

**IMPLEMENTACIÓN DE UN BAS (BUILDING AUTOMATION SYSTEM) BÁSICO  
PARA EL CONTROL INTEGRADO DE UN SISTEMA DE AIRE  
ACONDICIONADO E ILUMINACIÓN MEDIANTE DISPOSITIVOS CON  
COMUNICACIÓN BACNET.**

**ELKIN MORENO RUEDA**

**NOMAR ALEXIS CÁRDENAS PARADA**

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

**2012**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN BAS (BUILDING AUTOMATION SYSTEM) BÁSICO  
PARA EL CONTROL INTEGRADO DE UN SISTEMA DE AIRE  
ACONDICIONADO E ILUMINACIÓN MEDIANTE DISPOSITIVOS CON  
COMUNICACIÓN BACNET.**

**ELKIN MORENO RUEDA**

**NOMAR ALEXIS CÁRDENAS PARADA**

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

**Director**

**OMAR ARMANDO GELVEZ AROCHA  
Ingeniero Mecánico**

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

**2012**

## DEDICATORIA

*"A Florinda, mi madre, que con su innata sabiduría me ha enseñado con las palabras más sencillas como ser un hombre exitoso".*

*"A Maryluz, mi hermanita adorada, por facilitar el logro de mis metas al prepararme para afrontar cada gran reto que emprendo y por mostrarme siempre el camino despejado... Hermanita, de todo corazón te dedico este triunfo".*

*"A Santiago, mi padre, por su apoyo incondicional en la consecución de este logro".*

*"A Alex y Marinita, por compartir tantos momentos y creer en mi superación personal".*

**Elkin**

*"A mi mamá la señora María y a mi papá el señor Ramón por su amor y apoyo incondicional, sin ellos jamás lo hubiese logrado".*

*"A mis queridas hermanas Naslesly y Juanita, dos grandes razones para seguir adelante y quienes con una simple sonrisa me hacen sentir que todo el sacrificio hecho vale la pena".*

**Nomar**

## **AGRADECIMIENTOS**

*Al Profesor y amigo Omar Armando Gelvez Arocha, quien con su gran capacidad intelectual nos orientó y nos aconsejó; por su incansable espíritu de colaboración, respaldo incondicional, calidad humana y confianza en nosotros.*

*A Nelson Jaimes y Sergio Rivero, grandes amigos, por su permanente disponibilidad de colaboración.*

*Y a todos aquellos que de alguna u otra manera colaboraron con la realización de este proyecto.*

*Muchas Gracias.*

*Elkin Moreno Rueda  
Nomar Alexis Cárdenas Parada*

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	23
1. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	25
1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA .....	25
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	26
1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO .....	27
1.3.1 Objetivo General. ....	27
1.3.2 Objetivos Específicos. ....	27
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....	29
2.1 SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN EN EDIFICACIONES.....	29
2.1.1 Conceptos y definición de términos. ....	29
2.1.2 Características generales de un BAS. ....	32
2.1.3 Arquitectura de un BAS. ....	33
2.1.3.1 Arquitectura centralizada.....	33
2.1.3.2 Arquitectura descentralizada.....	33
2.1.3.3 Arquitectura distribuida.....	34
2.2 TEORIA DE REDES DE COMUNICACION .....	35
2.2.1 Topologías de red. ....	36
2.2.2 Método de acceso al medio. ....	37
2.2.2.1 Canalización estática. ....	38
2.2.2.2 Control de acceso al medio dinámico. ....	38
2.2.3 Protocolos de comunicación. ....	41
2.2.3.1 Generalidades.....	41
2.2.3.2 Modelo OSI / ISO. ....	41
2.3 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN USADOS EN AUTOMATIZACION. ....	44
2.3.1 X-10. ....	44
2.3.2 LonTalk. ....	44

