del sistema.

RECOMENDACIONES

Uso de las salas asignadas por demanda bajo un concepto de ocupación mínima.

El concepto de control de demanda de ventilación DCV, es aplicado según la norma ANSI/AHSRAE 62.1-2004, la cual se basa en un manejo del CO₂ en las diferentes áreas y recomienda hacer un control independiente de cada área según los niveles de CO₂ por medio de sensores especializados en detección de niveles de CO₂, pero para nuestro caso se trabajará con sensores de temperatura y ocupantes de las áreas que son los productores de CO₂ de forma tal que una variación en los niveles de temperatura indique en que momento debe ser encendido el sistema de ventilación de cada área o unidad manejadora de aire UMA. Referencia [6]

En este momento las unidades manejadoras de las salas que se diseñaron por demanda se están trabajando de forma continua sin tener en cuenta su plan de funcionamiento original, por lo cual se hace necesario comenzar a utilizar estas salas según el diseño que se calculó originalmente de este sistema. Para esto se hace necesario manejar un concepto de ocupación mínima que no es más que un porcentaje de usuarios que debe estar ocupando la sala para que el sistema sea habilitado. En mi opinión esta ocupación mínima debe ser superior al 15 % de la capacidad total de cada sala que opere por demanda.

Cambio de tipo de operación de la sala de juntas o sala de televisión.

En este momento esta área trabaja bajo el concepto de ocupación permanente por lo cual su horario de trabajo es extendido a lo largo del día sin tener en cuenta que la ocupación de estas salas es esporádica y se ajusta más a un área por demanda, con la modificación de que esta área no trabajaría bajo el concepto de ocupación mínima dado que su uso es especialmente para juntas de profesores y personal administrativo.

Arranque y detención de los equipos 15 minutos antes de iniciar o finalizar las jornadas.

Basado en las observaciones de los tiempos que tarda en acondicionar las diferentes áreas el sistema de HVAC del edificio J, considero que los equipos primarios pueden ser programados para su encendido con tan solo quince minutos de anticipación, tiempo suficiente para generar la temperatura de suministro adecuada en las manejadoras y los fan Coil's. Además bajo estas

mismas observaciones, considero que los equipos secundarios podrían apagarse con quince minutos de anticipación con respecto a lo que vienen haciendo, pues los usuarios sentirían un cambio térmico mas suave y saludable en la transición de la temperatura exterior y la manejada en el interior del edificio J. esto a su vez repercute en la disminución de consumo energético innecesario en cada una de las áreas acondicionadas.

Campañas educativas y de uso racional de los recursos energéticos disponibles en la universidad.

El uso racional de los recursos energéticos es un compromiso que implica la participación de toda la comunidad universitaria, desde los directivos, profesores, administrativos, estudiantes y trabajadores en general de la universidad, para lo cual se hace indispensable implementar una serie de campañas educativas con el fin de concientizar sobre el funcionamiento y correcto uso de los servicios de aire acondicionado que se prestan en la el edificio J, así como otros servicios como son la iluminación, el agua potable, la energía eléctrica y el aire acondicionado del resto de la universidad. Por ejemplo en la ilustración 19 se muestra el proceso de puesta en común a cerca de los planes de consumo racional de energía a implantar, reunión que se llevó a cabo con las directivas académicas y administrativas de la universidad.



Ilustración 19. Socialización de los planes de consumo racional de energía con las directivas de la universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga.

Se recomienda realizar este proceso de socialización en todos los niveles de la universidad aplicando diversas estrategias para la divulgación de la información, ya sea por medio de pantallas que indique el consumo de energía o recursos naturales que hace el sistema de aire acondicionado del edificio J, o por medio de afiches o manuales sobre como usar racionalmente los recursos que se tienen en la universidad.

Implementación de planes de mantenimiento preventivos.

La implementación de planes de mantenimiento preventivos permiten un mayor uso de las piezas que componen las diferentes maquinas que trabajan en el sistema de aire acondicionado del edificio J, aumentando la disponibilidad del servicio y disminuyendo los costos por fallas que impliquen costosas reparaciones. Para esto es necesario destinar recursos tanto humanos como financieros que puedan soportar los estudios necesarios para la correcta implementación de estos planes y aunque el servicio de aire acondicionado no es un servicio vital y se podría estar tentado a trabajar bajo un mantenimiento basado en la falla, la universidad Pontificia Bolivariana cuenta con estudios y personal capaz de aprovechar este sistema para aplicar planes que permitan el uso de los recursos ya instalados hasta el limite de su uso sin que se llegue a la falla. En mi opinión se deben manejar principalmente tres estrategias de mantenimiento en los equipos del edificio J las cuales son; Mantenimiento basado en la inspección para los equipos del sistema primario y secundario cuyas piezas ameriten un estudio detallado de su comportamiento, en segundo lugar y a largo plazo un cambio de estrategia a mantenimiento basado en el examen para los equipos del circuito primario, y una tercer estrategia de mantenimiento basado en la falla para las piezas que no sean incluido en ninguno de los anteriores planes.

Aplicación de módulos acumuladores de energía en el circuito primario del sistema de aire acondicionado del edificio J y de equipos de absorción solar para la generación de hielo que se pueda integrar a los módulos acumuladores de energía.

Como proyecto a largo plazo y basado en las tendencias mundiales de la búsqueda y utilización de recursos energéticos renovables o amigables con el medio ambiente, y soportado en la experiencia vivida a lo largo de la practica empresaria considero que se puede llegar a implantar módulos acumuladores de energía en el circuito primario de agua helada que bien puedan funcionar con la unidad enfriadora en horarios donde el costo de la energía es elevado, o

bien funcione con sistemas de generación de hielo por absorción solar. Dado que estos campos de la investigación son nuevos en nuestra región se requiere mucho tiempo, recursos y estudios para poder llevar a cabo estos proyectos. Referencia [15]

Utilización de los equipos de aire acondicionado del edificio J como instrumento educativo de un proceso real de acondicionamiento de aire a gran escala.

La unidad enfriadora de agua-aire, la torre de enfriamiento, las bombas primarias, las bombas secundarias, el circuito de agua de condensación y el circuito de agua helada, por su ubicación en el sótano del edificio J, presenta facilidades para ser utilizados como herramientas de aprendizaje para los estudiantes de la universidad que ven materias como inducción a la ingeniería mecánica, inducción a la ingeniería civil, mecánica de fluidos, redes hidráulicas, diseño de maquinas I, diseño de maquinas II, sistemas de control o electivas como aire acondicionado y refrigeración o a los estudiantes de último grado de los colegios que buscan seleccionar una carrera para estudiar en las visitas que realizan como inducción pre-universitaria, como visita industrial sin salir de la universidad; al ser este un circuito en funcionamiento de un proceso de acondicionamiento de aire a gran escala, permitiendo entender como funciona, como se controla, como se monitorea y como se mantiene un sistema de HVAC actualmente. Para esto se hace necesario implementar unos indicadores de seguridad que se encuentran reportados en el anexo distancia segura y diseñar carteles o afiches que indiquen de forma muy clara y didáctica el funcionamiento de cada equipo y cada etapa del proceso de acondicionamiento de aire en el edificio J.

CONCLUSIONES

El desarrollo de la metodología que se planteó al inicio de este trabajo permitió determinar las condiciones iniciales bajo las cuales estaba trabajando el aire acondicionado del edificio J, identificando claramente los factores que estaban impidiendo el correcto funcionamiento en diferentes niveles del sistema. Dando lugar a la selección de estrategias de choque que permitieron disminuir los tiempos bajo la condición de fallo, con lo que se consiguió un alargamiento de la vida operativa del sistema y un mayor tiempo en estado de funcionamiento, con lo que se logró garantizar un nivel de confort de los usuarios entre los rangos establecidos por las normas de la Sociedad Americana de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE), ubicando al sistema de aire acondicionado del edificio J de la universidad pontificia bolivariana en un nivel de alta calidad.

En cuanto a la determinación de los planes de mantenimiento, se pudo establecer entre muchas opciones aplicables para este tipo de sistemas, que una política de mantenimiento basada en la inspección puede ajustarse a las condiciones de trabajo y demanda del servicio del aire acondicionado del edificio J, proporcionando una mejor utilización de los elementos considerados en cada sistema, mejorando la seguridad y disminuyendo los tiempos de paro del sistema. Sin embargo, queda claro que una sola política de mantenimiento puede resultar insuficiente o en muchos casos inviable económicamente, por lo cual se establecen prioridades en los sistemas para determinar los elementos a los cuales se les debe hacer un seguimiento para aplicarles un plan de mantenimiento de inspección o de examen, y a cuales simplemente se les trabaja bajo la política de mantenimiento de fallo del sistema.

En este proyecto se planteó como objetivo desarrollar una metodología para la administración y gestión de procesos que permitieran garantizar la fácil continuación de los trabajos de control y manejo del sistema de aire acondicionado aprovechando las experiencias adquiridas durante la práctica empresarial en la Universidad Pontificia Bolivariana, esto fue realizado y documentado ampliamente en el capítulo cuatro de este informe, de forma tal que el administrador del sistema disminuya los tiempos de reacción ante un estado de fallo, optimizando los recursos y reduciendo los retrasos administrativos.

Al mismo tiempo, la metodología de casos de estudio que se implementó en esta práctica, permite analizar rápidamente los casos que se han trabajado, las causas que los originaron y las acciones que solucionaron estos inconvenientes, quedando un registro histórico, que permite al administrador determinar que acciones tomar cuando se presenten comportamientos similares en el sistema o sus elementos, disminuyendo los tiempos de retraso logístico. Dando como resultado un menor estado en fallo y un mayor tiempo de fiabilidad y funcionabilidad de los equipos.

Teniendo en cuenta la tendencia actual del consumo racional de energía y dadas las características de diseño y operación del sistema de aire acondicionado en el edificio J, es viable técnicamente la implementación de sistemas de ahorro de energía y producción limpia de energías mediante la instalación de módulos acumuladores de energía y de sistemas de absorción para la producción de hielo que conjuntamente podrían disminuir los consumos eléctricos en la unidad enfriadora. Para esto es necesario adelantar mayores investigaciones en esta área de la ingeniería y evaluar cuidadosamente su viabilidad económica, pero los resultados de un trabajo de estos pondrían a la Universidad Pontificia Bolivariana como una entidad pionera en el uso de energías alternativas para procesos de acondicionamiento de aire a gran escala a nivel regional.

ANEXOS

ANEXO 1. Control del sistema por un operador transitorio

MANEJO SIMPLIFICADO DEL SISTEMA DE CONTROL CONTINUUM PARA EL SISTEMA DE HVAC DEL EDIFICIO J

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA**

Félix Germán Suárez De Aquiz

Como está organizada esta guía

1. Introducción

- Introducción.
- Conceptos Básicos.
- Descripción del Sistema.
- Instrucciones para Encender y Apagar la CyberStation.

2. Monitoreo del Sistema

- Ingresando a la Plataforma de Control.
- Ingresando al Sistema de Monitoreo General.
- Ingresando al Sistema de Monitoreo por Áreas.

Bibliografía

1. Introducción

La plataforma de Continuum es una mezcla de hardware y software que controla y monitorea varias funciones de un edificio inteligente en tiempo real, tal como el funcionamiento de los equipos de HVAC así como un monitoreo de un sistema de detección de fuego o anti-fuego, control de luces y un manejo de accesos.

Esta guía busca ayudarlo a manejar el software de control Andover Continuum CyberStation de forma que tenga una herramienta clara para poder **monitorear** el sistema de HVAC. Para información más avanzada por favor remitirse a la guía especializada Andover Continuum CyberStation, Configurator's Guide for Version 1.8, TAC, 2006.

1.1. Conceptos básicos

Chiller: Se refiere a la Unidad Enfriadora o máquina encargada de realizar el enfriamiento del agua.

Andover Continuum: Es el programa encargado de realizar el control y monitoreo de los diferentes dispositivos que conforman el sistema de aire acondicionado.

PID: Se refiere a las siglas Proporcional, Integral y derivativa que tiene un sistema de control y regulación automática, para el caso específico de este texto hace referencia a el control de apertura de las válvulas de las manejadoras.

Schedule: Hace referencia al horario o al programa del calendario que funciona en el sistema de control.

Set Point: Punto de establecimiento o referencia bajo el cual las diferentes variables del sistema trabajan.

Unidad Manejadora: Máquina que mediante un ventilador y un serpentín por el que circula agua fría suministra aire frío a un ducto aislado que lo conduce al área que se desea acondicionar.

Workstation: Para este caso hace referencia al equipo que maneja el software del sistema Continuum

CyberStation: Hace referencia para este caso a el programa de control como tal funcionando en tiempo real.

Main: Es la plataforma que permite tener acceso a el sistema de monitoreo del Aire acondicionado en Continuum.

System & Status: Es la plataforma que permite tener acceso a los códigos, variables y demás programas que rigen el sistema de control.

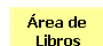
1.2. Descripción del sistema

El sistema de control está dividido en dos clases de áreas, las de ocupación permanente y las de ocupación por demanda.

Las áreas de ocupación permanente como su nombre lo indica son todas aquellas que siempre deben estar funcionando según los horarios de trabajo que se tengan establecidos para dichos lugares y estos serán arrancados y apagados automáticamente por el software de control. Para el caso del edificio J de la Universidad Pontificia Bolivariana las áreas de ocupación permanente son:

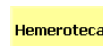
Área Libros

Es donde se encuentra la colección general de libros. El icono que lo identifica es:



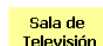
Hemeroteca

Es donde se encuentra la colección de revistas y periódicos. El icono que lo identifica es:



Sala de Televisión

Es el lugar donde se encuentran tres salas de juntas y una sala de espera. El icono que lo identifica es:



Fan Coil Datacenter

Es el lugar donde se encuentra la sala de computadores de consulta científica en la biblioteca, pertenece al grupo de fan coil del primer piso de la biblioteca. El icono que lo identifica es:



Fan Coil Procesos Técnicos

Es el lugar donde se encuentra la sala de procesos técnicos de la biblioteca, es una sala administrativa y pertenece al grupo de fan coil del primer piso de la biblioteca. El icono que lo identifica es:



Fan Coil Archivo Muerto

Es el lugar donde se encuentra el Archivo inactivo de la biblioteca, es una sala solo para personal laboral de la biblioteca y pertenece al grupo de fan coil del primer piso de la biblioteca. El icono que lo identifica es:



Fan Coil Dirección

Es el lugar donde se encuentra la dirección de Biblioteca en el segundo piso, es una oficina administrativa, pertenece al grupo de fan coil del segundo piso de la biblioteca. El icono que lo identifica es:



Fan Coil Compras

Es el lugar donde se encuentra un aula especializada de clases, pertenece al grupo de fan coil del segundo piso de la biblioteca. El icono que lo identifica es:



Fan Coil Producción

Es el lugar donde se encuentra el centro de Producción un aula denominada Nuevas Tecnologías, pertenece al grupo de fan coil del segundo piso de la biblioteca. El icono que lo identifica es:



Fan Coil Videoteca

Es el lugar donde se encuentra la videoteca un aula adjunta a la denominada Nuevas Tecnologías, pertenece al grupo de fan coil del segundo piso de la biblioteca. El icono que lo identifica es:

Fan Coil
Piso 2

Las áreas de ocupación por demanda corresponden a todas aquellas que deberán ser solicitadas para su funcionamiento por lo cual requieren que un operador que las habilite desde el sistema de control, luego de lo cual el software monitoreará y controlará dichas áreas hasta el momento en el que el operador del sistema lo deshabilite según la demanda que se tenga en estas áreas. En el caso del edificio J de la Universidad Pontificia Bolivariana las áreas de ocupación por demanda son:

Sala 1

Es donde se encuentra la sala de lectura número 1. El icono que lo identifica es:

Sala de
Lectura 1

Sala 2

Es donde se encuentra la sala de lectura número 2. El icono que lo identifica es:

Sala de
Lectura 2

Sala 3

Es donde se encuentra la sala de lectura número 3-4. El icono que lo identifica es:

Sala de
Lectura 3-4

Auditorio

Es donde se encuentra el auditorio menor. El icono que lo identifica es:

Auditorio

Fan Coils Piso 4

Es donde se encuentra el grupo de Fan Coil del Cuarto Piso. El icono que lo identifica es:

Fan Coil
Piso 4

Los horarios de trabajo

El sistema cuenta con un total de cinco horarios de trabajo, ver tabla 5; dos de los cuales corresponden al Chiller y los tres restantes que corresponden a los Equipos tipo manejadoras y fan Coil's. Los tipos de horario a manejar son; horario habitual, horario especial y el horario vacacional.

HORARIO	CONCEPTO	CHILLER	EQUIPOS
HABITUAL	Corresponde al periodo Academico de clases donde Estudiantes, Profesores y personal Administrativo se encuentran Laborando.	Lunes - Jueves: 7:00 am - 6:00 pm	Lunes - Jueves: 7:00 am - 6:00 pm
		Viernes: 7:00 am - 9:00 pm	Viernes: 7:00 am - 9:00 pm
		Sabado: 7:00 am - 5:00 pm	Sabado: 7:00 am - 5:00 pm
ESPECIAL	Corresponde al periodo de vacaciones de los Estudiantes, con Profesores y personal Administrativo aún laborando.	Lunes - Viernes: 8:00 am - 6:00 pm	Lunes - Viernes: 8:00 am - 12:00 pm y Lunes - Viernes: 2:00 pm - 6:00 pm
VACACIONAL	Corresponde al periodo donde Estudiantes, Profesores y personal Administrativo se encuentran en vacaciones.	APAGADO	APAGADO

Tabla 5. Horarios de trabajo de los equipos de HVAC del edificio J

1.3. Instrucciones para encender y apagar la CyberStation

Para *ENCENDER*:

Método I:

1. Haga Clic izquierdo con el puntero del mouse en el icono de "Inicio" ubicado en la parte inferior izquierda de la pantalla de su computador.
2. Luego haga Clic izquierdo en el icono "Todos los programas".
3. Después seleccione el programa Continuum haga clic izquierdo.
4. Seguido de esto haga clic izquierdo en el icono identificado como Continuum. Ver ilustración 20.

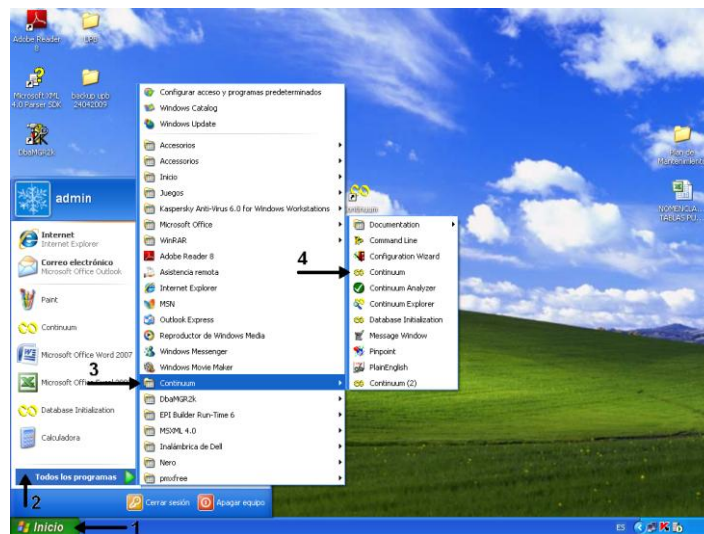


Ilustración 20. Instrucciones para ingresar al programa continuum.

5. Luego le pedirá el programa que introduzca un usuario a lo cual usted deberá digitar “upb”

- User name: upb

6. Después deberá introducir la clave que es “upb”

- Password: upb

7. Luego haga clic en el icono “OK” y el programa empezará a correr en la Plataforma de Continuum, como se indica en la ilustración 21.



Ilustración 21. Solicitud de usuario y contraseña.

8. Por último seleccione el icono azul como se indica en la ilustración para poder correr en la plataforma de control.

Método II:

1. Haga clic en el icono de acceso directo de continuum ubicado en el escritorio de la pantalla.
2. Luego repita los pasos 5, 6, 7 y 8 del método I. Ver ilustración 22.



Ilustración 22. Ingresando a continuum por el icono de acceso directo.

Para APAGAR:

1. Haga clic en el recuadro rojo superior derecho marcado con una X blanca en la Plataforma de Control de Continuum.
2. Haga Clic en el recuadro rojo superior derecho marcado con una X blanca en la Plataforma de Entrada de Continuum. Ver ilustración 23.



Ilustración 23. Instrucciones para cerrar el sistema

3. Haga Clic en el recuadro marcado con la palabra SI.
4. Espere Mientras se cierra el programa para realizar cualquier otra acción. Ver ilustración 24.



Ilustración 24. Confirmación de apagado del sistema.

5. Usted ha cerrado exitosamente el programa de visualización de Continuum.

2. Monitoreo del sistema

La plataforma de control es un área donde se puede verificar el estado de funcionamiento de los equipos principales del sistema de aire acondicionado del edificio J y es un camino rápido que permite seleccionar el área específica a monitorear. El monitoreo del sistema es un proceso de seguimiento que garantiza que el sistema funcione correctamente, por lo cual debe ser una complementado con inspecciones físicas de las diferentes áreas acondicionadas y de los equipos que componen el sistema.