2.3.3 Modbus.....	45
2.3.4 BACnet.....	45
2.3.5 TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol).....	45
2.4 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN BACNET.....	46
2.4.1 Generalidades.....	46
2.4.1.1 Definición.....	46
2.4.1.2 Antecedentes.....	47
2.4.1.3 Ventajas del protocolo.....	47
2.4.2 Arquitectura del protocolo.....	48
2.4.2.1 Capa de aplicación del protocolo BACnet.....	49
2.4.2.2 Capa de red del protocolo BACnet.....	50
2.4.2.3 Capas de enlace de datos e interfaz física del protocolo BACnet.....	52
2.5 SISTEMAS DE CONTROL DIGITAL DIRECTO (DDC).....	55
2.5.1 Lineamiento ASHRAE 13-2000.....	56
2.5.1.1 Componentes en los sistemas DDC.....	56
2.5.1.2 Otros dispositivos de comunicación.....	60
2.6 SUBSISTEMAS EN UN SISTEMA DE AUTOMATIZACION DE EDIFICIOS.....	62
2.6.1 HVAC.....	62
2.6.2 Iluminación.....	69
2.6.3 Seguridad en edificios.....	75
2.7 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL EN UN SISTEMA DE AUTOMATIZACION DE EDIFICIOS (BAS).....	79
2.7.1 Sensores.....	79
2.7.1.1 Sensores en HVAC.....	79
2.7.1.2 Sensores en iluminación.....	82
2.7.1.3 Sensores en seguridad.....	84
2.7.2 Unidades de control.....	85
2.7.3 Workstations.....	92
2.7.4 Dispositivos de salida.....	94
3. DESCRIPCIÓN DEL BAS BASICO IMPLEMENTADO.....	97

3.1 ELEMENTOS CONSTITUYENTES DEL SISTEMA DE CONTROL.....	99
3.1.1 Sensores.....	99
3.1.1.1 Sensor de temperatura.....	99
3.1.1.2 Interruptor de contacto magnético.....	102
3.1.1.3 Sensores de presencia.....	102
3.1.2 Unidades de control.....	105
3.1.2.1 Controlador de red.....	105
3.1.2.2 Controlador de zona:.....	116
3.1.3 Preactuadores y dispositivos de salida.....	119
3.1.3.1 Relés.....	119
3.1.3.2 Contactores.....	122
3.1.3.3 Baliza Luminosa.....	122
3.1.4 Dispositivos de alimentación.....	124
3.1.4.1 Fuente regulada.....	124
3.1.4.2 Transformadores.....	126
3.1.4.3 Adaptador de corriente directa.....	127
3.1.5 Elementos de protección (Breakers).....	127
3.1.6 Elementos de transmisión de energía y datos.....	128
3.1.6.1 Cable UTP.....	128
3.1.6.2 Cable y alambre.....	128
3.1.6.3 Cable de comunicación MS/TP.....	129
3.1.7 Workstation.....	129
3.1.8 Tablero eléctrico.....	131
3.2 INTEGRACION DE ELEMENTOS Y CREACION DE SUBSISTEMAS .....	132
3.2.1 HVAC.....	134
3.2.1.1 Generalidades.....	134
3.2.1.2 Especificaciones técnicas.....	135
3.2.1.3 Modificaciones y adecuación de la unidad de aire acondicionado.....	136
3.2.2 Iluminación.....	140
3.2.2.1 Descripción general.....	140

3.2.2.2 Circuito eléctrico.....	141
3.2.2.3 Modificaciones y adecuación del circuito eléctrico en la iluminación. .....	141
3.2.3 Alarma y sensores de presencia.....	142
3.2.3.1 Descripción general. ....	143
3.2.4 Instalación de los controladores. ....	145
3.2.4.1 Controlador de red. ....	145
3.2.4.2 Controlador de zona.....	146
3.2.5 Puesta en marcha o commissioning del controlador de red .....	149
4. IMPLEMENTACION DE LA PLATAFORMA SOFTWARE ANDOVER CONTINUUM .....	151
4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PLATAFORMA SOFTWARE.....	153
4.1.1 Andover continuum cyberstation.....	155
4.2 CONFIGURACIÓN DE LA PLATAFORMA SOFTWARE DE ANDOVER CONTINUUM. ....	159
4.2.1 Configuración de la Workstation. ....	160
4.2.2 Creación de la red BACnet. ....	164
4.2.3 Configuración del controlador de red.....	165
4.2.4 Configuración del controlador de zona. ....	166
4.2.5 Creación de objetos BACnet.....	169
4.2.6 Programas de control.....	175
4.2.6.1 Creación de programas.....	175
4.2.6.2 Programas implementados. ....	179
4.2.6.3 Command line. ....	189
4.2.7 Paneles gráficos. ....	190
4.2.8 Creación de nuevas cuentas de usuario.....	197
CONCLUSIONES .....	201
BIBLIOGRAFÍA.....	203
ANEXOS.....	206

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características de descarte en el proceso de selección .....	111
Tabla 2. Características del controlador de red bCX1 .....	113
Tabla 3. Función y especificaciones eléctricas de los relés .....	121
Tabla 4. Especificaciones eléctricas de la fuente regulada.....	125
Tabla 5. Especificaciones técnicas de los transformadores.....	126
Tabla 6. Especificaciones técnicas del adaptador. ....	127
Tabla 7. Requerimientos hardware para la Workstation .....	130
Tabla 8. Conexión eléctrica para las velocidades del motor del evaporador	138
Tabla 9. Asignación de entradas al controlador b3887 .....	143
Tabla 10. Objetos BACnet y puntos Infinity .....	170
Tabla 11. Objetos BACnet basados en Hardware .....	171
Tabla 12. Objetos BACnet basados en Software.....	171
Tabla 13. Variables locales .....	182
Tabla 14. Zonas de control y acciones a ejecutar.....	183
Tabla 15. Lógica de iluminación sala de trabajo .....	184

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Domótica, automatización de viviendas.....	30
Figura 2. BAS, Automatización de edificios .....	31
Figura 3. Pilares que sustentan un sistema domótico o inmótico .....	32
Figura 4. Arquitectura centralizada .....	33
Figura 5. Arquitectura descentralizada .....	34
Figura 6. Arquitectura Distribuida.....	34
Figura 7. Topologías de red.....	37
Figura 8. Métodos de acceso al medio .....	38
Figura 9. Método de acceso al medio Token passing.....	39
Figura 10. Método de acceso al medio CSMA/CD.....	40
Figura 11. Pila del Modelo OSI .....	42
Figura 12. Arquitectura colapsada del modelo OSI.....	48
Figura 13. Áreas de interoperabilidad.....	50
Figura 14. Mensajes de Comunicación en BACnet.....	51
Figura 15. Dispositivos BBDM .....	52
Figura 16. Opciones de transporte de datos. ....	53
Figura 17. Configuración Daisy chain .....	54
Figura 18. Componentes del control distribuido.....	57
Figura 19. Interfaz de operador sin BACnet Y con BACnet .....	61
Figura 20. Subsistemas en un BAS. ....	62
Figura 21. HVAC en un sistema de automatización de edificios.....	64
Figura 22. Diagrama de configuración para un controlador de zona en un subsistema HVAC.....	66
Figura 23. Elementos utilizados en una unidad de calentamiento en un BAS.....	67
Figura 24. Elementos utilizados en una unidad de ventilación en un BAS. ...	68

Figura 25. Elementos utilizados en una unidad de aire acondicionado para oficinas.....	69
Figura 26. Control ON-OFF de la iluminación en un BAS.....	70
Figura 27. Control Dimming de la Iluminación en un BAS .....	71
Figura 28. Arquitectura de red para la Iluminación en un BAS. ....	72
Figura 29. Iluminación para un edificio de oficinas .....	73
Figura 30. Iluminación para un hotel.....	74
Figura 31. Iluminación para un edificio de una planta industrial. ....	74
Figura 32. Circuito cerrado de Televisión en un BAS. ....	75
Figura 33. Arquitectura de video vigilancia en un BAS. ....	76
Figura 34. Tecnologías de Control de acceso en un BAS .....	77
Figura 35. Sensores de Humo para sistemas contra-incendio en un BAS ...	78
Figura 36. Reporte de alarmas de intrusión en la Workstation del BAS .....	78
Figura 37. Sistema de intrusión .....	79
Figura 38. Termostatos.....	80
Figura 39. Sensor de humedad de ducto y de pared.....	80
Figura 40. Sensores de calidad del aire de ducto y de pared. ....	81
Figura 41. Sensores de presión.....	82
Figura 42. Sensores de presencia infrarrojos. ....	83
Figura 43. Sensores de presencia ultrasónicos. ....	83
Figura 44. Sensores de luz exterior .....	84
Figura 45. Dispositivos para seguridad en edificios .....	84
Figura 46. Interruptores de contacto magnético.....	85
Figura 47. Unidades de control DELTA controls para control de zona. ....	86
Figura 48. Controladores de zona para aplicaciones generales .....	87
Figura 49. Entradas, salidas, comunicación y alimentación en un controlador de zona .....	87
Figura 50. Controlador de red Mach ProWebsys con controladores de zona y Workstation.....	88
Figura 51. Controladores b3885 y b3867.....	89