Esta capítulo busca explicar de manera clara los diferentes indicadores que encontrará en las diferentes plataformas de control así como los rangos de trabajo en los que comúnmente se deben encontrar.

a. Ingresando a la plataforma de control

En la plataforma de entrada usted encontrará un recuadro con cuatro iconos diferente correspondientes ha:

Aire Acondicionado 

Control de Luces 

Alarmas de Detección de Fuego 

Control de Accesos 

1. Haga Clic en el icono correspondiente a Aire acondicionado para poder entrar a la plataforma de control.
2. Ahora usted se encuentra en la plataforma de Continuum. Ver ilustración 25.

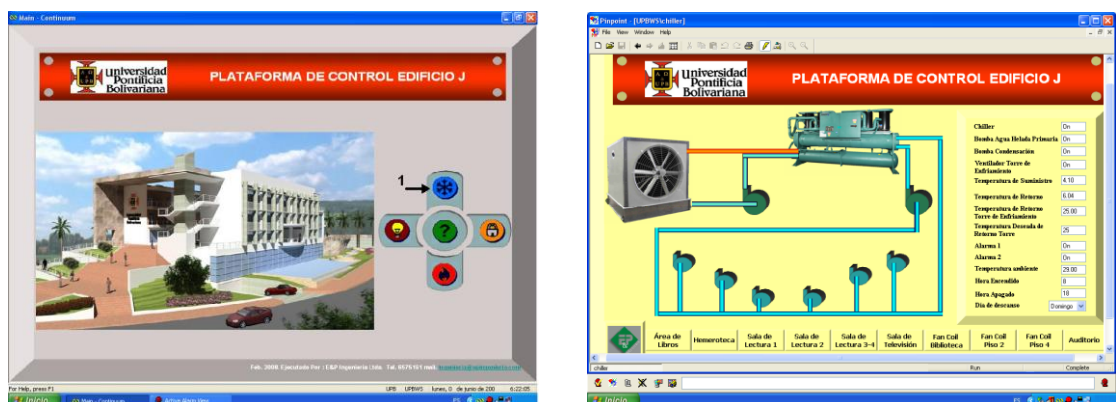


Ilustración 25. Pasos para ingresar al sistema.

En la plataforma de entrada de Continuum encontrará los indicadores de estado de:

- *Chiller*: Valor posible <On – Off>.
- *Bomba agua Helada*: Valor posible <On – Off>.
- *Bomba Condensación*: Valor posible <On – Off>.

- *Ventilador Torre de Enfriamiento*: Valor posible <On – Off>.
- *Temperatura de Suministro*: Rango entre < 3.00 – 25.00 >.
- *Temperatura de Retorno*: Rango entre < 3.00 – 25.00 >.
- *Temperatura de retorno Torre de Enfriamiento*: Rango entre <15.00–30.00 >.
- *Temperatura Deseada de Retorno Torre*: Rango entre < 24.00 –28.00 >.
- *Alarma 1*: Valor posible <On – Off>.
- *Alarma 2*: Valor posible <On – Off>.
- *Temperatura Ambiente*: Rango entre < 0.00 – 50.00 >.
- *Hora de Encendido*: Hora de encendido de los equipos.
- *Hora de Apagado*: Hora de apagado de los equipos.
- *Día de Descanso*: Día de la semana que se programa el apagado del equipo.

Advertencia: “Si los valores de la plataforma de Continuum están fuera del rango indicado o presentan un mensaje diferente comuníquese rápidamente con el Administrador del sistema”.

Además en la parte inferior de la pantalla encontrará recuadros de acceso directo a cada una de las diferentes áreas que controla el sistema como son:

- *Área Libros*
- *Hemeroteca*
- *Sala 1*
- *Sala 2*
- *Sala 3-4*
- *Sala de Televisión*
- *Fan Coil Biblioteca*
- *Fan Coil Piso 2*
- *Fan Coil Piso 4*
- *Auditorio*

3. Haga Clic en el centro de la pantalla para dirigirse al Sistema de Monitoreo General. Ver ilustración 26.



Ilustración 26. Plataforma de control del edificio J.

En la plataforma de Monitoreo General encontrará los indicadores de estado de:

- *Status Bomba agua Helada*: Valor posible <On – Off>.
- *Status Bomba Condensación*: Valor posible <On – Off>.
- *Status Circuito 1 Chiller*: Valor posible <On – Off>.
- *Status Circuito 2 Chiller*: Valor posible <On – Off>.
- *Bomba Secundaria Área Libros*: Valor posible <On – Off>.
- *Bomba Secundaria Sala 1*: Valor posible <On – Off>.
- *Bomba Secundaria Hemeroteca y Sala 2*: Valor posible <On – Off>.
- *Bomba Secundaria Sala 3 y Sala de Televisión*: Valor posible <On – Off>.
- *Bomba Secundaria Auditorio*: Valor posible <On – Off>.
- *Bomba Secundaria Piso 2*: Valor posible <On – Off>.
- *Área Libros*: Valor posible <On – Off>.
- *Hemeroteca*: Valor posible <On – Off>.
- *Sala 1*: Valor posible <On – Off>.
- *Sala 2*: Valor posible <On – Off>.

- *Sala 3-4*: Valor posible <On – Off>.
- *Sala de Televisión*: Valor posible <On – Off>.
- *Datacenter*: Valor posible <On – Off>.
- *Procesos Técnicos*: Valor posible <On – Off>.
- *Archivo Inactivo*: Valor posible <On – Off>.
- *Auditorio*: Valor posible <On – Off>.
- *Dirección*: Valor posible <On – Off>.
- *Videoteca*: Valor posible <On – Off>.
- *Producción*: Valor posible <On – Off>.
- *Compras*: Valor posible <On – Off>.
- *HABITUAL*
- *ESPECIAL*
- *VACACIONAL*

En esta Plataforma se activa o desactiva las áreas que son por demanda como lo son:

Sala 1

Sala 2

Sala 3-4

Para Activarlas deberá seguir los siguientes pasos:

1. Haga clic en el indicador de Área ubicado en la parte inferior de la Plataforma de Monitoreo general donde indique la sala que desea prender. Como se muestra en la ilustración 27.



Ilustración 27. Hipervínculo de áreas por demanda.

2. Luego ingresará a la plataforma de monitoreo por área correspondiente a el lugar que eligió.

3. El botón On-Off debe cambiar de color de Rojo a Verde
4. Luego Haga Clic en el símbolo de la Universidad Pontificia Bolivariana para regresar a la plataforma de monitoreo general. Ver ilustración 28.

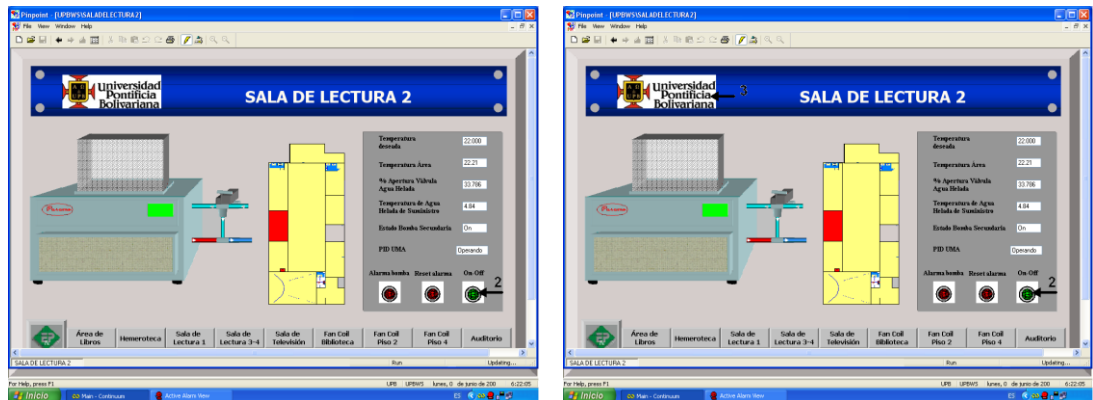
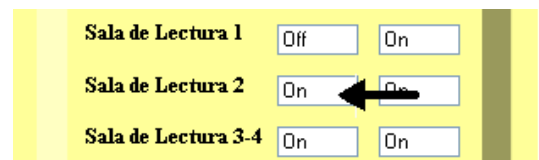


Ilustración 28. Activando la manejadora y regresando a la plataforma de control.

5. Seleccione On u Off en el espacio justo enfrente de la sala que desea Activar o desactivar según sean la demanda de esta área. Como se muestra en la ilustración 29.



Ilustración 29. Confirmación de estado de las áreas por demanda.



Es importante recordar que la selección de horario de trabajo se hace en esta plataforma por lo cual para modificar de habitual a especial o a vacacional deberá cambiar la flecha indicadora en frente de cada indicador.

ADVERTENCIA: Nunca seleccione dos horarios puesto que esto impide el correcto funcionamiento del sistema. Ver ilustración 30.

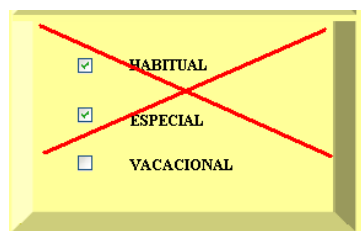


Ilustración 30. Error en la selección del tipo de horario de trabajo.

2.2. Plataformas de control por áreas

Las plataformas de control por áreas permiten verificar el correcto funcionamiento de las diferentes manejadoras y fan Coil's correspondientes a cada área acondicionada. Ver ilustración 31.



Ilustración 31. Visualización de las plataformas de control por áreas.

2.3. El Auditorio.

El auditorio es un área que no tiene un horario de trabajo establecido puesto que su funcionamiento se ajusta a la demanda del servicio o a las actividades que se programen mensualmente para esta área es por esto que su funcionamiento se realiza de una manera un poco diferente a las de las demás áreas.

La plataforma grafica del auditorio permite habilitar o deshabilitar según el día de la semana que se desee usar está área. Ver ilustración 32 y 33.

Seguir los siguientes pasos para activar esta área:

Entrar a la Plataforma del área de Auditorio.

Seleccionar el día de la semana que desea acondicionar esta área.

Seleccionar la opción “Habilitado” en el menú des plegable ubicado en la parte Superior del indicador de encendido del equipo.

Establecer las horas de funcionamiento del equipo, en los menús; Hora de encendido y Hora de apagado. El rango para establecer la hora es de 0 a 23.

De este modo el programa reconocerá y activará está área cuando se encuentre en el rango de trabajo del Monitor General.

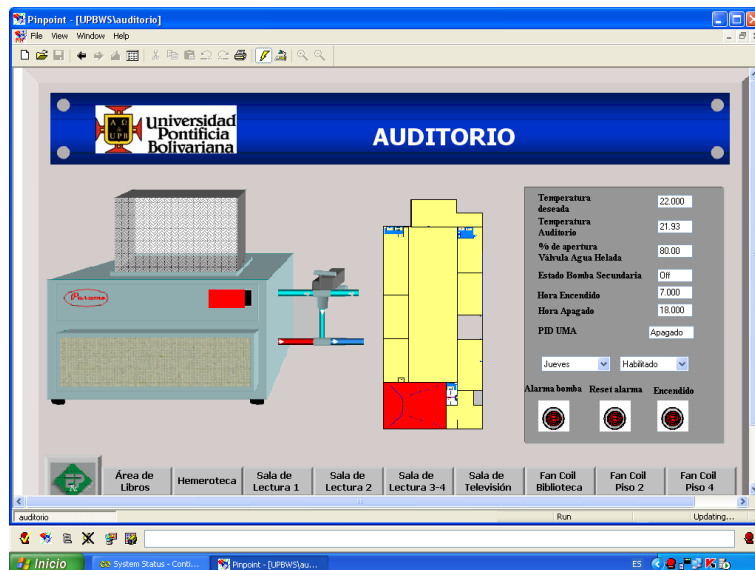


Ilustración 32. Plataforma de control del auditorio.

Temperatura deseada	22.000
Temperatura Auditorio	21.93
% de apertura Válvula Agua Helada	80.00
Estado Bomba Secundaria	Off
Hora Encendido	7.000
Hora Apagado	18.000
PID UMA	Apagado
Jueves Habilitado	
Alarma bomba	Reset alarma
Encendido	

Ilustración 33. Controles del área del auditorio.

En resumen una forma de ver las diferentes Plataformas del sistema es mediante el siguiente esquema, en el cual aparecen las diferentes áreas que puede visualizarse según los requerimientos del usuario. Ver ilustración 34.

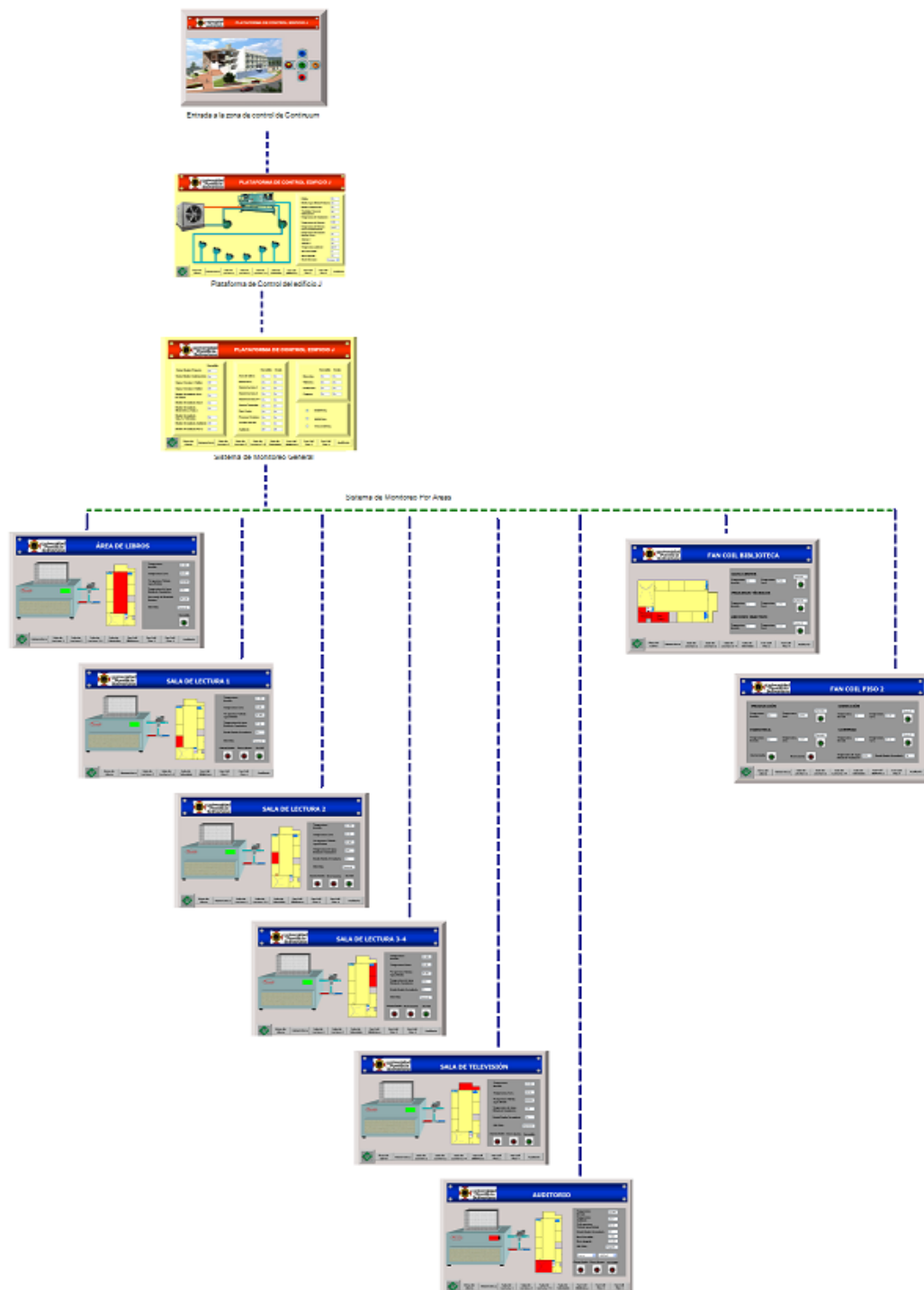


Ilustración 34. Estructura de jerarquías de las plataformas de control.

Bibliografía Anexo 1

- Andover Continuum CyberStation, Configurator's Guide for Version 1.8, TAC, 2006. Referencia [16]
- Las imágenes son obtenidas por medio de Print Screen del sistema de control Continuum a medida que se realizó el control de la CyberStation y modificadas por medio de paint.

ANEXO 2. Control del sistema por el administrador

MANEJO SIMPLIFICADO DEL ADMINISTRADOR DEL SISTEMA DE CONTROL CONTINUUM PARA EL SISTEMA DE HVAC DEL EDIFICIO J

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA**

Félix Germán Suárez De Aquiz

Como está Organizada esta Guía

1. Introducción

- Introducción
- Conceptos Básicos
- Descripción del Sistema
- Instrucciones para Encender y Apagar la CyberStation

2. Monitoreo del Sistema

- Ingresando a la Plataforma de Control
- Ingresando al Sistema de Monitoreo General
- Ingresando al Sistema de monitoreo por Áreas
- Manejo de Mensajes de Error y Alarmas

3. Plataforma de Programación

- System & Status
- Schedule
- Explorer
- Pain English Editor
- Monitoreo desde los Sub-programas

Bibliografía

1. Introducción

La plataforma de Continuum es una mezcla de hardware y software que controla y monitorea varias funciones de un edificio inteligente en tiempo real, tal como el funcionamiento de los equipos de HVAC así como un monitoreo de un sistema de detección de fuego o anti-fuego, control de luces y un manejo de accesos.

El monitoreo de un sistema automático de control como administrador del sistema implica una labor tanto pasiva como activa, es decir cuando la función a realizar es mediante el visualizador del sistema para este caso el computador donde corre el programa (Workstation) la labor realizada será pasiva. Mientras que cuando la función a realizar implique el cambio de códigos que puedan afectar considerablemente el performance del sistema su trabajo será Activo. Por lo cual se hace indispensable conocer a fondo el cómo funciona el programa de control Continuum.

Esta guía busca ayudar a entender cómo manejar de forma básica el software de control Andover Continuum CyberStation de forma que tenga una herramienta sencilla para poder **Administrar** el sistema de HVAC. Para información más avanzada por favor remitirse a la guía especializada Andover Continuum CyberStation, Configurator's Guide for Version 1.8, TAC, 2006.

1.1. Conceptos básicos

Chiller: Se refiere a la Unidad Enfriadora o máquina encargada de realizar el enfriamiento del agua.

Andover Continuum: Es el programa encargado de realizar el control y monitoreo de los diferentes dispositivos que conforman el sistema de aire acondicionado.

PID: Se refiere a las siglas Proporcional, Integral y derivativa que tiene un sistema de control y regulación automática, para el caso específico de este texto hace referencia a el control de apertura de las válvulas de las manejadoras.

Schedule: Hace referencia al horario o al programa del calendario que funciona en el sistema de control.

Set Point: Punto de establecimiento o referencia bajo el cual las diferentes variables del sistema trabajan.

Report: Hace referencia a los seguimiento gráficos que hace el sistema de los diferentes sensores que estén habilitados en esta función.

Unidad Manejadora: Máquina que mediante un ventilador y un serpentín por el que circula agua fría suministra aire frío a un ducto aislado que lo conduce al área que se desea acondicionar.

Workstation: Para este caso hace referencia al equipo que maneja el software del sistema Continuum

CyberStation: Hace referencia para este caso a el programa de control como tal funcionando en tiempo real.

Main: Es la plataforma que permite tener acceso a el sistema de monitoreo del Aire acondicionado en Continuum.

System & Status: Es la plataforma que permite tener acceso a los códigos, variables y demás programas que rigen el sistema de control.

1.2. Descripción del sistema

El sistema de control está dividido en dos tipos de Plataformas:

Plataforma del Programa

Plataforma de Monitoreo

Para ingresar a cualquiera de las dos plataformas debe seguir los siguientes pasos, ver ilustración 35:

1. Abrir el programa y ubicarse en la plataforma de inicio.
2. Hacer clic derecho sobre la plataforma de inicio y enseguida aparecerá un mensaje en el cual podrá elegir la plataforma a la cual ingresar. La plataforma de inicio equivale a la plataforma Main en el Programa Continuum.



Ilustración 35. Selección de la plataforma a trabajar.

Las dos plataformas que se podrán trabajar simultáneamente, como se muestra en la ilustración 36.

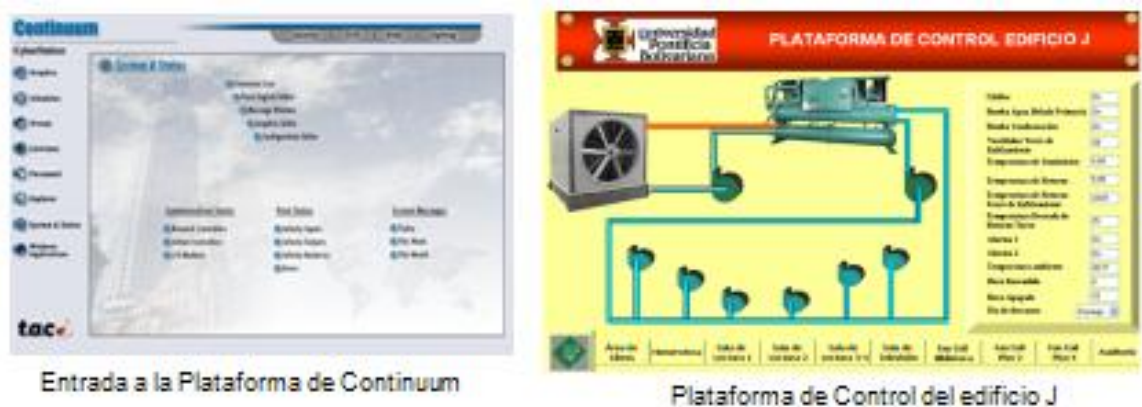


Ilustración 36. Plataformas principales de trabajo en el entorno de continuum.