Figura 52. Controladores RCU, LON y DALI. ....	91
Figura 53. Controlador Niagara para sistemas de seguridad.....	92
Figura 54. Workstation RC-studio .....	93
Figura 55. Workstation ORCAview .....	93
Figura 56. Diagrama y símbolo de un relé .....	95
Figura 57. Válvulas y dámpers en HVAC.....	95
Figura 58. Sala de trabajo del laboratorio de Máquinas Térmicas .....	97
Figura 59. Arquitectura de red del BAS. ....	98
Figura 60. Sensor de temperatura .....	100
Figura 61. Termistor, Veris Industries. ....	101
Figura 62. Valores de caracterización del termistor .....	101
Figura 63. Interruptor de contacto magnético. ....	102
Figura 64. Sensor infrarrojo 360° .....	103
Figura 65. Rango de detección del sensor para la sala de trabajo. ....	103
Figura 66. Sensor de presencia para la entrada del laboratorio .....	104
Figura 67. Rango de detección para el sensor de la entrada .....	105
Figura 68. Geometría del controlador de red BACnet bCX1 .....	112
Figura 69. Puertos de conexión e indicadores de estado del bCX1.....	114
Figura 70. Batería del bCX1 .....	115
Figura 71. Controlador bCX1. ....	116
Figura 72. Puertos de conexión del controlador de zona BACnet b3887....	117
Figura 73. Controlador de zona BACnet b3887 .....	119
Figura 74. Relés de 8 pines VRPL08 y LR86957.....	120
Figura 75. Contactores .....	122
Figura 76. Baliza luminosa.....	123
Figura 77. Vista del laboratorio desde la sala de trabajo .....	123
Figura 78. Fuente regulada a 24VDC .....	124
Figura 79. Fuente de voltaje regulada .....	125
Figura 80. Transformadores de voltaje .....	126
Figura 81. Breakers .....	127

Figura 82. Cable UTP. ....	128
Figura 83. Cable calibre18AWG y alambre calibre 14AWG.....	129
Figura 84. Cable de comunicación MS/TP.....	129
Figura 85. Workstation e interfaz gráfica. ....	131
Figura 86. Tablero eléctrico. ....	132
Figura 87. Modos de operación del BAS. ....	133
Figura 88. Sistema selector. ....	133
Figura 89. Unidad exterior y unidad interior .....	134
Figura 90. Especificaciones Técnicas.....	135
Figura 91. Tarjeta electrónica de fábrica.....	136
Figura 92. Diagrama eléctrico de la unidad interior.....	137
Figura 93. Motor del ventilador en la unidad evaporadora.....	138
Figura 94. Diagrama eléctrico unidad exterior .....	139
Figura 95. Sistema de Iluminación.....	140
Figura 96. Circuito eléctrico sistema de iluminación e interruptor tradicional.....	141
Figura 97. Adecuación del circuito eléctrico de iluminación.....	142
Figura 98. Esquema del conjunto sensores DANILUX y el relé electromecánico RELPOL.....	144
Figura 99. Diagrama de conexión baliza luminosa y sensor BOSCH. ....	145
Figura 100. Conexiones realizadas en el bCX1.....	146
Figura 101. Conexión de la alimentación para el controlador b3887 .....	147
Figura 102. Conexión de entradas en el controlador b3887 .....	148
Figura 103. Conexión y cableado de las salidas digitales tipo Triacs .....	148
Figura 104. Interfaz de configuración y puesta en marcha del bCX1.....	149
Figura 105. Arquitectura expandida del sistema de automatización de edificios de Andover Continuum. ....	152
Figura 106. Sistema de usuarios múltiples y stand alone .....	154
Figura 107. Accesos directos contenidos en la carpeta Continuum.....	156
Figura 108. Vista inicial de cyberstation.....	157
Figura 109. Explorador del continuum .....	158

Figura 110. Menú sistemas y estatus de cyberstation .....	159
Figura 111. Tareas para configurar la plataforma software. ....	160
Figura 112. Configuración de la tarjeta de red .....	161
Figura 113. Configuración de la tarjeta de red propiedades del protocolo TCP/ipv4 .....	162
Figura 114. Objeto Workstation .....	163
Figura 115. Organización jerárquica .....	164
Figura 116. Atributos del objeto red .....	165
Figura 117. Atributos del objeto controlador de red .....	166
Figura 118. Configuración del puerto de comunicación 2 del bCX1 .....	167
Figura 119. Guardar los cambios efectuados .....	168
Figura 120. Ajuste de preferencias BACnet.....	169
Figura 121. Creación del punto infinity .....	172
Figura 122. Atributos de los objetos.....	173
Figura 123. Pestaña “Logs” .....	174
Figura 124. Configuración de un punto basado en software.....	175
Figura 125. Creación de un programa .....	176
Figura 126. Ambiente de desarrollo integrado del plainenglish .....	177
Figura 127. Propiedades de un programa .....	178
Figura 128. Estrategia de control On-Off .....	180
Figura 129. Distribución de la duración de la alarma .....	187
Figura 130. Diagrama de flujo de la línea “Activación” .....	188
Figura 131. Ubicación del “command line” .....	189
Figura 132. Creación de un panel grafico .....	190
Figura 133. Vista general del panel grafico.....	191
Figura 134. Configuración del lienzo.....	192
Figura 135. Controles activos .....	193
Figura 136. Agregando textos o imágenes en el pinpoint .....	194
Figura 137. Propiedades de los componentes activos.....	195
Figura 138. Propiedades del Control de ventana trend.....	196

Figura 139. Otros Controles de ventana .....	197
Figura 140. Creación del objeto user .....	198
Figura 141. Cuadro de dialogo del objeto User.....	199
Figura 142. Configuración de los grupos de trabajo y permisos de acceso.	199

## LISTA DE ANEXOS.

	Pág.
ANEXO A. PLANOS ELÉCTRICOS.....	207
ANEXO B. MANUAL DE USUARIO DEL BAS IMPLEMENTADO.....	209
ANEXO C. MANUAL DE INSTALACION DE LA PLATAFORMA SOFTWARE DE ANDOVER CONTINUUM.....	222

## RESUMEN

**TITULO:** IMPLEMENTACIÓN DE UN BAS (BUILDING AUTOMATION SYSTEM) BÁSICO PARA EL CONTROL INTEGRADO DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO E ILUMINACIÓN MEDIANTE DISPOSITIVOS CON COMUNICACIÓN BACNET.\*

**AUTORES:** ELKIN MORENO RUEDA. NOMAR ALEXIS CÁRDENAS PARADA\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Automatización en edificios, gestión energética, control distribuido, BACnet.

### CONTENIDO

La automatización en edificios es una disciplina que busca la gestión integral de los principales subsistemas involucrados en un edificio como lo son HVAC, control de iluminación, acceso y seguridad y de esta forma ejercer un manejo eficiente de la energía consumida en la edificación, mantener entornos óptimos para los ocupantes y reducir los tiempos de respuesta ante cualquier eventualidad.

El rápido crecimiento experimentado en el campo de la automatización en edificios a finales del siglo XX condujo a una amplia variedad de productos y soluciones poco estandarizadas, hecho que se transformó en problemática al presentarse incompatibilidad entre los productos desarrollados por los distintos fabricantes condicionando cualquier mejora o expansión en los sistemas de control ya instalados. El uso de un protocolo de comunicación estándar en los sistemas de automatización en edificios (BAS) es una solución planteada por la ASHRAE y como resultado a esta iniciativa surge el protocolo de comunicación BACnet.

Con la realización del presente proyecto de grado se busca interactuar directamente con esta tecnología mediante la creación de un sistema de control distribuido que se apega fielmente a la arquitectura instaurada por la ASHRAE, usando un controlador BCX1 4040 como controlador maestro y un controlador b3887 como controlador de zona, ambos pertenecientes a la marca Schneider Electric. Como resultado del proyecto se puede afirmar que bajo las condiciones de instalación y mantenimiento adecuadas la solución implementada es completamente válida, satisfaciendo las exigencias en las edificaciones modernas.

---

\*Proyecto de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico - mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Omar Armando Gelvez Arocha.

## ABSTRACT

**TITLE:** IMPLEMENTATION OF A BASIC BAS (BUILDING AUTOMATION SYSTEM) FOR INTEGRATED CONTROL OF AN AIR CONDITIONING SYSTEM AND LIGHTING USING DEVICES WITH BACNET COMUNICACION \*

**AUTHORS:** ELKIN MORENO RUEDA. NOMAR ALEXIS CÁRDENAS PARADA \*\*

**KEYWORDS:** Buildings automation, energy management, distributed control, BACnet.

### CONTENT

Buildings automation is a discipline that pursues the integral management of major subsystems involved in a building such as HVAC, lighting control, access and security and in this way performs effective management of the energy consumed in building, maintaining optimal environments for occupants and reduces response times for any eventuality.

The fast growth experienced in the field of building automation in the late twentieth century led to a wide variety of products and solutions barely standardized, this fact has become in a problem taking into account the incompatibility between products developed by different vendors conditioning any improvement or expansion of the control systems already installed. The usage of a standard communication protocol in building automation systems (BAS) is a solution proposed by ASHRAE and as a result of this initiative the communication protocol BACnet arises.

The accomplishment of this graduation project seeks to directly interact with this technology creating a distributed control system that adheres faithfully to the architecture established by ASHRAE, using a BCX1 4040 controller as a master controller and a b3887 controller as a zone controller, both products of the Schneider Electric company. As a result of the project can be said that under the appropriated conditions of installing and maintaining the implemented solution is completely valid, satisfying the requirements in modern buildings.