La primera plataforma está diseñada para realizar cambios en los programas que afectan el comportamiento del sistema de control.

La segunda plataforma está diseñada para hacer el seguimiento al funcionamiento del sistema así como habilitar o deshabilitar las áreas que se requieran.

En la primera plataforma o plataforma del programa se encuentran ocho sub-plataformas conectadas mediante hipervínculos que le permitirán realizar modificaciones, reparaciones, visualizar reportes y comprobar el comportamiento de los diferentes programas que corren en el entorno de Continuum. Los sub-menús que encontrará son:

Graphics  (Graficas del Sistema)

Schedule  (Horarios)

Groups  (Grupos)

Listviews  (Visor de eventos)

Personel  (Administrador de Personal)

Explorer  (Explorador)

System & Status  (Estatus y Sistema)

Windows Applications 

Graphics: Contiene las imágenes que aparecen en el sistema por lo cual se hace indispensable no borrar ni cambiar de dirección la carpeta que aparece ubicada en el escritorio con el nombre UPB.

Schedule: Contiene los cinco horarios que se manejan en sistema dos de los cuales corresponden al Chiller y los tres restantes que corresponden a los Equipos tipo manejadoras y fan Coils.

Groups: Contiene la lista de las variables que están relacionadas mediante un grupo.

Listviews: Contiene una variedad de sub-menús para visualizar los eventos que han ocurrido en el programa continuum en diferentes momentos.

Personel: Es una variable contiene la lista de usuarios cuando se hace un control de accesos para el caso del sistema instalado en el edificio J de la UPB no se cuenta con este tipo de dispositivos.

Explorer: Permite tener acceso a todas las variables y sub-programas del sistema.

System & Status: Es un menú de acceso rápido a los menús de la plataforma del Programa.

Windows Applications: Es una aplicación que permite tener acceso a ciertas aplicaciones de Windows.

En la segunda plataforma o plataforma de Control se encuentran dos clases de áreas, las de ocupación permanente y las de ocupación por demanda.

Las áreas de ocupación permanente como su nombre lo indica son todas aquellas que siempre deben estar funcionando según los horarios de trabajo que se tengan establecidos para dichos lugares y estos serán arrancados y apagados automáticamente por el software de control.

Para el caso del edificio J de la Universidad Pontificia Bolivariana las áreas de ocupación permanente son:

Área Libros	Hemeroteca
Sala de Televisión	Fan Coil Datacenter
Fan Coil Procesos Técnicos	Fan Coil Archivo Muerto
Fan Coil Dirección	Fan Coil Compras
Fan Coil Producción	
Fan Coil Videoteca	

Las áreas de ocupación por demanda corresponden a todas aquellas que deben ser solicitadas para su funcionamiento por lo cual requieren que un operador que las habilite desde el sistema de control, luego de lo cual el software monitoreará y controlará dichas áreas hasta el momento en el que el operador del sistema lo deshabilite según la demanda que se tenga en estas áreas. En el caso del edificio J de la Universidad Pontificia Bolivariana las áreas de ocupación por demanda son:

Sala 1 Sala 2 Sala 3 Auditorio Fan Coil's Piso 4

De forma tal que se tiene dos plataformas diferentes para monitorear y controlar el sistema, como se muestra en la ilustración 37.

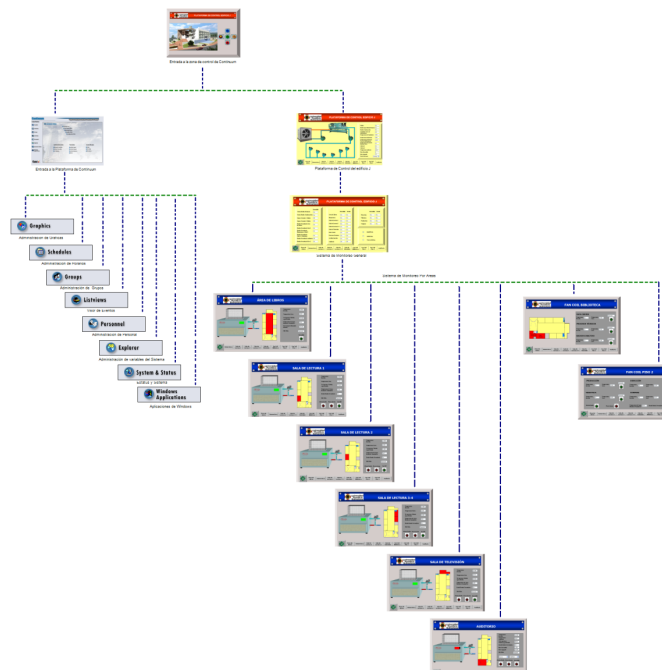


Ilustración 37. Jerarquías de las plataformas de control en continuum.

1.3. Instrucciones para encender y apagar la CyberStation

Para *ENCENDER*:

Método I:

1. Hacer clic izquierdo con el puntero del mouse en el icono de “Inicio” ubicado en la parte inferior izquierda de la pantalla de su computador. Ver ilustración 38.
2. Luego hacer clic izquierdo en el icono “Todo los programas”.
3. Después seleccionar el programa Continuum dar clic izquierdo.
4. Seguido de esto hacer clic izquierdo en el icono identificado como Continuum.

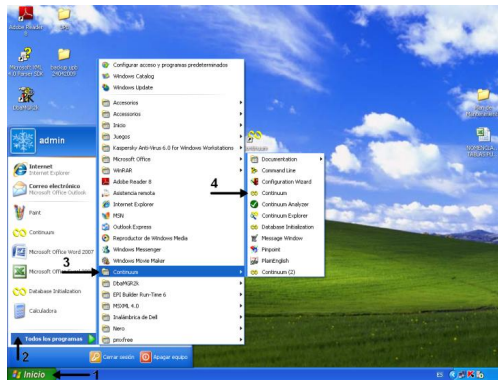


Ilustración 38. Como ingresar al programa continuum.

5. Luego aparecerá una solicitud de usuario:
 - User name: dell
6. Después aparecerá una solicitud de password
 - Password: dell
7. Luego hacer clic en el icono “OK” y el programa empezará a correr en la Plataforma de Continuum. Como se muestra en la ilustración 39.



Ilustración 39. Solicitud de usuario y contraseña para el administrador.

8. Por último seleccionar el icono azul como se indica en la figura para poder correr en la plataforma de control.

Método II, ver ilustración 40:

3. Hacer clic en el icono de acceso directo de continuum ubicado en el escritorio de la pantalla.
4. Luego repetir los pasos 5, 6, 7 y 8 del método I.

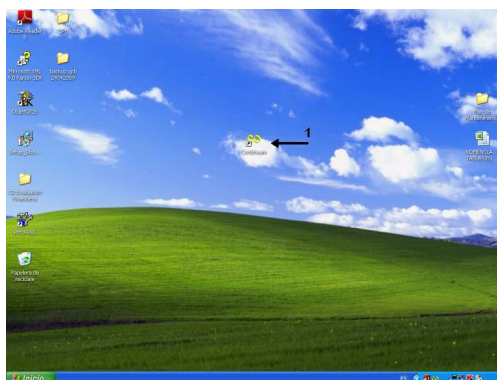


Ilustración 40. Ingreso a el programa continuum por el icono de acceso directo.

Para APAGAR:

1. Hacer clic en el recuadro rojo superior derecho marcado con una X blanca en la Plataforma de Control de Continuum. Ver ilustración 41.
2. Hacer Clic en el recuadro rojo superior derecho marcado con una X blanca en la Plataforma de Entrada de Continuum.

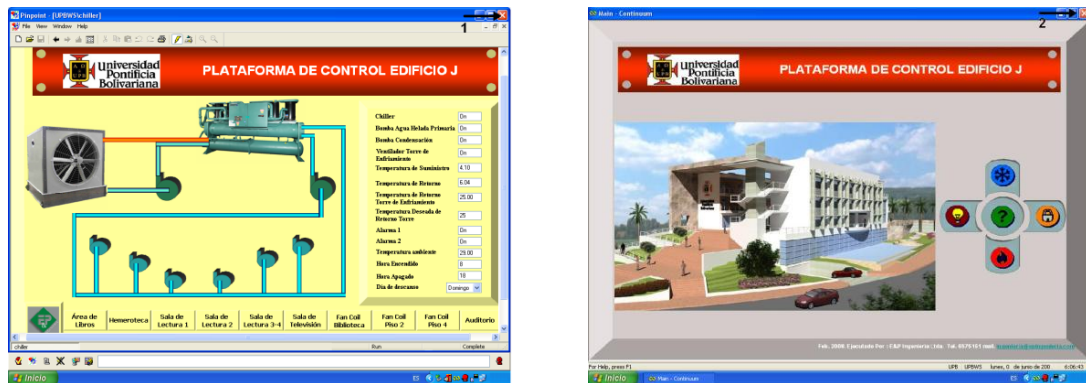


Ilustración 41. Instrucciones para cerrar el sistema como administrador.

3. Hacer clic en el recuadro marcado con la palabra SI.

4. Esperar mientras se cierra el programa para realizar cualquier otra acción. Ilustración 42.



Ilustración 42. Confirmación de apagado del sistema de monitoreo continuum.

2. Monitoreo del sistema

La plataforma de control es un área donde se puede verificar el estado de funcionamiento de los equipos principales del sistema de aire acondicionado del edificio J y es un camino rápido que permite seleccionar el área específica a monitorear. El monitoreo del sistema es un proceso de seguimiento que garantiza que el sistema funcione correctamente, por lo cual debe ser una complementado con inspecciones físicas de las diferentes áreas acondicionadas y de los equipos que componen el sistema.

En ocasiones será necesario contar con instrumentos de medida diferentes a los que cuenta el sistema para poder hacer la corroboración del correcto funcionamiento de los diferentes equipos, en caso de encontrar alguna anomalía esta debe ser reportada o tramitada a el correspondiente soporte

técnico lo que implica un proceso de gestión de garantías o de contratación de servicios según sea el caso aplicable a cada equipo.

Esta capítulo busca explicar de manera clara los diferentes indicadores que encontrará en las diferentes plataformas de control así como los rangos de trabajo en los que comúnmente se deben encontrar.

a. Ingresando a la Plataforma de Control

En la plataforma de entrada usted encontrará un recuadro con cuatro iconos diferente correspondientes ha:

Aire Acondicionado  Control de Luces 
 Alarmas de Detección de Fuego  Control de Accesos 

3. Haga Clic en el icono correspondiente a Aire acondicionado para poder entrar a la plataforma de control.
4. Ahora usted se encuentra en la plataforma de Continuum. Como se muestra en la ilustración 43.

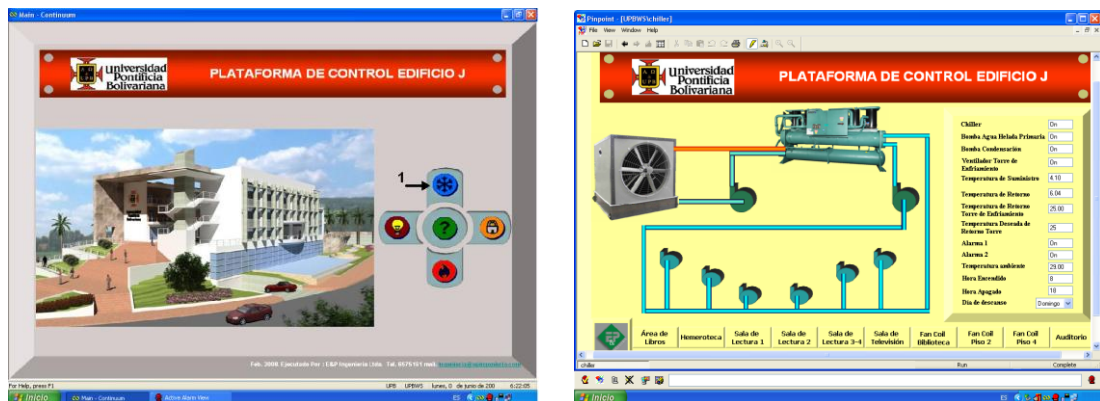


Ilustración 43. Pasos para ingresar a Continuum.

En la plataforma de entrada de Continuum encontrará los indicadores de estado de:

Chiller: Valor posible <On – Off>.

Bomba agua Helada: Valor posible <On – Off>.

Bomba Condensación: Valor posible <On – Off>.

Ventilador Torre de Enfriamiento: Valor posible <On – Off>.

Temperatura de Suministro: Rango entre < 3.00 – 25.00 >.

Temperatura de Retorno: Rango entre < 3.00 – 25.00 >.

Día de Descanso: Día de la semana que se programa el apagado del equipo.

Además en la parte inferior de la pantalla encontrará recuadros de acceso directo a cada una de las diferentes áreas que controla el sistema como son:

Auditorio

3. Haga Clic en el centro de la pantalla para dirigirse al Sistema de Monitoreo General. Ver ilustración 44



Ilustración 44. Plataforma principal de control del edificio J.

En la plataforma de Monitoreo General encontrará los indicadores de estado de:

Status Bomba agua Helada: Valor posible <On – Off>.

Status Bomba Condensación: Valor posible <On – Off>.

Status Circuito 1 Chiller: Valor posible <On – Off>.

Status Circuito 2 Chiller: Valor posible <On – Off>.

Bomba Secundaria Área Libros: Valor posible <On – Off>.

Bomba Secundaria Sala 1: Valor posible <On – Off>.

Bomba Secundaria Hemeroteca y Sala 2: Valor posible <On – Off>.

Bomba Secundaria Sala 3 y Sala de Televisión: Valor posible <On – Off>.

Bomba Secundaria Auditorio: Valor posible <On – Off>.

Bomba Secundaria Piso 2: Valor posible <On – Off>.

Área Libros: Valor posible <On – Off>.

Hemeroteca: Valor posible <On – Off>.

Sala 1: Valor posible <On – Off>.

Sala 2: Valor posible <On – Off>.

Sala 3-4: Valor posible <On – Off>.

Sala de Televisión: Valor posible <On – Off>.

Datacenter: Valor posible <On – Off>.

Procesos Técnicos: Valor posible <On – Off>.

Archivo Inactivo: Valor posible <On – Off>.

Auditorio: Valor posible <On – Off>.

Dirección: Valor posible <On – Off>.

Videoteca: Valor posible <On – Off>.

Producción: Valor posible <On – Off>.

Compras: Valor posible <On – Off>.

HABITUAL

ESPECIAL

VACACIONAL

En esta Plataforma se activa o desactiva las áreas que son por demanda como lo son:

Sala 1

Sala 2

Sala 3-4

Auditorio

Para Activarlas deberá seguir los siguientes pasos:

6. Haga clic en el indicador de Área ubicado en la parte inferior de la Plataforma de Monitoreo general donde indique la sala que desea prender. Ver ilustración 45.



Ilustración 45. Hipervínculo de áreas por demanda en la plataforma de control.

7. Luego ingresará a la plataforma de monitoreo por área correspondiente a el lugar elegido. Hacer clic en el botón On-Off el cual debe cambiar de color de Rojo a Verde y debe aparecer un mensaje de “Operando”, en caso de no tener respuesta, aparecerá el mensaje de falla o el de alguna alarma.
8. Luego haga clic en el símbolo que contiene el hipervínculo de la Universidad Pontificia Bolivariana para regresar a la plataforma de monitoreo general. Ver ilustración 46.

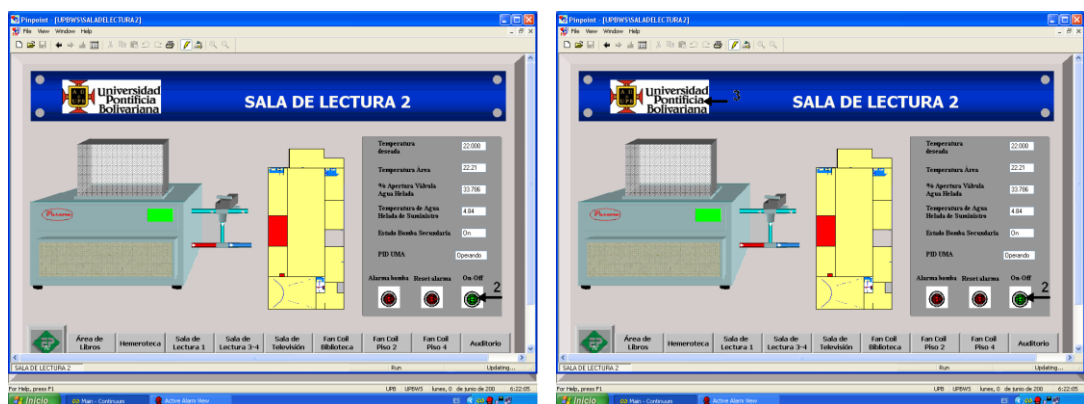


Ilustración 46. Ejemplo de activación de la manejadora y retorno a la plataforma de control.

9. Seleccione On u Off en el espacio justo enfrente de la sala que desea activar o desactivar según sean la demanda de esta área. Ver ilustración 47.

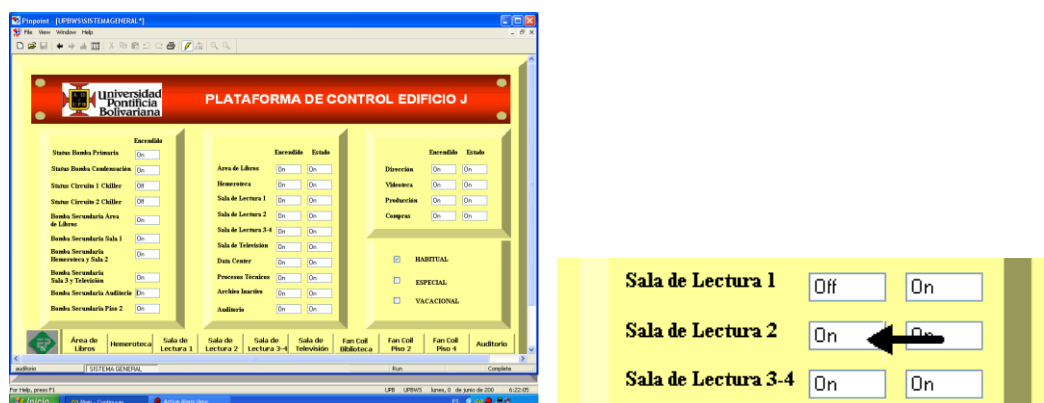


Ilustración 47. Confirmación de estado de áreas por demanda.

Es importante recordar que la selección de horario de trabajo se hace en esta plataforma por lo cual para modificar de habitual a especial o a vacacional deberá cambiar la flecha indicadora en frente de cada indicador.

Advertencia: Nunca seleccione dos horarios puesto que esto impide el correcto funcionamiento del sistema. Como se muestra en la ilustración 48.

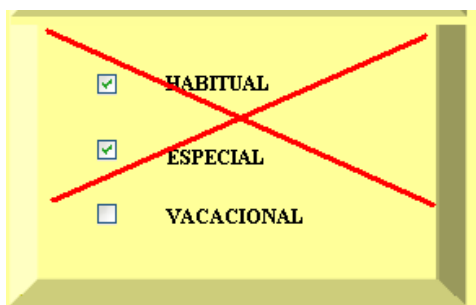


Ilustración 48. Error en la selección de horario de trabajo.

Al finalizar la jornada verifique que el habilitador de horarios este seleccionando uno de los tres horarios.

2.2. Plataformas de control por áreas

Las plataformas de control por áreas permiten verificar el correcto funcionamiento de las diferentes manejadoras y fan Coils correspondientes a cada área acondicionada y hacer un seguimiento al comportamiento de la apertura de la válvula proporcional mediante el control de PID. Ver ilustración 49.



Ilustración 49. Visualización de las plataformas de control por áreas.

Cuando ya haya ingresado al la plataforma de monitoreo por áreas haga clic en el hipervínculo PIDUMA para entrar a la plataforma que muestra el seguimiento del sistema PID sobre la válvula proporcional como se indica a continuación en la ilustración 50.

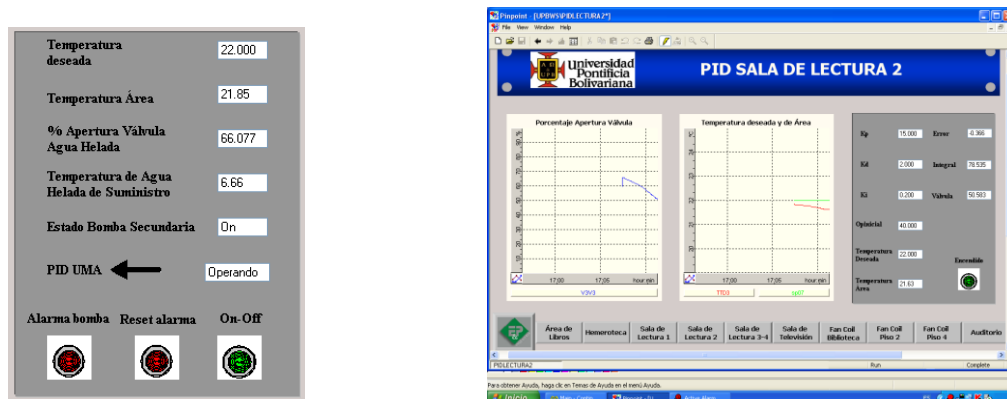


Ilustración 50. Indicadores de estado de área y plataforma de control de la válvula proporcional.

En esta plataforma de las PID encontrará:

Kp: Corresponde al valor de la constante proporcional.

Kd: Corresponde al valor de la constante Derivativa.

Ki: Corresponde al valor de la constante Integral.

Opinicial: Corresponde al porcentaje de apertura inicial de la válvula de tres vías.

Temperatura deseada: Corresponde al valor de Set Point que se asigna para esta área (por acuerdo las diferentes áreas del sistema de HVAC del edificio J de la UPB tienen como Temperatura de Set Point 22 °C).

Temperatura de área: Corresponde a la temperatura registrada por el sensor de área correspondiente para el área acondicionada en particular.

Error: Corresponde a la diferencia entre la temperatura de área y la de set Point.

Integral: Corresponde al valor tomado por la integral dentro del programa de control de las PID.

Válvula: Corresponde al porcentaje de apertura de la válvula de tres vías.

Encendido: Indica el estado del programa PIDUMA##.

Cada Plataforma por área muestra por medio de un plano la ubicación de la zona de trabajo correspondiente. Por medio de un indicador grafico se muestra en el encendido o apagado de la unidad manejadora a su vez que un indicador de texto señalará el correspondiente estado de la misma.

Cuando el equipo se encuentre funcionando aparece el mensaje “Operando” en el cuadro de texto ubicado al lado derecho del hipervínculo del controlador PID UMA, además el botón que se encuentra en la parte inferior y el de la UMA se encuentran en color verde.

Cuando se presenta alguna falla que impida el encendido del equipo, el mensaje observado en el cuadro de texto es “Falla Ventilador Manejadora” y automáticamente se apagará la Manejadora o el Fan Coil correspondiente.

Fuera del horario de trabajo el mensaje que se visualiza es “Apagado” y el botón que se encuentra en la parte inferior y el de la UMA se encontrará en color rojo.

En el caso de los Fan Coils la interfase gráfica contiene la temperatura deseada, temperatura de área, estado del equipo y estado de la bomba secundaria.

2.3. El Auditorio

El auditorio es un área que no tiene un horario de trabajo establecido puesto que su funcionamiento se ajusta a la demanda del servicio o a las actividades que se programen mensualmente para esta área, es por esto que su funcionamiento se realiza de una manera un poco diferente a la de las demás áreas.

La plataforma grafica del auditorio permite habilitar o deshabilitar según el día de la semana que se desee usar esta área.

Seguir los siguientes pasos para activar esta área:

Entrar a la Plataforma del área de Auditorio.

Seleccionar el día de la semana que desea acondicionar esta área.

Seleccionar la opción “Habilitado” en el menú desplegable ubicado en la parte Superior del indicador de encendido del equipo. Establecer las horas de funcionamiento del equipo, en los menús; Hora de encendido y Hora de apagado. El rango para establecer la hora es de 0 a 23.

De este modo el programa reconocerá y activará esta área cuando se encuentre en el rango de trabajo del Monitor General. Ver ilustración 51 y 52.



Ilustración 51. Plataforma de control del auditorio.

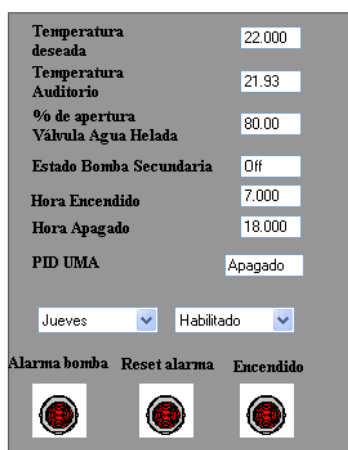


Ilustración 52. Controles de área del auditorio para el administrador.

2.4. Manejo de Mensajes de Error y Alarmas

Por lo general los mensaje de error que se presentan en el sistema de control Continuum se generan debido a que al ser leído o correr el programa de cada área un componente físico no está activado o en muchas ocasiones pueden deberse a que variables internas del sistema no conmutaron como debían por lo cual el programa detecta la falla y genera el respectivo mensaje de error.

En otras ocasiones las alarmas se pueden generar debido a que algún programa no activo una de las manejadoras o Fan Coil por lo cual los sensores respectivos mandan la señal correspondiente a una alarma para indicar que se han superado los rangos permitidos de temperatura o humedad o en otros casos alarma de fuego en algún sector del edificio J, en estos casos es primordial primero revisar el tipo de alarma, luego confirmar que este o no ocurriendo lo que indica la alarma mediante una comparación física en el lugar donde se genera la alarma para poder tomar medidas correctivas.

Las alarmas se activan automáticamente en la parte inferior del programa y para poder tener acceso a ellas se hace clic en la parte inferior derecha donde se ubica el siguiente icono de acceso rápido 

A continuación encontrará un listado de los inconvenientes más frecuentes en el sistema y su posible solución.

1. Temperatura de Área o ducto fuera del rango permitido:

Para las temperaturas de área se tiene el siguiente rango de temperatura: $19^{\circ}\text{C} \leq \text{TTA\#} \leq 25^{\circ}\text{C}$.

Para las temperaturas de ducto se tiene el siguiente rango de temperatura: $19^{\circ}\text{C} \leq \text{TTA\#} \leq 26^{\circ}\text{C}$.

Para solucionar este tipo de inconveniente es necesario revisar el estado de las Manejadoras o de los Fan Coils y comprobar que para el caso de las manejadoras el programa PIDUMA # y en el caso de los Fan Coils el programa ONOFFXXX se encuentren activados y funcionando correctamente. Ver ilustración 53.

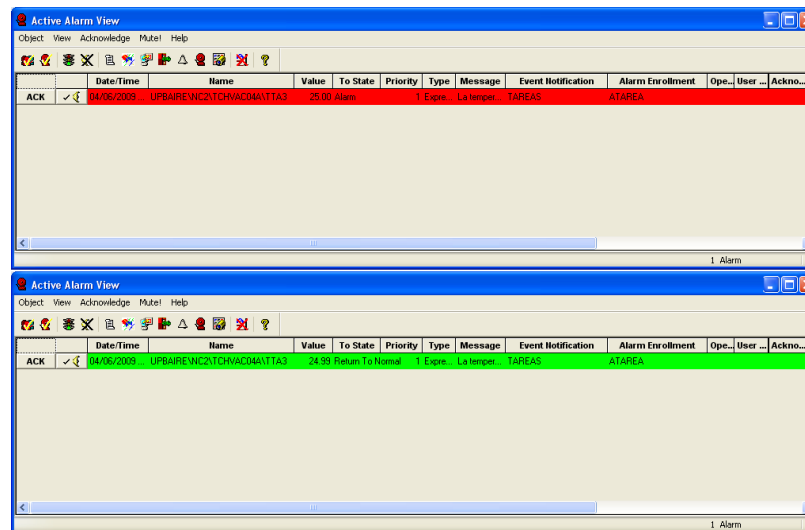
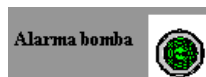


Ilustración 53. Notificación de alarmas por temperatura.

2. Falla de Bomba Secundaria de Agua Helada:

Cuando un programa de un área determinada ordena a la respectiva bomba secundaria a encenderse y no se tiene confirmación de esta acción en el switch de corriente de esta bomba, el sistema genera la señal de alarma encendiendo en color verde el indicador ubicado en la parte inferior izquierda de los indicadores de estado de cada plataforma de control por Área.



El o los equipos correspondientes son apagados por protección. En muchas ocasiones puede deberse a un fallo en el sensor de presión de la bomba en otros a malos contactos en los relevos, pero en todas las ocasiones se debe revisar con cuidado para encontrar el factor de falla que genera el mal funcionamiento del sistema y poderlo corregir lo antes posible.

Luego de corregir el factor que genere la alarma debe dar clic sobre el botón de Reset que se encuentra al lado del indicador de alarma y de esta manera el programa intenta encender el equipo nuevamente.

En caso de fallo de la bomba de área libros no se cuenta con un sensor de presión para esta bomba ni con un indicador grafico en la interfaz grafica del sistema por lo cual este tipo de falla solo podrá ser detectada con una inspección física de la bomba secundaria.

3. *Plataforma de programación*

La plataforma de programación contiene los menús que permiten entrar al sistema a los programas que se corren en el entorno de Continuum y a las diferentes variables que existen en el sistema también permite crear o modificar los programas y algoritmos que se corren el Continuum.

Este capítulo busca mostrar de manera rápida y sencilla los componentes de la plataforma del programa, para poder manejar el software de control Andover Continuum CyberStation de forma avanzada se recomienda remitirse a la guía especializada Andover Continuum CyberStation, Configurator's Guide for Version 1.8, TAC, 2006.

En la plataforma del programa encontrará ocho sub-plataformas que le permitirán realizar modificaciones, reparaciones u optimizaciones, visualizar seguimientos y reportes y comprobar el comportamiento de los diferentes programas que corren en el entorno de Continuum.

Los sub-menús que encontrará son:

Graphics  (Graficas del sistema)

Schedule  (Horarios)

Groups  (Grupos)

Listviews  (Visor de eventos)

Personel  (Administrador de personal)

Explorer  (Explorador)

System & Status  (Estatus y sistema)

Windows Applications 

De los cuales los más usados por el administrador del sistema en condiciones normales son; System & Status, Explorer, Schedule.

3.1 System & Status

System & Status es un menú de acceso rápido a los menús de la plataforma del programa. Ver ilustración 54. Para ingresar a cualquiera a System & Status desde la plataforma de entrada realice lo siguiente:

Abra el programa y ubíquese en la plataforma de inicio. Luego haga clic derecho sobre la plataforma de inicio y enseguida aparecerá un sub-menú en el cual podrá elegir la plataforma a la cual desea ingresar. Seleccione System & Status, enseguida aparecerá la plataforma correspondiente.



Ilustración 54. Plataforma del programador system & status.

Esta plataforma será la puerta de entrada a los diferentes menús de otras plataformas, como son:

Command Line

Pain English Editor

Message Windows

Graphics Editor

Configurations Editor

Network Controllers

Infinet Controllers

I/O Modules

Infinity Inputs

Infinity Outputs

Infinity Numeric's

Doors

Today

This Week

This Month

3.2. Schedule manejo de horarios

Schedule es la plataforma que contiene los cinco horarios que se manejan en sistema dos de los cuales corresponden al Chiller y los tres restantes que corresponden a los equipos tipo manejadoras y fan Coil's. Ver tabla 6.

Los tipos de horario a manejar son; horario habitual, horario especial y el horario vacacional, según la época de trabajo en la que se encuentre la universidad.

HORARIO	CONCEPTO	CHILLER	EQUIPOS
HABITUAL	Corresponde al periodo Academico de clases donde Estudiantes, Profesores y personal Administrativo se encuentran Laborando.	Lunes - Jueves: 7:00 am - 6:00 pm	Lunes - Jueves: 7:00 am - 6:00 pm
		Viernes: 7:00 am - 9:00 pm	Viernes: 7:00 am - 9:00 pm
		Sabado: 7:00 am - 5:00 pm	Sabado: 7:00 am - 5:00 pm
ESPECIAL	Corresponde al periodo de vacaciones de los Estudiantes, con Profesores y personal Administrativo aún laborando.	Lunes - Viernes: 8:00 am - 6:00 pm	Lunes - Viernes: 8:00 am - 12:00 pm y Lunes - Viernes: 2:00 pm - 6:00 pm
VACACIONAL	Corresponde al periodo donde Estudiantes, Profesores y personal Administrativo se encuentran en vacaciones.	APAGADO	APAGADO

Tabla 6. Horarios de trabajo de los sistemas de HVAC del edificio J.

En esta plataforma usted podrá modificar o crear nuevos horarios de trabajo según los requerimientos del sistema.

Para ingresar a cualquier horario haga doble clic en la casilla correspondiente marcada con el icono de Schedule, luego aparecerá una ventana con cinco horarios seleccione el que desea abrir y haga doble clic.

Enseguida se desplegara una plataforma en la cual podrá realizar excepciones o trabajar con los días estándar. Ver ilustración 55.

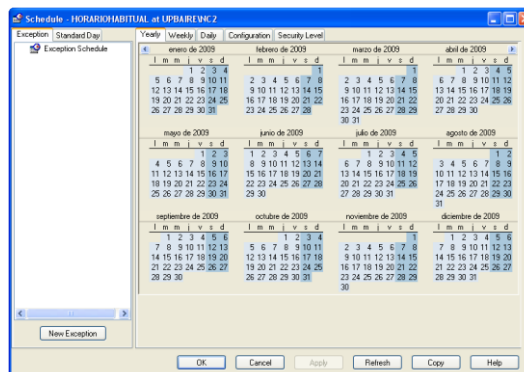


Ilustración 55. Plataforma del calendario para la modificación de horarios.

- **Excepciones:**

Se refieren a cambios en el horario por un lapso corto de tiempo o una fecha específica. Para crear una excepción haga clic derecho en exception Schedule y luego seleccione New exception. Ver ilustración 56.

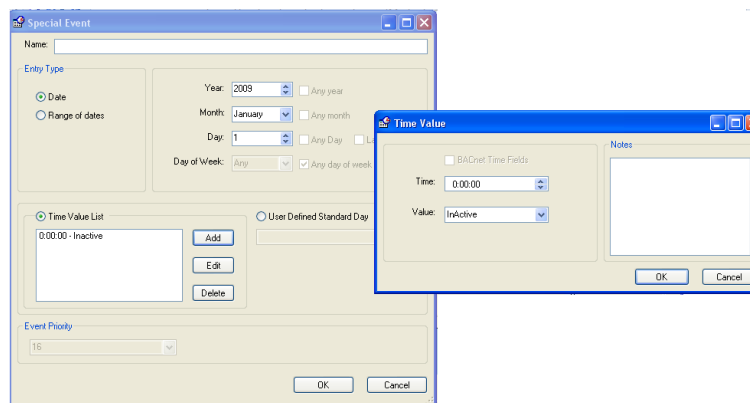


Ilustración 56. Ejemplo de la generación de una excepción en el horario.

Ingrese: el nombre de la excepción a realizar, la fecha o el rango de fechas donde se realizara la excepción.

Seleccione Add para ingresar el momento en que debe activarse o desactivarse el sistema. Edit o Delet son para modificar o borrar el rango establecido.

Seleccione Ok para grabar los cambios realizados.

- **Días Estándar:**

Para trabajar con días estándar deberá seleccionar la pestaña correspondiente y desplegar el menú del día que desea modificar. Podrá realizar cambios aplicables a un solo día o a toda la semana. Ver ilustración 57.



3.3. Explorer

Para ingresar ubíquese en la plataforma de System & Status, luego seleccione el icono correspondiente a Explorer seguido de lo cual se abrirá una nueva ventana con la plataforma de Explorer.

[illegible]

The screenshot shows the JupyterLab web interface. On the left is a file browser pane showing a directory structure with files like 'data', 'notebooks', and 'output'. The main area is divided into two panes. The top pane is a code editor showing a Jupyter Notebook with a single cell containing a Python script that reads a CSV file and prints the first few rows. The bottom pane is a console output showing the results of the script, which are the first few rows of the CSV file. The interface is clean and modern, with a dark theme.

Advertencia: Borrar cualquiera de las variables del sistema sin conocer su real función puede ocasionar mal funcionamiento o incluso que no funcione el sistema de control Continuum.

Desde esta plataforma usted podrá ingresar a los programas de cada una de las diferentes áreas o a los programas que controlan el circuito primario del sistema de HVAC.

En esta plataforma se encuentran:

UPB-AIRE: Contiene todas las carpetas en las que se encuentran todas las variables y programas del sistema.

SystemReports: Contiene cuatro tipo de variables como son; InfinityNumeric, ListView, infinityProgram y Schedule.

Templates: Que contiene variables de notificación como son EventNotification.

UPBWSFolder: Contiene Variables Graficas como son Graphics y contiene Variables del sistema del tipo Análogo, binario, Date time y String en la carpeta System Variables.

Las demás carpetas son formas organizadas de encontrar el mismo tipo de variable por carpeta.

Desde esta plataforma se puede tener acceso a:

AlarmEnrollment

Device

EventNotification

Filter

Folder

Infinity Controller

Infinity Date Time

InfinityInput

InfinityNumeric

InfinityOutput

InfinityProgram

InfinityString

ListView: Contiene la lista de eventos dividido en diferentes tiempos.

Network

Report: Permite crear o hacer el seguimiento grafico de los diferentes sensores térmicos que tiene el sistema de HVAC.

Schedule

SecurityLevel

User: Permite crear o modificar los usuarios del sistema.

3.4 Pain English Editor

La plataforma Pain English Editor permite visualizar de forma organizada las diferentes variables del sistema y de forma rápida poder hacer modificaciones a el programa. Contiene las mismas variables que podemos encontrar con Explorer pero la presentación es diferente. Ver ilustración 59.

Para acceder a esta plataforma ingrese por Explorer en Continuum y seleccione Pain English Editor.

Luego seleccione el campo donde desea trabajar en la primera pestaña ubicada en la parte superior izquierda de la plataforma.

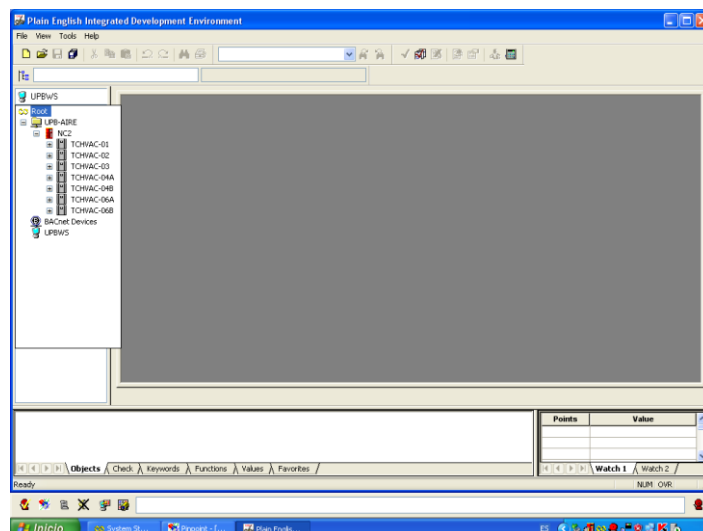


Ilustración 59. Carpetas principales en pain english editor.

Luego seleccione el tipo de variable que desea trabaja en la pestaña ubicada debajo del indicador “Class:” Ver ilustración 60.

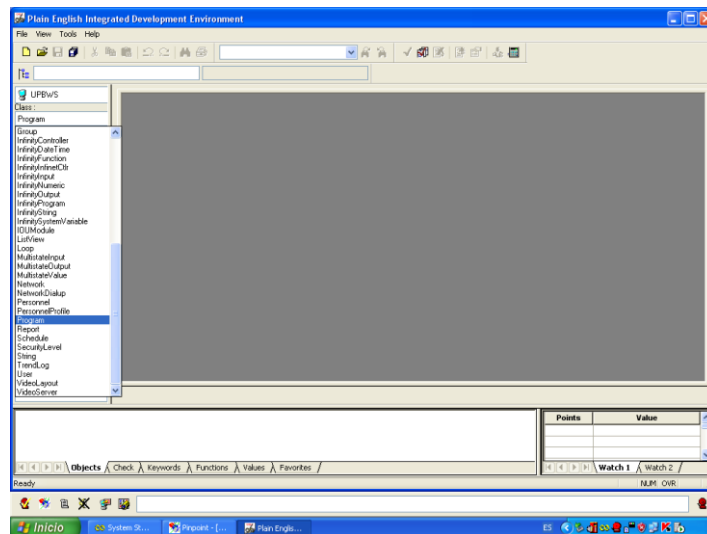


Ilustración 60. Clase de carpeta a trabajar en pain english editor.

Los programas que corren en el entorno de Continuum

A continuación se muestran los diferentes programas que corren bajo el sistema Continuum y su funcionamiento.