---

\* Graduation Project.

\*\* Faculty of Physical – Mechanical Engineering, Mechanical Engineering School, Eng. Omar Armando Gelvez Arocha.

## INTRODUCCIÓN

La automatización en general, es una promesa del mañana que se transforma en realidad día tras día y es nuestra responsabilidad avanzar junto a ella. Desde los avances en la electrónica hasta los avances en las tecnologías de la información y comunicación (TICS) todos y cada uno de ellos han aportado al crecimiento del área conocida como sistemas la automatización en edificios.

El rol desempeñado actualmente por los sistemas de automatización en edificios pasa de ser una simple cuestión de automatismo para facilitar las labores diarias y se convierte en una estrategia válida para el uso razonable de la energía; según los expertos en automatización como Schneider Electric cerca del 70% de la energía eléctrica suministrada a una edificación es consumida por los equipos de aire acondicionado, ventilación, calefacción e iluminación, es por esto que los esfuerzos se han concentrado en mejorar y optimizar el uso de estos sistemas fundamentales para el adecuado funcionamiento de un edificio.

Si bien vivimos en un mundo globalizado, donde las fronteras geográficas ya no son una barrera para la unificación del conocimiento, aun se notan ciertos vestigios de los diferentes enfoques o puntos de vista usados para abordar las necesidades de la automatización en edificio, sobre todo en los términos bajo los cuales esta tecnología es entendida y aceptada en las diferentes regiones del planeta donde surgió inicialmente.

En este documento se pretende condensar todo el conocimiento adquirido durante la realización del presente proyecto de grado, el documento como tal se encuentra dividido en cinco capítulos, el primero de ellos llamado “desarrollo metodológico” presenta los compromisos inicialmente adquiridos durante el desarrollo del plan de

proyecto, el segundo capítulo “fundamentos teóricos” presenta una compilación de conocimiento teórico necesario para la comprensión del tema central del proyecto así como un estado del arte que permite visualizar los alcances que esta tecnología tiene actualmente, el tercer capítulo “descripción del BAS básico implementado” es un resumen de las decisiones tomadas y sirve como guía detallada del proceso que se llevó a cabo para la implementación del sistema en la sala de trabajo del laboratorio de máquinas térmicas, el cuarto capítulo “implementación de la plataforma software andover continuum” se enfoca en describir globalmente la plataforma software adquirida así como los pasos seguidos para configurar tanto la misma plataforma como los controladores DDC instalados y finalmente el quinto capítulo “Conclusiones” contiene todas las ideas que surgen al hacer una revisión general de lo logrado durante la realización del proyecto y que por su importancia merecen una mención especial.

# 1. DESARROLLO METODOLÓGICO

## 1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

El desarrollo de la electrónica ha permitido dar un gran salto en la calidad de los diversos elementos de control para la automatización de equipos y procesos y estos a su vez han ampliado su versatilidad y capacidad con el crecimiento de las tecnologías de información y comunicación pasando de controles punto a punto (PTP) a los controles configurados, monitoreados y comandados por medio de redes IP; diversos fabricantes han desarrollado de forma individual sus propios dispositivos sin tener en cuenta los productos que han sido realizados por las otras compañías, generándole al cliente problemas de compatibilidad que entorpecen cualquier intento de integrar dos o más productos provenientes de distintos fabricantes, pues cada compañía ha establecido su propio protocolo de comunicación. El campo conocido como HVAC (Heating, Ventilating and Air Conditioning) no ha sido ajeno a esta problemática y asociaciones como la ISO y la ASHRAE han querido evitar que el comprador quede ligado a un fabricante o proveedor determinado, obligado a adquirir los equipos que el ofrezca y asumir los costos que el desee imponer.

En el área de automatización de edificios el tema de la integración de los distintos elementos dentro de una red ha sido tratado desde mediados de la década de los ochenta y han existido desarrollos encaminados a solucionarlo por parte de investigadores y organizaciones tales como: ASHRAE, ECHELON Corporation y MODICON las cuales han generado los protocolos BACnet, LonWorks y MODBUS respectivamente, siendo el primero de estos el único protocolo inicialmente diseñado para convertirse en un estándar como luego lo confirmaría la ANSI y la ISO mientras que los restantes originalmente fueron usados solo por sus creadores, para tiempo después transformarse en protocolos abiertos, y aunque estos esfuerzos por unificar las comunicaciones persisten, esta

problemática no ha sido aún abordada de manera directa por los estudiantes de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander, ni por la mayoría del personal técnico correspondiente al área de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado de la ciudad de Bucaramanga, desconociendo totalmente las ventajas y desventajas que trae consigo las diversas aplicaciones que tienen como fin la solución de la problemática planteada.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

La utilización de un protocolo con el que no se quede vinculado a un solo fabricante en el campo de los sistemas HVAC ha sido tratada por organizaciones como ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air- Conditioning Engineers) y ANSI (American National Standards Institute) que en su deseo de integrar los diferentes sistemas de control en la automatización de edificios han desarrollado un protocolo de comunicación llamado BACnet, el cual es un lenguaje de comunicación estándar siendo hoy en día el más usado en este tipo de aplicaciones.