CHILLERONOFF

Es el programa encargado de encender y apagar el Chiller, la bomba primaria de agua Helad, la bomba de agua de Condensación y la Torre de Enfriamiento. Está identificada con el siguiente símbolo:



HUMEDAD

Es el programa encargado de encender y apagar la bomba de área libros, la manejadora 04 y el Fan Coil del Archivo inactivo cuando la humedad relativa supere el valor del set Point que para este caso está en 75 en el horario establecido para su funcionamiento. Este programa está identificado con el siguiente símbolo:



MONITORFCCOMPRAS

Es el programa encargado de encender o apagar el programa ONOFFCOMPRAS y se ve afectado por el programa FUEGO que supervisa su estado. Este programa está identificado con el siguiente símbolo:



MONITORFCDIRECC

Es el programa encargado de encender o apagar el programa ONOFFDIRECCION y se ve afectado por el programa FUEGO que supervisa su estado. Este programa está identificado con el siguiente símbolo:



MONITORFCPRODUCC

Es el programa encargado de encender o apagar el programa ONOFFPRODUCCION y se ve afectado por el programa FUEGO que supervisa su estado. Este programa está identificado con el siguiente símbolo:



MONITORGENERAL

Es el programa encargado de encender todos los programas monitores en el sistema Continuum y se ve afectado por variables como el calendario, también es el programa encargado de apagar todos los programas monitores y de encendido-apagado de las manejadoras, Fan Coils, Bombas secundarias, Bombas primarias, Chiller y Torre de Enfriamiento. Este programa está identificado con el siguiente símbolo:



MONITORVIDEOT

Es el programa encargado de encender o apagar el programa ONOFFVIDEOTECA y se ve afectado por el programa FUEGO que supervisa su estado. Este programa está identificado con el siguiente símbolo:



ONOFFCOMPRAS

Es el programa encargado de encender el Fan Coil de el área de Compras, para luego apagarlo si llega a bajar un grado por debajo del valor de set Point o encenderlo si llega a superar un grado por encima del valor del set Point, este programa se ve afectado por el horario de trabajo del sistema. Se identifica a este programa con el símbolo:



ONOFFDIRECCION

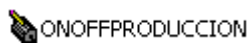
Es el programa encargado de encender el Fan Coil de el área de Dirección de Biblioteca, para luego apagarlo si llega a bajar un grado por debajo del valor de set Point o encenderlo si llega a superar un grado por encima del valor del set

Point, este programa se ve afectado por el horario de trabajo del sistema. Se identifica a este programa con el símbolo:



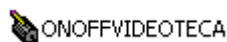
ONOFFPRODUCCION

Es el programa encargado de encender el Fan Coil de el área de Producción (nuevas tecnologías), para luego apagarlo si llega a bajar un grado por debajo del valor de set Point o encenderlo si llega a superar un grado por encima del valor del set Point, este programa se ve afectado por el horario de trabajo del sistema. Se identifica a este programa con el símbolo:



ONOFFVIDEOTECA

Es el programa encargado de encender el Fan Coil de el área de Videoteca (adjunto a Nuevas Tecnologías), para luego apagarlo si llega a bajar un grado por debajo del valor de set Point o encenderlo si llega a superar un grado por encima del valor del set Point, este programa se ve afectado por el horario de trabajo del sistema. Se identifica a este programa con el símbolo:



PROGRAMAFUEGO

Es el programa encargado de apagar todos los programas monitores y de encendido-apagado de las manejadoras, Fan Coils, Bombas secundarias, Bombas primarias, Chiller y Torre de Enfriamiento, cuando se supere el valor del set Point establecido para la detección de Fuego que para este caso es de 100. Este programa está identificado con el siguiente símbolo:



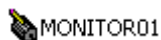
TORREONOFF

Es el programa encargado de encender y apagar la Torre de Enfriamiento cuando la temperatura de retorno de la torre de enfriamiento correspondiente al sensor TTI8 supere el valor establecido para el set Point que en este caso es de 25. Está identificada con el siguiente símbolo:



MONITOR01

Es el programa encargado de encender o apagar el programa PIDUMA01 y se ve afectado por el programa FUEGO que supervisa su estado. Este programa está identificado con el siguiente símbolo:



MONITORFCARCHMUE

Es el programa encargado de encender o apagar el programa ONOFFARCHMUERT y se ve afectado por el programa FUEGO y por el programa HUMEDAD que supervisan su estado. Este programa está identificado con el siguiente símbolo:



MONITORFCDATACEN

Es el programa encargado de encender o apagar el programa ONOFFDATACENTER y se ve afectado por el programa FUEGO que supervisa su estado. Este programa está identificado con el siguiente símbolo:



MONITORFCPROTEC

Es el programa encargado de encender o apagar el programa ONOFFPROTEC y se ve afectado por el programa FUEGO que supervisa su estado. Este programa está identificado con el siguiente símbolo:



PIDUMA01

Es el programa encargado de abrir o cerrar un cierto porcentaje la válvula de tres vías que alimenta a la manejadora para mantener el área del auditorio a la temperatura del set Point establecido para este lugar. Se identifica a este programa con el símbolo:



MONITOR03

Es el programa encargado de encender o apagar el programa PIDUMA03 y se ve afectado por el programa FUEGO que supervisa su estado. Este programa está identificado con el siguiente símbolo:



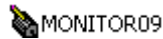
MONITOR04

Es el programa encargado de encender o apagar el programa PIDUMA04 y se ve afectado por el programa FUEGO que supervisa su estado. Este programa está identificado con el siguiente símbolo:



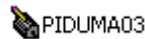
MONITOR09

Es el programa encargado de encender o apagar el programa PIDUMA09 y se ve afectado por el programa FUEGO que supervisa su estado. Este programa está identificado con el siguiente símbolo:



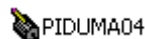
PIDUMA03

Es el programa encargado de abrir o cerrar un cierto porcentaje la válvula de tres vías que alimenta a la manejadora para mantener el área de la sala de lectura 3-4 a la temperatura del set Point establecido para este lugar, se ve afectado por el calendario y el horario de trabajo. Se identifica a este programa con el símbolo:



PIDUMA04

Es el programa encargado de abrir o cerrar un cierto porcentaje la válvula de tres vías que alimenta a la manejadora para mantener el área libros a la temperatura del set Point establecido para este lugar, se ve afectado por el calendario y el horario de trabajo. Se identifica a este programa con el símbolo:



PIDUMA09

Es el programa encargado de abrir o cerrar un cierto porcentaje la válvula de tres vías que alimenta a la manejadora para mantener el área de la sala de televisión a la temperatura del set Point establecido para este lugar, se ve afectado por el calendario y el horario de trabajo. Se identifica a este programa con el símbolo:



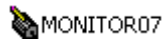
MONITOR06

Es el programa encargado de encender o apagar el programa PIDUMA06 y se ve afectado por el programa FUEGO que supervisa su estado. Este programa está identificado con el siguiente símbolo:



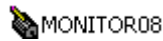
MONITOR07

Es el programa encargado de encender o apagar el programa PIDUMA07 y se ve afectado por el programa FUEGO que supervisa su estado. Este programa está identificado con el siguiente símbolo:



MONITOR08

Es el programa encargado de encender o apagar el programa PIDUMA08 y se ve afectado por el programa FUEGO que supervisa su estado. Este programa está identificado con el siguiente símbolo:



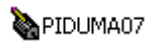
PIDUMA06

Es el programa encargado de abrir o cerrar un cierto porcentaje la válvula de tres vías que alimenta a la manejadora para mantener el área de la Hemeroteca a la temperatura del set Point establecido para este lugar, se ve afectado por el calendario y el horario de trabajo. Se identifica a este programa con el símbolo:



PIDUMA07

Es el programa encargado de abrir o cerrar un cierto porcentaje la válvula de tres vías que alimenta a la manejadora para mantener el área de la sala de lectura 2 a la temperatura del set Point establecido para este lugar, se ve afectado por el calendario y el horario de trabajo. Se identifica a este programa con el símbolo:



PIDUMA08

Es el programa encargado de abrir o cerrar un cierto porcentaje la válvula de tres vías que alimenta a la manejadora para mantener el área de la sala de lectura 1 a la temperatura del set Point establecido para este lugar, se ve afectado por el calendario y el horario de trabajo. Se identifica a este programa con el símbolo:



Por este medio de la plataforma de Pain English Editor o por medio de Explorer se puede tener acceso a los programas que gobiernan las diferentes maquinas que componen el sistema de HVAC y se puede corroborar el correcto funcionamiento de dicho programa, mediante las herramientas que se presentan en cada interfaz tal como se muestra en la siguiente ilustración.

Para comprobar el correcto funcionamiento del programa ábralo y luego seleccione el icono ubicado en la parte superior derecha de la barra de herramientas que tiene este símbolo: 

En seguida aparecerá un recuadro con tres pestañas una de las cuales indica Run Time en ella se puede observar en que fila corre el programa. Ver ilustración 61.

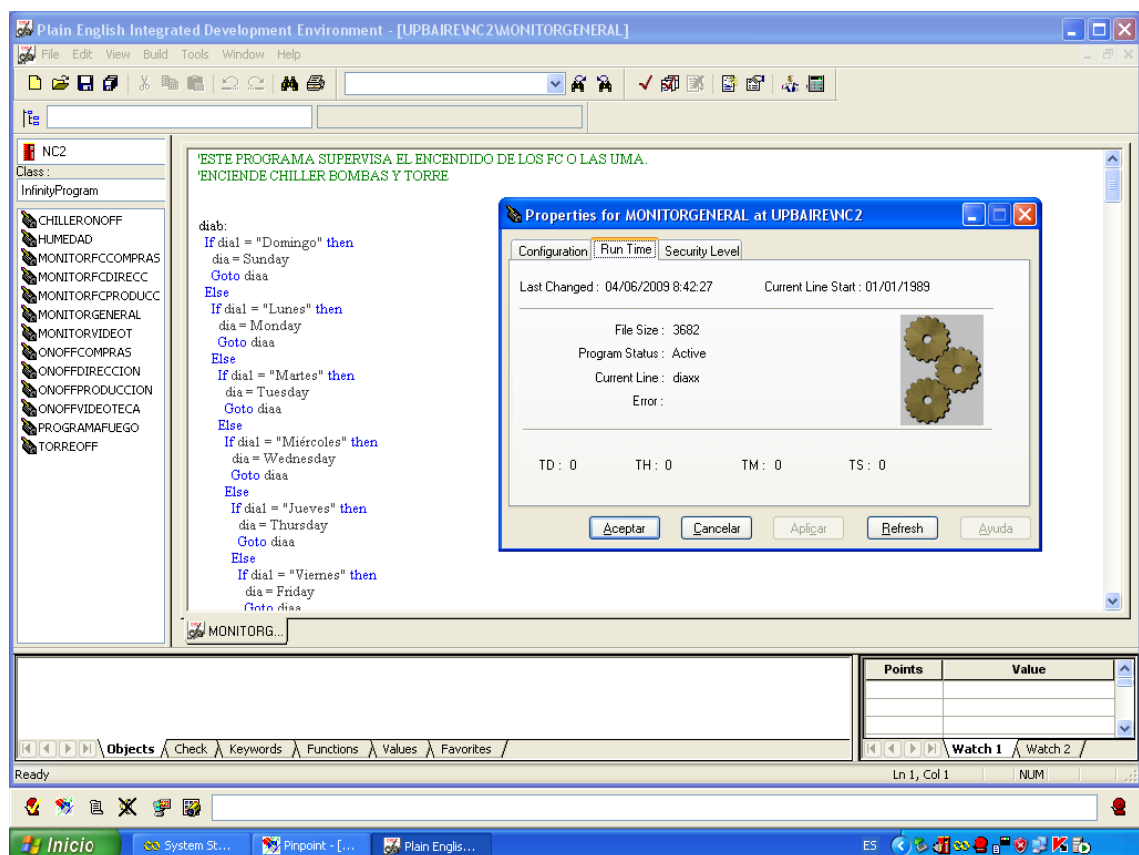


Ilustración 61. Supervisión del programa Monitorgeneral desde pain english editor.

Bibliografía Anexo 2

- Andover Continuum CyberStation, Configurator's Guide for Version 1.8, TAC, 2006. Referencia [16]
- Las imágenes son obtenidas por medio de Print Screen del sistema de control Continuum a medida que se realizó el control de la CyberStation.

ANEXO 3. Mantenimiento Torre de Enfriamiento

MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA**

Félix Germán Suárez De Aquiz

Equipo

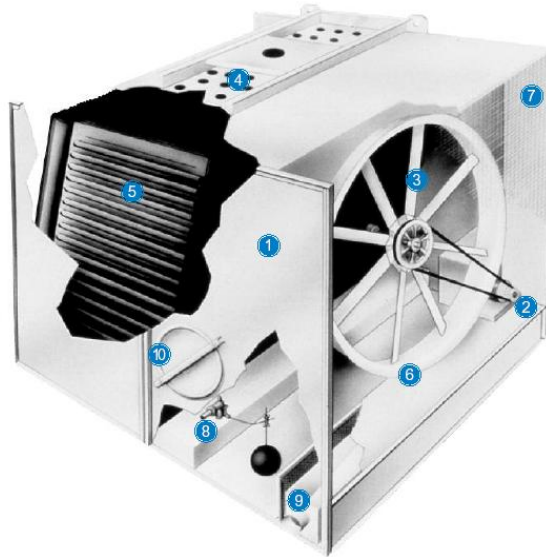


Ilustración 62. Partes de una torre de enfriamiento. Referencia [13]

1. Cuerpo de la torre (paneles de acero galvanizado en caliente).
2. Sistema conductor del ventilador de la torre:
 - Correa en V.
 - Motor trifásico de 5 caballos de fuerza.
 - Rodamientos de trabajo pesado L_{10} 40,000 horas (tiempo medio de vida de 280,000).
3. Ventilador axial de baja potencia de flujo forzado.
4. Sistema de distribución de agua por gravedad.
5. Láminas evaporadoras y eliminadoras en PVC.
6. Cilindro de entrada de aire.
7. Malla protectora de la entrada de aire.
8. Válvula de reposición de agua.
9. Colador para prevenir los vórtices y la entrada de aire al sistema.
10. Puerta de acceso al interior de la torre.

Ubicación

La ubicación de este equipo es en la periferia por el costado sur-oeste, adjunto a el acceso vehicular del parqueadero del edificio J. En la zona denominada área torre. Ver ilustración 63.

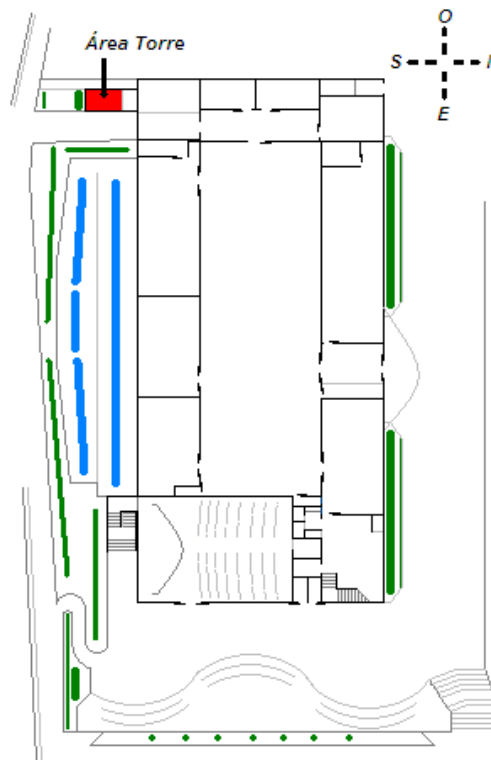


Ilustración 63. Plano de la ubicación de la torre de enfriamiento.

Modos de Falla

A continuación se presentará una lista con los problemas más comunes de la torre de enfriamiento, sus causas posibles, **basadas muchas de ellas en el documento dossier realizado por Proyectos y Servicios Ltda.** Entregado a la universidad como parte de los manuales de manejo del sistema, también se presentarán las posibles soluciones a estos modos de falla. Debe recordarse que cada modo de falla depende muchos factores que deben ser analizados a fondo mediante un análisis de causa raíz por lo cual en muchos casos las soluciones aquí presentadas serán insuficientes para corregir la situación de estudio, pero esta guía proporcionará un camino a las fallas más comunes que podrían llegar a presentarse.

Se utilizarán las siglas:

“S” síntoma

“PC” posible causa.

“PS” probable solución.

S1. Capacidad por debajo de los nominales. Referencia [14]

PC_1.1: "La resistencia total del sistema es más alta que la calculada".

PS_1.1: Revisar condiciones de diseño del proyecto con el contratista.

PC_1.2: "Velocidad de rotación del ventilador demasiado baja".

PS_1.2: Revisar la tensión de la correa del sistema de transmisión de potencia. Revisar las conexiones del motor eléctrico pueden encontrarse defectuosas.

PC_1.3. "Angulo de ataque de las aletas demasiado bajo".

PS_1.3: Ajustar el ángulo de ataque mediante los tornillos de graduación.

PC_1.4. "Condiciones insuficientes de entrada o salida de aire".

PS_1.4: Verificar que no existan obstrucciones en el tubo de entrada y que las láminas de enfriamiento no se encuentren pegadas por objetos o sustancias extrañas, mantener siempre limpias las aletas de enfriamiento.

PC_1.5. "Fugas de agua en el árbol de rociado".

PS_1.5: Revisar y corregir el ajuste de la lámina superior de la caja de distribución de agua en la parte superior del árbol de rociado.

PC_1.6. "Rotor defectuoso".

PS_1.6: Comprobar el estado de los rodamientos del rotor.

PC_1.7. "Sentido incorrecto de rotación".

PS_1.7: Comprobar y corregir la polarización del motor.

PC_1.8. "Posición indebida del rotor respecto al cono de succión".

PS_1.8: Alinear el eje del rotor con respecto al cono de succión.

PC_1.9. "Condiciones de operación diferentes a las selecciones".

PS_1.9: Revisar el programa de control que rige la torre de enfriamiento.

PC_1.10. "Influencias térmicas de equipos cercanos a la torre".

PS_1.10: Reubicar o asilar aquellos equipos que puedan estar generando cargas térmicas que disminuyan la eficiencia del intercambio de calor en la torre.

PC_1.11. Caudal de agua insuficiente en el árbol de distribución de la torre.

PS_1.12. Verificar las condiciones de trabajo de la bomba de condensación.

S2. Vibración y ruido. Referencia [14]

PC_2.1. "Mal alineamiento entre el rotor y el cono de succión".

PS_2.1: Corregir el alineamiento del rotor con el cono de succión.

PC_2.2. "Base metálica inestable".

PS_2.2: Ajustar los anclajes de la torre al suelo y los mecanismos de sujeción del cuerpo de la torre.

PC_2.3. "Materiales extraños sobre el rotor, que causen des-balanceamiento".

PS_2.3: Limpiar el rotor retirando aquello que pueda estar ocasionando el des-balanceamiento.

PC_2.4. "Rodamientos desgastados o defectuosos, mal lubricados o con materiales extraños".

PS_2.4: Cambiar los rodamientos si es necesario, revisar periódicamente el estado de lubricación de los rodamientos.

PC_2.5. "Rotor o motor con desperfectos".

PS_2.5: Comunicarse con servicio técnico para la revisión del estado del motor de la torre.

PC_2.6. "Pernos de anclaje sueltos o alcanzados".

PS_2.6: Ajustar los pernos de anclaje de la torre, comprobar su estado y aplicar pinturas protectoras si se presenta oxidación.

PC_2.7. "Rotor o motor des-balanceados".

PS_2.7: Comprobar anclaje del sistema del motor o del rotor, balancear el motor o el rotor de ser necesario.

PC_2.8. "Velocidad de giro mayor que las RPM máximas permitidas para cada tipo de rotor".

PS_2.8: Revisar la alimentación y conexiones eléctricas del motor y comunicarse con servicio técnico si se encuentran anomalías.

PC_2.9. "Rotación del ventilador errónea".

PS_2.9: Comprobar y corregir la polarización del motor.

PC_2.10. "Vibración transmitida a la Torre de Enfriamiento desde otra fuente".

PS_2.10: Verificar condiciones de funcionamiento de fuentes de vibración externa, aislando en lo posible estas vibraciones.

PC_2.11. "El rotor roza con el cono de succión".

PS_2.11: Verificar la alineación del rotor y del cono de succión, ajustar y corregir los anclajes del rotor.

PC_2.12. "El ángulo de ataque de las aspas no es el mismo para todas".

PS_2.12: Verificar y corregir el ángulo de ataque de todas las aspas., empleando un mismo patrón de medida para calibrar el ángulo de ataque.

PC_2.13. "Puede existir una fuente eléctrica de ruido tal como zumbido por corriente alterna en el motor o relés, falta de una fase en motores trifásicos".

PS_2.13: Revisar los aislamientos de las conexiones eléctricas en el motor de la torre.

PC_2.14. "Los rodamientos del motor también pueden estar produciendo ruido".

PS_2.14: Reemplazar los rodamientos si es necesario.

S3. Sobrecarga del motor:

PC_3.1. "Descarga que sobrepasa la capacidad nominal debida a menor resistencia en el sistema".

PS_3.1: Revisar funcionamiento de la bomba de condensación.

PC_3.2. "Velocidad de rotación demasiado alta".

PS_3.2: Comprobar el voltaje o la pérdida de fase del motor.

PC_3.3. "Sentido de rotación erróneo".

PS_3.3: Comprobar la alimentación eléctrica del motor.

PC_3.4. "Eje deflectado".

PS_3.4: Rectificar el eje del motor o de ser necesario reemplazar.

PC_3.5. "Ángulos de ataque de las aspas muy altos".

PS_3.5: Disminuir el ángulo de ataque de las aspas y verificar el voltaje en el motor.

PC_3.6. "El rotor roza con el cono de succión, o la carcasa".

PS_3.6: Verificar la alineación del rotor y del cono de succión, ajustar y corregir los anclajes del rotor

PC_3.7. "Alambrado inadecuado de las acometidas eléctricas".

PS_3.7: Comprobar y corregir aquellos alambrados que puedan estar mal instalados.

Advertencia:

"Nunca operar un ventilador a una velocidad más alta que aquella para la cual fue diseñada. Se debe consultar siempre que se desee aumentar la velocidad para aumentar su capacidad.

Aumentar la velocidad hace que se llegue a la velocidad crítica del ventilador o pasar de clase ocasionando deformaciones en el rotor, disminución de la capacidad de las chumaceras, sobrecarga del motor o vibraciones elevadas". Referencia [14].

Mantenimientos Preventivos

	Ventilador	Motor	Reductor de velocidad	Eje cardan	Eliminadores de gotas	Sistema rociador	Estructura de la torre	Válvula reguladora de nivel	Soporte del ventilador	Tanque de agua	Relleno de PVC
Inspección por taponamientos					S	S					S
Chequeo de flujo de agua						Q					
Chequeo de calidad de agua										M	
Purga y chequeo de nivel de agua										D	
Chequeo de fugas						S		S		M	
Chequeo de vibraciones	D	D	D	D			A		M		
Ajuste de tornillería	M	N	M	M							
Inspección de cuñeros	S	S	T	S							
Lubricación		T	SE								
Chequeo de nivel de aceite			SE								
Chequeo de fugas de aceite			S								
Limpieza general	O	SE	O	O	SE	SE	Q			SE	O
Inspección de corrosión	Q	Q		Q			Q		Q	SE	
Inspección general					A		A		A	A	A

Tabla 7. Cronograma de los mantenimientos preventivos en la torre de enfriamiento.

D: Diario

S: Semanal

Q: Quincenal

M: Mensual

T: Trimestral

SE: Semestral

A: Anual

O: Según el sitio

Ordenes de trabajo diario

- Purga de 4 litros de agua de la torre de enfriamiento.
- Chequeo de vibraciones en el motor, el reductor de velocidad, el ventilador y el eje cardan.

Tiempo de ejecución: 30 minutos

Materiales: Balde de capacidad mínima de 5 litros.

Ordenes de trabajo semanal (OTS)

- Inspección por taponamientos en el sistema rociador, el eliminador de gotas, el relleno de PVC.
- Chequeo de fugas en el sistema rociador y en la válvula reguladora de nivel.

- Inspección de cuñeros en el motor, el ventilador y el eje cardan.
- Chequeo de fugas de aceite en los rodamientos del sistema reductor de velocidad.

Programación de las OTS todos los jueves.

Ejecución de las OTS todos los martes.

Tiempo de ejecución: 1 hora y 15 minutos.

Materiales:

- Linterna.
- Juego de llaves.
- Lanilla.
- Escalera.

Ordenes de trabajo quincenal (OTQ)

- Chequeo de flujo de agua en el sistema rociador.
- Limpieza general del área de la torre.
- Inspección de corrosión en el motor, el ventilador, el eje cardan, la estructura de la torre y el soporte del ventilador.

Programación de las OTQ el jueves de la semana anterior a la fecha de ejecución del trabajo.

Ejecución de las OTQ cada martes comenzando el mes y cada martes a mitad de mes.

Tiempo de ejecución: 2 horas y 15 minutos.

Materiales:

- Linterna.
- Juego de llaves.
- Lanilla seca y trapo húmedo.

- Escalera.
- Escoba y sistema recogedor de basura.
- Balde con agua limpia.

Ordenes de trabajo mensual (OTM)

- Chequeo de la calidad de agua de la torre de enfriamiento, esta será realizada por la empresa con quien se contrato la compra de los químicos para el tratamiento del agua de la torre.
- Chequeo de fugas de agua del tanque de agua de la torre.
- Ajuste de tortillería de ser necesario en el ventilador, el motor, el sistema reductor de velocidad y el eje cardan.
- Chequeo de vibraciones en el eje del ventilador.

Programación de las OTM debe realizarse el jueves de la segunda semana del mes.

Ejecución de las OTM debe realizarse la tercera semana del mes.

Tiempo de ejecución: 2 horas y 15 minutos.

Materiales:

- Recipiente para toma de muestras de agua.
- Linterna.
- Juego de llaves.
- Escalera.

Ordenes de trabajo trimestral (OTT)

- Inspección de cuñeros en el sistema reductor de velocidad.
- Lubricación de los rodamientos del motor si es necesario.

Programación de las OTT en la primera semana de trabajo en enero, en semana anterior a semana santa, en la tercera semana de junio y en la tercera semana de septiembre.

Ejecución de las OTT en la segunda semana de trabajo en enero, en semana santa, en la cuarta semana de junio y en la cuarta semana de septiembre.

Tiempo de ejecución: 3 horas y 45 minutos.

Materiales:

- Grasea o aceitera dependiendo el caso.
- Linterna.
- Juego de llaves.
- Juego de desatornilladores de pala o de cruz dependiendo el punto.
- Escalera.
- Lanilla limpia.

Ordenes de trabajo semestral (OTSE)

- Lubricación del sistema reductor de velocidad.
- Chequeo del nivel de aceite del sistema reductor de velocidad.
- Limpieza general de la torre de enfriamiento que comprende: motor, sistema eliminador de gotas, sistema rociador y tanque de agua.
- Inspección de corrosión en el tanque de agua.

Programación de las OTSE en la primera semana de trabajo en enero y en la tercera semana de junio.

Ejecución de las OTSE en la segunda semana de trabajo en enero y en la cuarta semana de junio.

Tiempo de ejecución: 1 y ½ días.

Materiales:

- Graseira o aceitera dependiendo el caso.
- Linterna.
- Juego de llaves.
- Juego de desatornilladores de pala o de cruz dependiendo el punto.
- Escalera.
- Lanilla limpia.
- Hidro-lavadora.
- Escoba.
- Pinturas anti-corrosivas de ser necesaria la aplicación.
- Jabón detergente en polvo.

Ordenes de trabajo anuales (OTA)

- Chequeo de vibraciones en la estructura de la torre de enfriamiento.
- Inspección general del sistema eliminador de gotas, el soporte del ventilador, la estructura de la torre, el relleno de PVC y el tanque de agua.

Programación de las OTA cuarta semana de noviembre.

Ejecución de las OTA primera semana de diciembre.

Tiempo de ejecución: 1 y ½ días.

Materiales:

- Linterna.
- Juego de llaves.
- Juego de desatornilladores de pala o de cruz dependiendo el punto.
- Escalera.

- Lanilla limpia.
- Sistema de detección de vibraciones. “será opcional y dependerá de la disponibilidad y facilidad para realizar el seguimiento y la detección de vibraciones. Es un trabajo que requiere personal especializado además de; un computador con software especializado, tarjeta de adquisición de datos, sensores”.

Ordenes de trabajo por sitio (OTO)

Detectada la necesidad de realizar un mantenimiento no programado en un punto específico del sistema en cualquier momento.

Mantenimiento de la torre de enfriamiento

La siguiente información: “mantenimiento de la torre de enfriamiento”, “reemplazo del motor del ventilador” y “calidad agua de enfriamiento” han sido extraídas del manual **Dossier** entregado por Proyectos y Servicios Ltda, a la Universidad Pontificia Bolivariana como manuales de manejo del sistema en junio de 2008 y en el presente documento solo se busca unificar la información que se tiene de las tareas que se deben realizar en la torre de enfriamiento. Referencia [14]

1. Inspección y Limpieza:

Inspecciónese el ventilador regularmente y límpiase cuando sea necesario. Aire sucio favorece la formación de capas y acumulación de materiales en el rotor que pueden des-balancearlo peligrosamente si no se eliminan a tiempo.

2. Mantenimiento del motor:

Aparte de la revisión periódica al motor, se recomienda anualmente hacer inspección del aislamiento del motor y estado de los contactos eléctricos y conductores.

3. Inspecciónese la superficie exterior de la Torre de Enfriamiento verificando que no halla fugas de agua, tortillería floja o empaques

defectuosos que favorezcan la pérdida de agua y por consiguiente originen focos de suciedad, corrosión y ensuciamiento de las superficies exteriores.

4. Los módulos de evaporadores y eliminadores deberán ser limpiados removiendo los lodos que se puedan formar en su superficie, esto aproximadamente cada 12 meses; con manguera y agua limpia.

5. La torre debe ser limpiada y encerada en su parte exterior al menos cada tres meses o menos según el ambiente para evitar que se adhiera demasiado polvo en sus paredes.

6. Si la torre va a estar fuera de operación por un tiempo prolongado deberá protegerse el ventilador y el motor con una cubierta (plástico, lona, etc) que impida la penetración de los rayos solares al tendido de eliminadores.

7. No desarmar ningún componente de la torre sin la previa autorización de Proyectos y Servicios Ltda., ya que esto claudicaría la garantía sobre el equipo.

Reemplazo del motor del ventilador. Referencia [14]

Cuando por algún motivo deba ser cambiado el motor de algún ventilador, es necesario tener presente ciertas normas a fin de no ocasionar daño al motor y al resto del equipo.

Seguir en lo posible los siguientes pasos:

1. Cortar el suministro eléctrico del motor.

2. Desconectar los fusibles para prevención de accidentes.

3. Desconectar los cables de potencia de los terminales del motor.

4. Quitar el bloqueo de la base del motor y des-tensionar las bandas desplazando aquella con ayuda de los tornillos tensores.

5. *Quitar el anclaje del motor a la base tensora.*
6. *Remover el motor con un equipo de carga adecuado a su peso y tamaño.*
Cerciorarse del conocimiento del peso real.
7. *Retirar el rotor con un extractor.*
8. *Montar el ventilador en el motor evitando darle golpes y si son necesarios, que sean leves y uniformes.*
9. *Instalar el motor con las mismas precauciones con que se retiró.*
10. *Alinear el eje cardan.*
11. *Realizar la instalación eléctrica del motor y colocar los fusibles en su sitio.*
12. *Arrancar el ventilador teniendo presente las precauciones indicadas.*
13. *Verificar la rotación y las revoluciones del ventilador y el amperaje del motor.*

Calidad de agua de enfriamiento. Referencia [14]

Los siguientes son los parámetros que se deben controlar en el agua de enfriamiento para lograr un funcionamiento duradero en los equipos de enfriamiento.

- *Valor PH 6.5 a 8*
- *Sólidos en suspensión TSS < 25PPM (< 100 PPM Cuando la actividad bacteriana es muy baja).*
- *Grasas y Aceites 0 PPM Bajos Ciclos de concentración.*
- *Buen control de Dureza.*

Instrucciones de lavado de la torre de enfriamiento

Número de Orden	Descripción de la actividad
1	Des-energizar la torre bajando los respectivos tacos en el tablero de potencia y apagando de forma manual la perilla de estado de la torre de enfriamiento.
2	Apagar la bomba de condensación
3	Cerrar la válvula de reposición de agua de la torre.
4	Abrir la válvula de purga de la torre y esperar a que se vacíe el tanque de la torre.
5	Abrir la escotilla de acceso de la torre de enfriamiento.
6	Quitar pernos y retirar las mallas de protección en el ducto de entrada de aire de la torre.
7	Lavar las láminas evaporadoras y eliminadoras de gotas con la hidrolavadora y jabón en polvo. Aplicando agua en la parte superior, media e inferior de cada hoja teniendo el cuidado de no romperlas.
8	Instalar una escalera y acceder a la parte superior de la torre, para quitar los pernos de las tapas del sistema de distribución de agua por gravedad.
9	Lavar el sistema de distribución de agua por gravedad.
10	Colocar las tapas y apretar los pernos del sistema de distribución de agua.
11	Limpiar con un trapo húmedo la parte externa de la torre de enfriamiento y las aspas del ventilador de la torre.
12	Instalar las mallas de protección en el ducto de entrada de aire de la torre y apretar sus pernos.
13	Cerrar la válvula de purga de la torre.
14	Abrir la válvula de reposición de agua de la torre.
15	Cerrar la escotilla de acceso de la torre de enfriamiento.
16	Esperar a que el tanque de la torre llegue a su nivel de trabajo.
17	Realizar el cebado de la bomba de condensación.
18	Energizar la torre de enfriamiento y poner la perilla de estado en automático.

Normas de seguridad

Para realizar cualquier trabajo que implique la apertura de la escotilla de entrada de la torre de enfriamiento o la extracción de cualquiera de las mallas de protección de la entrada de aire, apagar la torre de enfriamiento de manera manual y bajando el fusible correspondiente para tener una doble protección.

Para la limpieza general de la torre de enfriamiento tener en cuenta que debe usarse:

- Tapa bocas.
- Careta o gafas de seguridad.
- Traje impermeable.
- Guantes de caucho si se va a aplicar cualquier químico desincrustante en la torre.

- Botas impermeables para el personal que ejecute el lavado.
- Botas de seguridad para el personal que desmonte el motor eléctrico o trabaje con herramienta pesada.

No realizar la limpieza de la torre en días con tormentas eléctricas o días con alto potencial de descargas eléctricas.

En todas las ocasiones en las que se realice un trabajo en la torre de enfriamiento que implique el corte de suministro de energía de la misma, deberá ser monitoreada la tarea de mantenimiento por el encargado del sistema de HVAC quien tendrá como función velar por la seguridad del personal mediante el cumplimiento de las normas de seguridad.

FORMATO REGISTRO DE MANTENIMIENTO

Fecha de mantenimiento: _____

Fecha próximo mantenimiento _____

Supervisado por _____ Realizado por _____

Hora de inicio _____ Hora de finalización _____

Lugar:

☐ Área Torre ☐ Área Chiller ☐ Sótano ☐ Piso1 biblioteca ☐ Piso2 biblioteca

Espacio:

Cuarto Manejadora ☐

☐ Auditorio

☐ Sala 1

☐ Hemeroteca

☐ Sala 3

Sótano edificio J ☐

☐ Área Chiller

☐ Bombas de Agua

☐ Ductos de agua de Condensación

☐ Torre de Enfriamiento

Trabajo realizado:

☐ Purga

☐ Chequeo de vibraciones

☐ Inspección por taponamientos

☐ Chequeo de fugas

☐ Agua

☐ Aceite

☐ Inspección de cuñeros

☐ Limpieza general

☐ Lavado

☐ Trapeado

☐ Barrido

☐ Limpieza de equipos

☐ Lavado

☐ Trapeado

☐ Barrido

☐ Inspección de ductos

☐ Inspección de corrosión

☐ Pintado con protección anticorrosiva

☐ Chequeo de calida de agua

☐ Ajustes de tornilleria

☐ Lubricación

☐ Medicion de voltajes

ANEXO 4. Mantenimiento del Chiller

MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL CHILLER

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA**

Félix Germán Suárez De Aquiz

Equipo

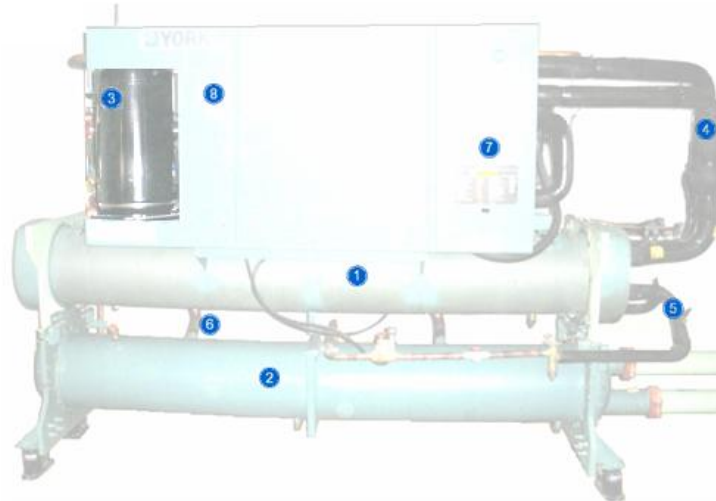


Ilustración 64 . Unidad enfriadora y sus componentes principales.

1. Intercambiador de agua helada
2. Intercambiador de agua de condensación
3. Compresores
4. Líneas de descarga de los compresores
5. Línea de descarga del intercambiador de agua helada
6. Líneas de succión de los compresores
7. Tablero de control de la unidad enfriadora
8. Tablero de potencia de la unidad enfriadora

Ubicación

La ubicación de este equipo es en el sótano del edificio J en el costado sur-este, adjunto a la sub-estación y a el acceso peatonal del parqueadero del edificio J. En la zona denominada área chiller. Ver ilustración 65.

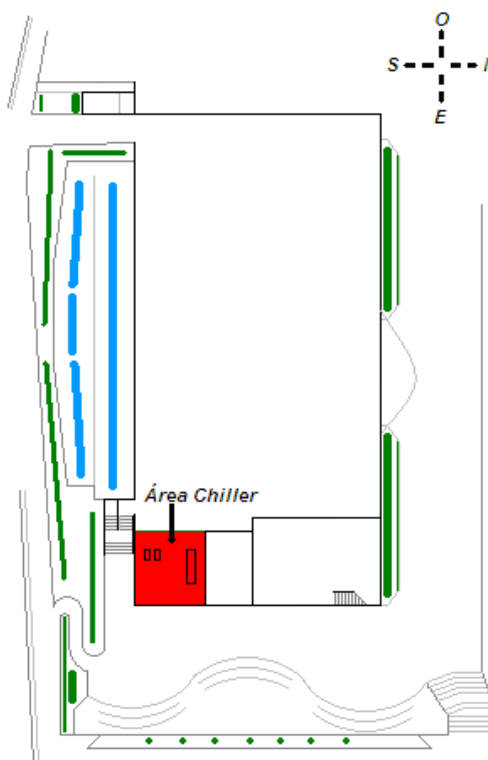


Ilustración 65. Plano de la ubicación de la unidad enfriadora.

Modos de Falla

Ante cualquier modo de falla de la unidad enfriadora comuníquese con personal técnico especializado en mantenimiento autorizado por York Inc.

Advertencia: Este equipo tiene una prioridad crítica por lo cual ante cualquier modo de falla que ponga en riesgo el funcionamiento del sistema detener la unidad enfriadora por medio del interruptor de paro del sistema y comunicarse inmediatamente con el proveedor del servicio técnico autorizado por York antes de continuar operando el sistema.

Mantenimiento Preventivo

Para mantener en óptimo funcionamiento la unidad enfriadora marca YORK, de JHONSON CONTROL INTERNATIONAL, modelo YCWL104SE, de compresores scroll, marca copeland, que opera a 220V/3/60, con refrigerante R-410, se deben realizar las siguientes actividades:

- Calibración de controles de seguridad de las unidades enfriadoras de agua.
- Chequeo de la operación de las válvulas de desplazamiento y calibración del potenciómetro de las mismas.
- Lubricación de los rodamientos de los motores (de acuerdo a las recomendaciones del fabricante del motor) y limpieza de los mismos.
- Limpieza mecánica de los tubos de los condensadores, si fuere necesario, con base en los registros de presión de alta de los sistemas.
- Medición de la resistencia de los motores eléctricos de los compresores.
- Análisis físico-químico y eléctrico del aceite de los compresores.
- Revisión de los switches de flujo de agua fría y agua de condensación del sistema.
- Verificación de las condiciones de diseño vs. flujos de agua de evaporación y condensación.
- Confirmación de arranque por interruptor diferencial de presión en las Bombas.
- Supervisión de parámetros de la unidad enfriadora a través de la tarjeta IPU II y I/O.
- Realizar pruebas de arranques y paros por horario, evento u operador y revisión de alarmas.
- Revisión Tableros y Circuitos Eléctricos y Electrónicos, como el tablero de control de los equipos, de controlador de las unidades enfriadoras y el controlador de red.
- Revisión del conexionado de sensores de las unidades enfriadoras de agua fría y verificación de los circuitos con base en los planos eléctricos.

Al finalizar el mantenimiento se debe presentar con la facturación un informe técnico en original y copia magnética (archivo .doc), dicho informe deberá contener:

- Parámetros de funcionamiento antes y después del servicio de mantenimiento.
- Valor de la resistencia de los motores eléctricos de los compresores tipo Scroll.
- Análisis físico-químico y eléctrico de aceite de los compresores Tipo Scroll.
- Observaciones y recomendaciones que conduzcan a un mejor desempeño de los Chillers.
- El proponente deberá indicar la garantía de los trabajos en el informe.

Normas de seguridad

Para realizar cualquier trabajo se debe velar por la seguridad de los trabajadores contando con los elementos de protección adecuados de acuerdo a las normas legales que rigen la materia.

Tiempo estimado de mantenimiento: 2 a 3 días.

El mantenimiento debe ser realizado por personal especializado o autorizado por YORK company, de JHONSON CONTROL INTERNATIONAL.

ANEXO 5. Mantenimiento bombas de agua

**MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LAS BOMBAS PRIMARIAS Y
SECUNDARIAS DE AGUA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA**

Félix Germán Suárez De Aquiz

Equipo



Ilustración 66. Bomba primaria. Referencia [14] y bomba secundaria.

1. Bomba primaria.
2. Bomba secundaria.

Ubicación

La ubicación de las bombas primarias es en el sótano del edificio J en el costado sur-este, adjunto a la sub-estación y a el acceso peatonal del parqueadero del edificio J, en la zona denominada área chiller y en el sótano del edificio J para las bombas secundarias distribuidas por la red de alimentación de agua helada del sistema. Ver ilustración 67.



Ilustración 67. Ubicación de las diferentes bombas primarias y secundarias en el edificio J de la universidad pontificia bolivariana.

Modos de Falla

A continuación se presentará una lista con los problemas más comunes de las bombas de agua, sus causas posibles y también las posibles soluciones a estos modos de falla. Debe recordarse que cada modo de falla depende muchos factores que deben ser analizados a fondo mediante un análisis de causa raíz por lo cual en muchos casos las soluciones aquí presentadas serán insuficientes para corregir la situación de estudio, pero esta guía proporcionará un camino a las fallas más comunes que podrían llegar a presentarse.

Se utilizarán las siglas:

“S” síntoma

“PC” posible causa.

“PS” probable solución.

S_1: La bomba no funciona de acuerdo a las especificaciones de capacidad, carga y eficiencia.

PC_1: No se cumple con las condiciones de operación como la carga de la bomba, la presión o la viscosidad del fluido.

PS_1: Revisar las condiciones de diseño y selección de la bomba.

S_2: La bomba no entrega líquido.

PC_2: La bomba no esta cebada y está trabajando en seco, o partes de la bomba mal instaladas, u obstrucciones en la línea de alimentación de la bomba o nivel de agua en el tanque de alimentación de la bomba muy por debajo del nivel de trabajo de la bomba.

PS_2: Verificar carga de la bomba, revisar filtro, impulsor y carcasa de la bomba para descartar taponamientos, comprobar flujo de agua en la línea de alimentación de la bomba y verificar niveles de agua en el tanque de alimentación de la bomba.