Con la Generación de proyectos haciendo uso de nuevas tecnologías de comunicación entre equipos como el caso específico de BACnet es posible socializar, difundir el conocimiento y dar soporte a diferentes actividades que se desarrollan en la Escuela en el campo de los sistemas HVAC (Diplomado en aire acondicionado, proyecto de Especialización en refrigeración y Aire acondicionado, curso electivo en el pregrado) y de este modo permitir que los estudiantes de Ingeniería Mecánica de la universidad industrial de Santander, técnicos y profesionales en esta área se beneficien al adquirir información que complemente su formación y mejor aún que se involucren en tópicos que hasta el momento han sido poco tratados en la escuela y en la industria respectivamente, esto teniendo en cuenta que la tendencia actual respecto a los sistemas HVAC es lograr un mejor control sobre ellos y de este modo obtener una mejor gestión que redunde en un ahorro de energía y una mejor seguridad.

### 1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

**1.3.1 Objetivo General.** Contribuir a la misión de la universidad industrial de Santander en su empeño de formar profesionales con alta competencia mediante la adquisición de habilidades en la implementación de sistemas de control distribuido, fortaleciendo a su vez el desarrollo tecnológico en la universidad industrial de Santander especialmente en la escuela de Ingeniería Mecánica.

**1.3.2 Objetivos Específicos.** Implementar un BAS (Building automation system) básico para el control integrado del sistema de aire acondicionado e iluminación de la sala de trabajo del laboratorio de Máquinas Térmicas de la escuela de ingeniería Mecánica, que permita el acceso remoto al sistema de control mediante la utilización de internet, haciendo uso del protocolo de comunicación BACnet (Building Automation and Control networks) para enlazar los diversos dispositivos, permitiendo una futura interoperabilidad con otros sistemas a implementar tales como detección de humos, control de acceso, seguridad, entre otros, para lo cual se debe:

- Seleccionar e instalar dispositivos con comunicación BACnet con una arquitectura hardware basada en los siguientes componentes:
  - Sensor de temperatura.
  - Controlador de zona BACnet MS/TP b3887 de la línea Andover Continuum
  - Controlador de red BACnet IP bCX1-RC de la línea Andover Continuum.
- Programar el controlador de zona BACnet MS/TP para que cumpla con la operación de control requerida y el controlador de red BACnet IP de tal manera que permita acceder de forma remota al sistema de control.

- Diseñar e implementar una interfaz gráfica de usuario que permita:
  - Visualizar y ajustar la temperatura de referencia bajo la cual el equipo de aire acondicionado de la sala de trabajo funcionará.
  - Encender y apagar el equipo de aire acondicionado de la sala de trabajo.
  - Encender y apagar la iluminación de la sala de trabajo.
  - Visualizar la temperatura ambiente del recinto.

## 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1 SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN EN EDIFICACIONES

Las instalaciones en los edificios actuales deben cumplir los requerimientos de nuestros días tal como:

- Manejo eficiente de la energía empleada tanto en iluminación como puesta en marcha y uso de los equipos de HVAC sin sacrificar confort.
- Expectativas de crecimiento y continuo mejoramiento.
- Reducción de costos de operación y mantenimiento.
- Estrategias de acceso y seguridad.

Como respuesta a lo anterior surgen los sistemas de automatización de edificios o BAS (Building Automation Systems).

La implementación de los sistemas de automatización de edificios es un buen ejemplo de un sistema de control distribuido en el que existen varios controladores encargados de gobernar subsistemas que cumplen con una labor específica dentro del sistema de automatización (control de equipos, seguridad etc); la integración o unificación de estos subsistemas es tanto una ventaja como una necesidad ya que simplifica el sistema de control y facilita el monitoreo del sistema, para unir estos subsistemas se requiere una red que enlace diversos dispositivos electrónicos y que sea diseñada específicamente para cubrir las necesidades ya mencionadas.