S_3: La bomba entrega menos líquido del esperado.

PC_3: Partes o accesorios del sistema de bombeo de tamaños superiores o inferiores a los recomendados para el sistema, o aire en la entrada de la bomba

durante su funcionamiento o el sistema de bombeo no esta desaireado por completo antes del arranque.

PS_3: Verificar tamaños de las piezas como el impulsor, realizar purga de la bomba para quitar aire a la entrada de la bomba.

S_4: La bomba no produce suficiente presión.

PC_4: Fugas excesivas por las superficies sujetas al desgaste, o impulsor y carcasa obstruidos parcialmente con sólidos, o velocidad de rotación del impulsor por debajo de la de trabajo.

PS_4: Revisión y corrección de fugas, limpieza de impulsor y carcasa y verificación de las condiciones de funcionamiento del motor impulsor de la bomba.

S_5: La forma de la curva de carga y capacidad es diferente de la curva original de rendimiento.

PC_5: Tamaño del impulsor inferior al de trabajo o desgaste interno de la carcasa, cojinetes y rodamientos de la bomba, cabeza real de la bomba mayor a la de diseño.

PS_5: Cambiar piezas que se encuentren muy deterioradas, verificar condiciones de diseño del sistema para comprobar selección adecuada de la bomba.

S_6: La bomba pierde cebado después del arranque.

PC_6: El aire entra al sistema durante el funcionamiento, existen fugas excesivas por las superficies expuestas al desgaste.

PS_6: Corregir fugas en el sistema, comprobar correcto montaje de las piezas de la bomba y revisar ajuste de las bridas, purgas y piezas en general.

S_7: La bomba consume demasiada potencia.

PC_7: Taponamientos en la línea de descarga de la bomba, velocidad de rotación del motor demasiado alta.

PS_7: Limpiar y verificar correcto funcionamiento de la línea de descarga, revisar voltaje de alimentación de la bomba.

S_8: La bomba presenta vibraciones.

PC_8: Montaje incorrecto, o impulsor, ejes o cojinetes dañados o flojos, o desalineación entre piezas por mala reparación o instalación.

PS_8: Revisar montaje y ajuste de las piezas del motor, verificar grado de desgaste de las mismas y monitorear con equipos de detección de vibraciones los orígenes de las fallas.

S_9: La bomba presenta ruidos.

PC_9: Montaje incorrecto, o desgaste avanzado de piezas móviles, o aire en el sistema.

PS_9: Revisar montaje y ajuste de las piezas del motor, verificar grado de desgaste de las mismas y monitorear con equipos de detección de vibraciones los orígenes de las fallas, comprobar el cebado de la bomba y realizar purgas para eliminar cualquier traza de aire en el sistema.

S_10: La bomba tiene fugas excesivas por el sello mecánico.

PC_10: Excesivo desgaste del sello mecánico o sistema de ajuste del sello.

PS_10: Cambiar sello si es necesario, comprobar ajuste del sistema de sujeción del sello mecánico.

S_11: Corta duración de los cojinetes de la bomba.

PC_11: Falta de lubricación de los cojinetes, incorrecto montaje de la bomba.

PS_11: Comprobar lubricación de los cojinetes, revisar alineación de los ejes, montaje del acople y de la bomba en general.

S_12: La bomba se sobrecalienta.

PC_12: Desgaste del impulsor, o velocidad del motor mayor a la de trabajo.

PS_12: Revisar el estado del impulsor, comprobar alimentación y voltaje del motor impulsor.

S_13: Desgaste excesivo del acople de la bomba y el motor impulsor.

PS_13: Desalineación del eje impulsor y el eje de la bomba, o mal montaje del acople.

PC_13: Revisar alineación de los ejes y comprobar el correcto montaje del acople.

Mantenimientos Preventivos

	Impulsor	Motor	Ejes	Bomba	Acople	Manómetros	Sellos mecánicos	Rodamientos	Soporte de los motores	Filtro de la Bomba	Empaques de las bombas
Inspeccion por taponamientos	Q									T	Q
Chequeo de fugas de aceite								S			
Chequeo de fugas de agua				D			S				D
Purga de la bomba				Q							
Cebado de la bomba				S							
Chequeo de vibraciones		D		D							
Ajuste de tornillería							M		M		
Inspección de cuñeros			T								
Lubricación								T			
Revisión de presión						D					
Chequeo de desgaste	A				T			SE			
Alineación			SE								
Limpieza general	Q			Q							
Inspeccion de corrosión	A	Q		Q							
Inspección general	A	A	A	A	A	A	A	A		A	A

Tabla 8. Distribución de los mantenimientos preventivos de las bombas.

D: Diario

S: Semanal

Q: Quincenal

M: Mensual

T: Trimestral

SE: Semestral

A: Anual

O: Según el sitio

Ordenes de trabajo diario

- Revisión de la presión de trabajo de las bombas mediante los manómetros del sistema y mediante los sensores.
- Chequeo de vibraciones en el motor de la bomba.
- Chequeo de fugas de aceite o agua en las bombas.

Tiempo de ejecución: 30 minutos

Ordenes de trabajo semanal (OTS)

- Inspección del cebado de la bomba.
- Chequeo de fugas de agua en el sello mecánico.
- Inspección de cuñeros en el motor y el eje de la bomba.
- Chequeo de fugas de aceite en los rodamientos de la bomba.

Programación de las OTS todos los jueves.

Ejecución de las OTS todos los martes.

Tiempo de ejecución: 30 minutos.

Materiales:

- Linterna.
- Juego de llaves.
- Lanilla.
- Escalera (dependiendo de la bomba de ser necesario).

Ordenes de trabajo quincenal (OTQ)

- Chequeo de flujo de agua en el sistema.
- Revisión de los empaques de las bombas.
- Limpieza general del área del chiller.
- Inspección de corrosión en el motor y la carcasa de la bomba.

Programación de las OTQ el jueves de la semana anterior a la fecha de ejecución del trabajo.

Ejecución de las OTQ cada martes comenzando el mes y cada martes a mitad de mes.

Tiempo de ejecución: 2 horas.

Materiales:

- Linterna.
- Juego de llaves.
- Lanilla seca y trapo húmedo.
- Escalera.
- Escoba y sistema recogedor de basura.
- Balde con agua limpia.
- Pinturas anti-corrosivas de ser necesaria la aplicación.

Ordenes de trabajo mensual (OTM)

- Ajuste de tortillería de ser necesario en los soportes de las bombas secundarias.
- Chequeo de vibraciones en los ejes de las bombas.
- Ajuste de los sellos mecánicos de las bombas de ser necesario.

Programación de las OTM debe realizarse el jueves de la segunda semana del mes.

Ejecución de las OTM debe realizarse la tercera semana del mes.

Tiempo de ejecución: 1 horas y 30 minutos.

Materiales:

- Linterna.
- Juego de llaves.
- Escalera.

Ordenes de trabajo trimestral (OTT)

- Inspección de cuñeros de los ejes de los motores de las bombas.
- Lubricación de los rodamientos de los motores de las bombas si es necesario.

- Chequeo del nivel de desgaste de los acoples.

Programación de las OTT en la primera semana de trabajo en enero, en semana anterior a semana santa, en la tercera semana de junio y en la tercera semana de septiembre.

Ejecución de las OTT en la segunda semana de trabajo en enero, en semana santa, en la cuarta semana de junio y en la cuarta semana de septiembre.

Tiempo de ejecución: 4 horas y 30 minutos.

Materiales:

- Grasea o aceitera dependiendo el caso.
- Linterna.
- Juego de llaves.
- Juego de desatornilladores de pala o de cruz dependiendo el punto.
- Escalera.
- Lanilla limpia.

Ordenes de trabajo semestral (OTSE)

- Lubricación de los rodamientos de las bombas.
- Chequeo de la alineación de los ejes de las bombas.

Programación de las OTSE en la primera semana de trabajo en enero y en la tercera semana de junio.

Ejecución de las OTSE en la segunda semana de trabajo en enero y en la cuarta semana de junio.

Tiempo de ejecución: 6 horas.

Materiales:

- Grasea o aceitera dependiendo el caso.
- Linterna.

- Juego de llaves.
- Juego de desatornilladores de pala o de cruz dependiendo el punto.
- Escalera.
- Lanilla limpia.

Ordenes de trabajo anuales (OTA)

- Chequeo de vibraciones en las bombas primarias y secundarias.
- Inspección a fondo del desgaste de las diferentes partes de la bomba.

Programación de las OTA cuarta semana de noviembre.

Ejecución de las OTA primera semana de diciembre.

Tiempo de ejecución: 2 días.

Materiales:

- Juego de llaves.
- Juego de desatornilladores de pala o de cruz dependiendo el punto.
- Escalera.
- Sistema de detección de vibraciones. “será opcional y dependerá de la disponibilidad y facilidad para realizar el seguimiento y la detección de vibraciones. Es un trabajo que requiere personal especializado además de; un computador con software especializado, tarjeta de adquisición de datos, sensores”.

Ordenes de trabajo por sitio (OTO)

Detectada la necesidad de realizar un mantenimiento no programado en un punto específico del sistema en cualquier momento.

Normas de seguridad

Para realizar cualquier trabajo que implique el contacto con partes móviles de las bombas como ejes o acoples, apagar las bombas correspondientes de manera manual y bajando el fusible correspondiente para tener una doble protección.

Para la limpieza general de las bombas tener en cuenta que debe usarse:

- Tapa bocas.
- Careta o gafas de seguridad.
- Botas de seguridad para el personal que desmonte los motores eléctricos de las bombas o trabaje con herramienta pesada.

En todas las ocasiones en las que se realice un trabajo en el área del chiller que implique el corte de suministro de energía de la misma, deberá ser monitoreada la tarea de mantenimiento por el encargado del sistema de HVAC quien tendrá como función velar por la seguridad del personal mediante el cumplimiento de las normas de seguridad.

ANEXO 6. Mantenimiento unidades manejadoras

**MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LAS UNIDADES MANEJADORAS
UMAS**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA**

Félix Germán Suárez De Aquiz

Equipo

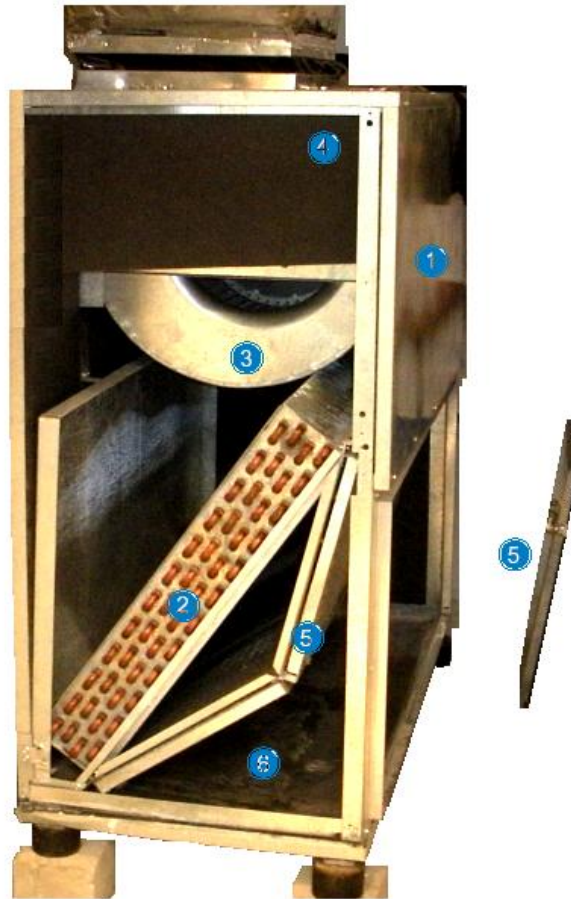


Ilustración 68. Componentes principales de una unidad manejadora de aire.

1. Estructura o gabinete en laminas galvanizadas
2. Serpentín evaporador
3. Ventilador centrífugo.
4. Motor eléctrico
5. Filtros
6. Bandeja de condensados

Ubicación

La ubicación de las unidades manejadoras es en el primer piso del edificio J, distribuidas en cuatro cuartos de maquinas de la siguiente forma; en el costado este del primer piso del área de libros de la biblioteca se encuentra el cuarto de la manejadora correspondiente a el auditorio, en el costado sur-este adjunto a la sala de lectura número uno se encuentra la segunda manejadora en un cuarto destinado solo para ella, correspondiente a la manejadora de la sala de lectura uno, en el costado sur-oeste del primer piso adjunto a la hemeroteca se encuentra el tercer cuarto de manejadoras con las manejadoras de la sala dos y la manejadora de la hemeroteca y en el costado nort-oeste adjunto a la sala de lectura tres-cuatro se encuentra el último cuarto de manejadoras con las manejadoras de áreas libros, sala de televisión y sala de lectura tres-cuatro.

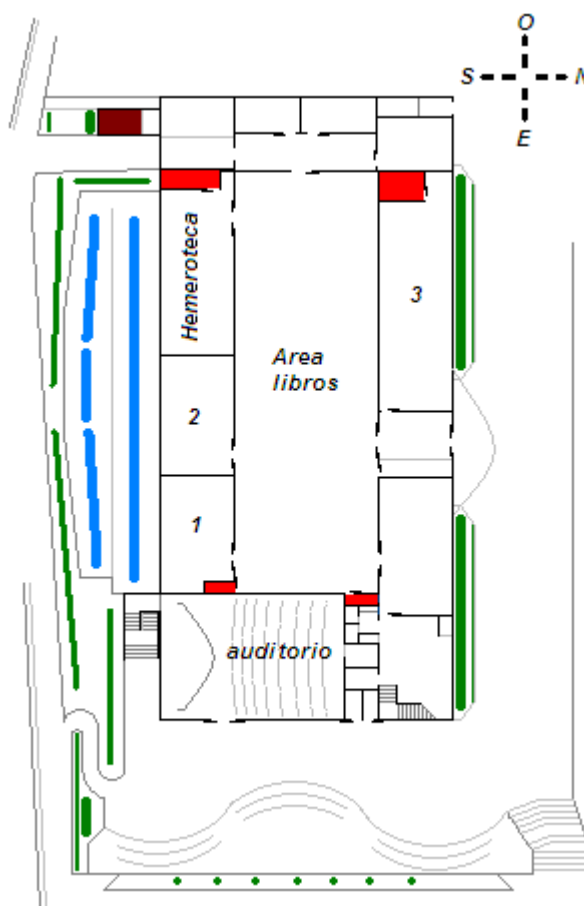


Ilustración 69. Plano de la ubicación de las unidades manejadoras en el edificio J.

Modos de Falla

A continuación se presentará una lista con los problemas más comunes de las unidades manejadoras, sus causas posibles y también las posibles soluciones a estos modos de falla. Debe tenerse en cuenta que cada modo de falla obedece a múltiples factores que requieren ser estudiados a fondo mediante un análisis de causa raíz por lo que en muchos casos las soluciones aquí presentadas serán insuficientes para corregir el inconveniente, pero esta guía proporcionará un camino a las fallas más comunes que podrían llegar a presentarse.

Se utilizarán las siglas:

“S” síntoma

“PC” posible causa.

“PS” probable solución.

S_1: La manejadora no arranca.

PC_1: No existe alimentación de corriente, o el fusible del motor de la manejadora se ha fundido.

PS_1: Revisar las conexiones, cableados y los fusibles de la manejadora. Comprobar el voltaje de trabajo de la unidad manejadora.

S_2: El ventilador no funciona.

PC_2: Defectuosa protección térmica del motor del ventilador, sistema de transmisión de potencia suelto o con la correa partida.

PS_2: Verificar el estado de la protección térmica del motor del ventilador, comprobar el estado del sistema de transmisión de potencia de la manejadora.

S_3: La manejadora presenta ruido.

PC_3: Partes o accesorios del gabinete de la manejadora mal ajustados, o desgaste excesivo de los rodamientos del motor de la manejadora o del ventilador.

PS_3: Revisar ajuste de piezas móviles de la unidad manejadora.

S_4: La Unidad Manejadora no enfría.

PC_4: Taponamiento del serpentín, o válvula de suministro de refrigerante cerrada, o sentido de rotación del ventilador erróneo.

PS_4: Revisión y limpieza de posibles taponamientos en el serpentín, verificación de apertura y funcionamiento de la válvula de suministro de refrigerante. Comprobación de conexiones eléctricas del ventilador.

S_5: Corta duración de los cojinetes de la manejadora.

PC_5: Falta de lubricación de los cojinetes.

PS_5: Comprobar lubricación de los cojinetes, revisar alineación de los ejes.

S_6: El motor impulsor del ventilador se sobrecalienta.

PC_6: Desgaste del impulsor, o velocidad del motor mayor a la de trabajo.

PS_6: Revisar el estado del impulsor, comprobar alimentación y voltaje del motor impulsor.

S_7: Desgaste excesivo del sistema de transmisión de potencia del motor impulsor y el ventilador de la manejadora.

PS_7: Mal montaje de la correa, tensión incorrecta de la correa de transmisión de potencia.

PC_7: Revisar tensión y alineación de la correa, comprobar correcto montaje.

Mantenimientos Preventivos

	Serpentín	Bandeja de condensados	Motor	Ventilador	Transmisión	Rodamientos	Ejes	Gabinete	Filtros	Soportes gabinete	Aislamientos térmicos
Inspección por taponamientos	SE										
Chequeo de fugas de aceite			M			M					
Chequeo de fugas de agua	D	O									
Chequeo de vibraciones			S				A	D		M	
Ajuste de tornillería								T			
Inspección de cuñeros							SE				
Lubricación					O	T					
Chequeo de desgaste					T	SE			M	T	M
Alineación							A				
Limpieza general	SE	SE		A				Q	T		
Inspección de corrosión			M					S			
Inspección general	A		A	A		A	A	A			

Tabla 9. Distribución de los mantenimientos preventivos de las unidades manejadoras de aire.

D: Diario

S: Semanal

Q: Quincenal

M: Mensual

T: Trimestral

SE: Semestral

A: Anual

O: Según el sitio

Ordenes de trabajo diario

- Chequeo de fugas de agua en el serpentín.
- Chequeo de vibraciones en el gabinete.

Tiempo de ejecución: 5 minutos

Ordenes de trabajo semanal (OTS)

- Inspección de corrosión en el gabinete.
- Chequeo de vibraciones en el motor de la manejadora.

Programación de las OTS todos los jueves.

Ejecución de las OTS todos los martes.

Tiempo de ejecución: 10 minutos.

Materiales:

- Linterna.

Ordenes de trabajo quincenal (OTQ)

- Chequeo de flujo de agua en el sistema.
- Limpieza general del gabinete.
- Limpieza general del área de cada manejadora.

Programación de las OTQ el jueves de la semana anterior a la fecha de ejecución del trabajo.

Ejecución de las OTQ cada martes comenzando el mes y cada martes a mitad de mes.

Tiempo de ejecución: 30 minutos.

Materiales:

- Lanilla seca y trapo húmedo.
- Escoba y sistema recogedor de basura.

Ordenes de trabajo mensual (OTM)

- Chequeo de fugas de aceite en el motor y en los rodamientos.
- Chequeo de vibraciones en la unidad manejadora.
- Chequeo de desgaste de los filtros y aislamientos térmicos.
- Inspección de corrosión del motor.

Programación de las OTM debe realizarse el jueves de la segunda semana del mes.

Ejecución de las OTM debe realizarse la tercera semana del mes.

Tiempo de ejecución: 30 minutos.

Materiales:

- Linterna.

Ordenes de trabajo trimestral (OTT)

- Ajuste de tortillería en el gabinete de la UMA.
- Lubricación de los rodamientos de ser necesario.
- Chequeo del nivel de desgaste del sistema de transmisión de potencia y de los soportes de la manejadora.

Programación de las OTT en la primera semana de trabajo en enero, en semana anterior a semana santa, en la tercera semana de junio y en la tercera semana de septiembre.

Ejecución de las OTT en la segunda semana de trabajo en enero, en semana santa, en la cuarta semana de junio y en la cuarta semana de septiembre.

Tiempo de ejecución: 2 horas y 30 minutos.

Materiales:

- Grasea o aceitera dependiendo el caso.
- Linterna.
- Juego de llaves.
- Juego de desatornilladores de pala o de cruz dependiendo el punto.
- Lanilla limpia.

Ordenes de trabajo semestral (OTSE)

- Inspección de los cuñeros de los ejes.
- Lubricación de los rodamientos.
- Inspección del estado del serpentín.
- Limpieza general del serpentín, filtros y la bandeja de condensados.

Programación de las OTSE en la primera semana de trabajo en enero y en la tercera semana de junio.

Ejecución de las OTSE en la segunda semana de trabajo en enero y en la cuarta semana de junio.

Tiempo de ejecución: 7 horas.

Materiales:

- Graseira o aceitera dependiendo el caso.
- Linterna.
- Juego de llaves.
- Juego de desatornilladores de pala o de cruz dependiendo el punto.
- Lanilla limpia.

Ordenes de trabajo anuales (OTA)

- Inspección a fondo de la unidad manejadora, de ser necesario.

Programación de las OTA cuarta semana de noviembre.

Ejecución de las OTA primera semana de diciembre.

Tiempo de ejecución: 2 días y 6 horas.

Materiales:

- Juego de llaves.
- Juego de desatornilladores de pala o de cruz dependiendo el punto.

Ordenes de trabajo por sitio (OTO)

Detectada la necesidad de realizar un mantenimiento no programado en un punto específico del sistema en cualquier momento.

Normas de seguridad

Para realizar cualquier trabajo apagar las maquina correspondientes de manera manual y bajando el fusible correspondiente para tener una doble protección.

Para la limpieza general de las manejadoras tener en cuenta que debe usarse:

- Botas de seguridad para el personal que desmonte los motores eléctricos de las manejadoras o trabaje con herramienta pesada.
- Si se realiza lavado de los serpentines con desincrustante debe usarse careta o gafas de protección, guantes y gabardina impermeable.

Cada actividad deberá ser monitoreada por el encargado del sistema de HVAC quien tendrá como función velar por la seguridad del personal mediante el cumplimiento de las normas de seguridad.

ANEXO 7. Mantenimiento Fan Coil's

MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LOS FAN COILS

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA**

Félix Germán Suárez De Aquiz

Equipo

Fan coil tipo cassette



Fan coil tipo muro



Fan coil tipo techo



Ilustración 70. Tipos de fan Coil's instalados en el edificio J.

Ubicación

En el primer piso de la biblioteca en el costado este del ala norte están ubicadas dos unidades tipo cassette, uno en el área de datacenter y el otro en el área de Procesos Técnicos. En el archivo inactivo se encuentra una unidad tipo fan-coil desnudo.

En las oficinas del segundo piso en el ala norte del edificio J, se encuentran dos unidades fan-coil tipo muro, uno en la oficina de dirección, y otro en la videoteca. En el área de producción audiovisual, se encuentra un fan-coil tipo techo y en área de compras, se encuentra una unidad fan-coil tipo techo. Ver ilustración 71.

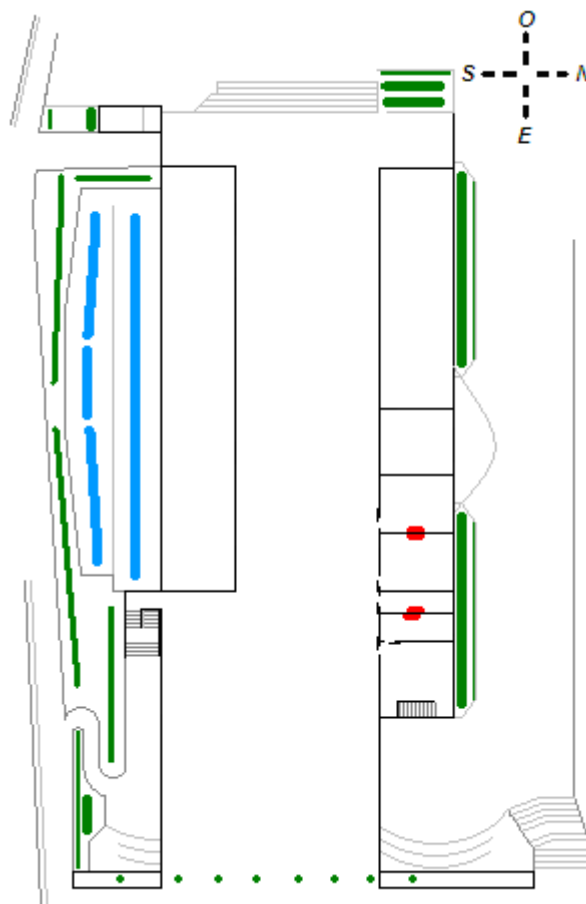


Ilustración 71. Plano con la ubicación de los fancoil de segundo piso del edificio J.

Modos de Falla

A continuación se presentará una lista con los problemas más comunes de los fan coils, sus causas posibles y también las posibles soluciones a estos modos de falla. Debe tenerse en cuenta que cada modo de falla obedece a múltiples factores que requieren ser estudiados a fondo mediante un análisis de causa raíz por lo que en muchos casos las soluciones aquí presentadas serán insuficientes para corregir el inconveniente, pero esta guía proporcionará un camino a las fallas más comunes que podrían llegar a presentarse.

Se utilizarán las siglas:

“**S**” síntoma

“**PC**” posible causa.

“**PS**” probable solución.

S_1: El fan coil no arranca.

PC_1: No existe alimentación de corriente, o el fusible del fan coil está averiado o fundido. Conflictos con el software de control.

PS_1: Revisar las conexiones, cableados y los fusibles del fan coil correspondiente y comprobar su voltaje de trabajo. Revisar el estado del fan coil y el funcionamiento del programa que lo rige.

S_2: El ventilador no funciona.

PC_2: Protección térmica del motor del ventilador defectuosa o mal conectada.

PS_2: Verificar el estado de la protección térmica del motor del ventilador del fan coil.

S_3: El fan coil al encender presenta ruido.

PC_3: Partes o accesorios del gabinete del fan coil que pueden estar rozando con el ventilador por mal ajuste o por desgaste excesivo del acople del motor y del ventilador.

PS_3: Revisar ajuste de piezas móviles del fan coil.

S_4: El fan coil no enfría.

PC_4: Taponamiento del serpentín, o válvula de suministro de refrigerante cerrada, o sensor de temperatura del fan coil congelado.

PS_4: Revisión y limpieza de posibles taponamientos en el serpentín, verificación de apertura y funcionamiento de la válvula de suministro de refrigerante. Comprobación del funcionamiento del sensor de temperatura del fan coil.

S_5: Excesiva vibración del fan coil.

PC_5: Mal montaje o ajuste incorrecto del fan coil con los anclajes, velocidad excesiva del motor del ventilador.

PS_5: Ajustar los anclajes del fan coil y el techo o pared, verificar la velocidad de funcionamiento del ventilador del fan coil.

S_6: El fan coil presenta un goteo de agua.

PC_6: Bandeja de recolección de agua taponada, mal montada, o excesivo enfriamiento del fan coil.

PS_6: Revisar el estado de la bandeja recolectora de agua y comprobar su correcto montaje, verificar el estado del sensor de temperatura.

Mantenimientos Preventivos

	Serpentín	Bandeja de condensados	Motor	Ventilador	Rodamientos	Ejes	Estructura Fan coil	Filtros	Soportes Fan coil
Inspección por taponamientos	SE								
Chequeo de fugas de aceite					M				
Chequeo de fugas de agua		O							
Chequeo de vibraciones			O				D		O
Ajuste de tornillería							SE		
Inspección de cuñeros						SE			
Lubricación					SE				
Chequeo de desgaste					SE			M	T
Alineación						A			
Limpieza general	SE	SE		A				T	

Tabla 10. Distribución del manejo de tiempos para los mantenimientos preventivos de los fan coils.

D: Diario

S: Semanal

Q: Quincenal

M: Mensual

T: Trimestral

SE: Semestral

A: Anual

O: Según el sitio

Ordenes de trabajo diario

- Chequeo de vibraciones en la estructura del fan coil.

Tiempo de ejecución: 3 minutos

Ordenes de trabajo mensual (OTM)

- Chequeo de fugas de aceite en los rodamientos.
- Chequeo de desgaste de los filtros y aislamientos térmicos.

Programación de las OTM debe realizarse el jueves de la segunda semana del mes.

Ejecución de las OTM debe realizarse la tercera semana del mes.

Tiempo de ejecución: 10 minutos.

Materiales:

- Escalera.
- Linterna.

Ordenes de trabajo trimestral (OTT)

- Limpieza general de los filtros de cada fan coil.
- Chequeo del desgaste de los anclajes del fan coil.

Programación de las OTT en la primera semana de trabajo en enero, en semana anterior a semana santa, en la tercera semana de junio y en la tercera semana de septiembre.

Ejecución de las OTT en la segunda semana de trabajo en enero, en semana santa, en la cuarta semana de junio y en la cuarta semana de septiembre.

Tiempo de ejecución: (cada fan coil) 20 minutos.

Materiales:

- Escalera.
- Linterna.
- Juego de llaves.
- Jabón en polvo y Manguera de agua (lavar los filtros desmontados fuera de la biblioteca).
- Lanilla limpia.

Ordenes de trabajo semestral (OTSE)

- Inspección del estado del serpentín.
- Chequeo de vibraciones en la estructura del fan coil.
- Inspección de los cuñeros de los ejes
- Lubricación de los rodamientos o partes móviles de ser necesario.
- Limpieza general del serpentín, filtros, ventilador y la bandeja de condensados.

Programación de las OTSE en la primera semana de trabajo en enero y en la tercera semana de junio.

Ejecución de las OTSE en la segunda semana de trabajo en enero y en la cuarta semana de junio.

Tiempo de ejecución: (Por cada fan coil) 1 hora y 45 minutos.

Materiales:

- Grasea o aceitera dependiendo el caso.
- Linterna.
- Juego de llaves.
- Lanilla limpia.

Ordenes de trabajo anuales (OTA)

- Chequeo de desgaste de los rodamientos y acoples de los ejes.
- Alineación de ejes de ser necesario.

Programación de las OTA cuarta semana de noviembre.

Ejecución de las OTA primera semana de diciembre.

Tiempo de ejecución: 4 horas por fan coil.

Materiales:

- Juego de llaves.
- Juego de desatornilladores de pala o de cruz dependiendo el punto.
- Escalera

Ordenes de trabajo por sitio (OTO)

Detectada la necesidad de realizar un mantenimiento no programado en un punto específico del sistema en cualquier momento.

Normas de seguridad

Para realizar cualquier trabajo apagar las maquina correspondientes de manera manual y bajando el fusible correspondiente para tener una doble protección.

Para la limpieza general de las manejadoras tener en cuenta que debe usarse:

- Botas de seguridad para el personal que desmonte los motores eléctricos de cada fan coil o trabajo con herramienta pesada.
- Si se realiza lavado de los serpentines con desincrustante debe usarse careta o gafas de protección, guantes y gabardina impermeable.

Cada actividad deberá ser monitoreada por el encargado del sistema de HVAC quien tendrá como función velar por la seguridad del personal mediante el cumplimiento de las normas de seguridad.

ANEXO 8. Distancia mínima para prevención de riesgos

DEMARCACIÓN DE SEGURIDAD EN EL ÁREA CHILLER

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA**

Félix Germán Suárez De Aquiz

Análisis de riesgo para el área del Chiller y las Bombas Primarias.

Dado que el área del Chiller colinda con el área de la Planta eléctrica y con el área de parqueaderos y es una zona transitada se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones para un trabajo seguro que minimice cualquier tipo de incidente.

Se deben analizar principalmente los riesgos generados por los equipos eléctricos que dependen principalmente de:

- La Tensión eléctrica.
- La Potencia de corto circuito.
- El Tiempo de despeje de la falla.

Puesto que el arco eléctrico es un hecho frecuente en trabajos eléctricos se recomienda establecer los siguientes requisitos frente a este riesgo:

Cumplir con las distancias mínimas de aproximación a equipos de la tabla 11 y la figura 70, las cuales son adaptadas de la **NFPA 70E** (norma de seguridad industrial para equipos eléctricos). Estas distancias son barreras que buscan prevenir lesiones al trabajador y en general a todo el personal y son básicos para la seguridad eléctrica. Referencia [18]

Tension Nominal del sistema (Fase - Fase)	Límite de aproximación seguro (m)		Límite de aproximación restringida (m) Incluye movimientos involuntarios	Límite de aproximación Técnica
	Parte móvil expuesta	Parte fija expuesta		
51 V -300 V	3	1,1	Evitar contacto	Evitar contacto
301 V - 750 V	3	1,1	0,3	0,025
751 V -15 KV	3	1,5	0,66	0,18
15,1 KV -36 KV	3	1,8	0,78	0,25
36,1 KV -46 KV	3	2,44	0,84	0,43
46,1 KV -72,5 KV	3	2,44	0,96	0,63
72,6 KV -121 KV	3,25	2,44	1	0,81
138 KV -145 KV	3,35	3	1,09	0,94
161 KV -169 KV	3,56	3,56	1,22	1,07
230 KV -242 KV	3,96	3,96	1,6	1,45
345 KV -362 KV	4,7	4,7	2,6	2,44
500 KV -550 KV	5,8	5,8	3,43	3,28

Tabla 11. Distancias mínimas de aproximación según la norma NFPA 70E. Referencia [18]

La Planta eléctrica del edificio J trabaja a un máximo aproximado de 13,5 Kv por lo cual puede este ser un criterio conservador para determinar una distancia de seguridad para esta zona por lo que según la tabla 1 correspondería al grupo de entre 751 v -15 Kv con un límite de aproximación seguro de 3 metros para partes móviles expuestas, 1,5 metros para partes fijas expuestas, con un límite de aproximación restringida de 0.78 metros y un límite final de aproximación técnica de 0,25 metros. Ver ilustración 72.

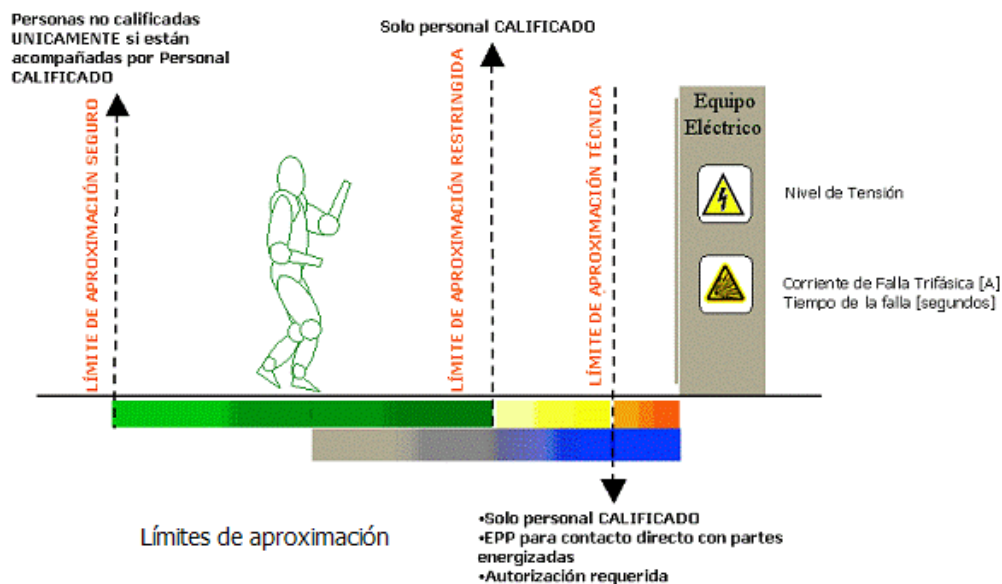


Ilustración 72. Distancias seguras de aproximación. Referencia [18]

El límite de aproximación restringida debe ser señalizado ya sea con una franja visible hecha con pintura reflectiva u otra señal que brinde un cerramiento temporal y facilite al personal no autorizado identificar el máximo acercamiento permitido.

Aunque el equipo Chiller y las bombas Primarias no representan como tal un riesgo potencial a los transeúntes que deban dirigirse al sótano de parqueaderos del edificio J u operarios de estos equipos, se deben tener ciertas restricciones e indicaciones de seguridad que permitan evitar cualquier situación de riesgo, porque además del riesgo de descarga eléctrica, podrían existir riesgo por presiones y temperaturas altas de descarga además del ruido inherente al equipo. Para esto es necesario también contar con indicaciones claras de los riesgos a los que se puede estar sometido en esta área que pueden ser:



Ilustración 73. Señalización requerida de seguridad.

La demarcación sugerida para el área del chiller se detalla a continuación.

En verde a una distancia de 3 metros se señala el comienzo del área chiller, este corresponde al límite de partes móviles expuestas, como por ejemplo la aproximación límite segura de un carro en movimiento.

En amarillo a una distancia de 1,5 metros se señala el comienzo del área límite para partes fijas expuestas es decir una aproximación restringida o supervisada.

En anaranjado a una distancia de 0,25 metros de cada maquina y tablero de potencia, para un limite de aproximación solo para personal técnico. Ver ilustración 74.

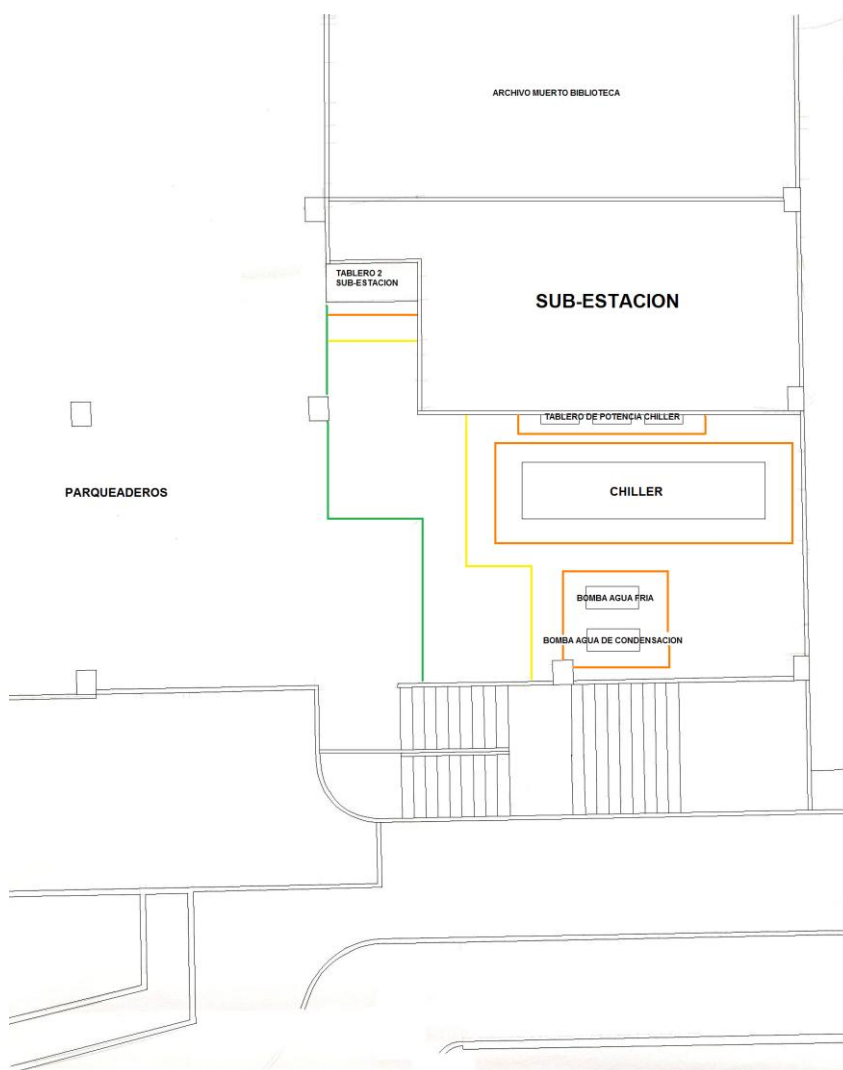


Ilustración 74. Plano con la demarcación de las líneas de aproximación de seguridad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARANA SECCIONAL BUCARAMANGA. Misión, Visión y Reseña Histórica. Página Institucional [online]. Disponible en: www.upb.edu.co.
- [2] UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARANA SECCIONAL BUCARAMANGA. Imagen obtenida por medio de Print screem de la Página Institucional [online]. Disponible en: www.upb.edu.co.
- [3] PROYECTOS Y SERVICIOS LTDA. Manual de Operación y Mantenimiento., Descripción del sistema y especificación de los equipos instalados, capítulo 1. Dossier de mantenimiento del sistema de aire acondicionado del edificio J de la Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga, abril de 2008.
- [4] AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC. commercial and public buildings; chapter 3.6 of the 2007 ASHRAE Handbook- HVAC Applications.
- [5] AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC. General criteria; chapter 3.1 to 3.3 of the 2007 ASHRAE Handbook- HVAC Applications.
- [6] AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC. Building air distribution system; chapter 2, Fan-coil systems; chapter 3, and central cooling and heating plant; chapter 4 of the 2004 ASHRAE Handbook- HVAC Systems and Equipment.
- [7] KNEZEVIC J. Mantenimiento. Política de mantenimiento basada en la inspección, capítulo 5. Isdefe, 1996.
- [8] KNEZEVIC J. Mantenimiento. Política de mantenimiento basada en el examen de la condición, capítulo 6. Isdefe, 1996.
- [9] KNEZEVIC J. Mantenimiento. Política de mantenimiento basada en el fallo, capítulo 3. Isdefe, 1996.
- [10] Basado en el artículo de: Vanegas Pérez Cesar Augusto. Como crear cultura de información en mantenimiento. SOPORTE & CIA Ltda. Abril 26 de 2006.
- [11] AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC. Energy Management; chapter 35 of the 2007 ASHRAE Handbook- HVAC Applications.
- [12] AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC. Energy considerations; chapter 6.9 of the 2007 ASHRAE Handbook- HVAC Applications.
- [13] BALTIMORE AIRCOIL COMPANY. Construction details, D-55, FXT tower product detail, BAC 2009 ecat. Disponible online en: www.BAC.com.
- [14] PROYECTOS Y SERVICIOS LTDA. Manual de Operación y Mantenimiento., Descripción del sistema y especificación de los equipos instalados, capítulo 2. instrucciones de operación. Capítulo 3. Actividades

de mantenimiento. Dossier de mantenimiento del sistema de aire acondicionado del edificio J de la Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga, abril de 2008.

- [15] AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC. Energy Management; chapter 33 and chapter 34 of the 2007 ASHRAE Handbook- HVAC Applications.
- [16] T.A.C. Andover Continuum Configuration's Guide for Version 1.8. Document Number 30-3001-781.
- [17] ÅSTRÖM K y HAGGLUND T. Advanced PID Control, Sweden: Department of Automatic Control Lund Institute of Technology, Lund University, 2006.
- [18] Información disponible online en:
<http://www.portalelectricos.com/retie/cap2art13.php>