**2.1.1 Conceptos y definición de términos.** El concepto de edificación inteligente es un tema que se encuentra en continuo cambio y discusión, este ha sido abordado desde diferentes puntos de vista en todo el mundo destacándose dos enfoques, el norteamericano y el europeo, lo cual inevitablemente ha generado diversidad de términos aunque en esencia el concepto permanece intacto. Tal vez

el término más usado hoy día es Domótica, una palabra de origen francés que la enciclopedia Larousse de 1988 definía como “el concepto de vivienda que integra todos los automatismos en materia de seguridad, gestión de energía, comunicaciones, etc.” Una definición más actualizada la podemos obtener del autor José Manuel Huidobro quien en su obra “domótica, edificios inteligentes” define de la siguiente forma el término domótica “la domótica se aplica a la ciencia y los elementos desarrollados por ella que proporcionan algún nivel de automatización o automatismo dentro de la casa; pudiendo ser desde un simple temporizador para encender y apagar una luz o aparato a una hora determinada, hasta los más complejos sistemas capaces de interactuar con cualquier elemento eléctrico de la casa.”

Figura 1. Domótica, automatización de viviendas

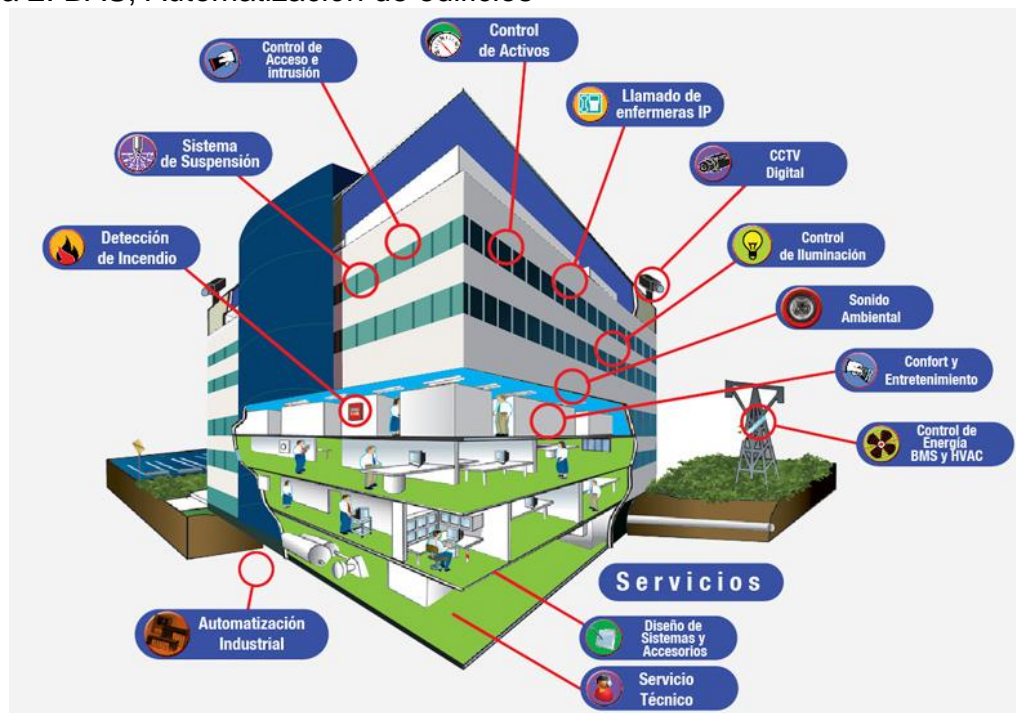


Fuente: “Domótica integración de sistemas”. [En línea]. España. [Consultado 13 de Febrero del 2011]. Disponible desde internet: <<http://www.domoticaviva.com/portada2.htm>>

Teniendo en cuenta estas definiciones es claro que el término domótica se limita a la automatización en viviendas. Para el caso específico de la automatización de edificios se han creado otros términos como lo es el término inmótica, el cual José Manuel Huidobro en su obra “domótica, edificios inteligentes” define como “La

incorporación de sistemas de gestión técnica automatizada a las instalaciones del sector terciario como son plantas industriales, hoteles, hospitales, aeropuertos, edificios de oficinas, parques tecnológicos, grandes superficies, universidades, etc.” Este concepto de inmótica a su vez coincide con otros términos desarrollados en Norteamérica como “Building management system” o BMS y “Building automation system” o BAS, destinados a describir la automatización en edificios enfatizando la gestión energética eficiente de sus sistemas de aire acondicionado, calefacción y ventilación al igual que el sistema de iluminación. Para el desarrollo de este proyecto de grado se siguieron los lineamientos descritos por ASHRAE y por tanto se utiliza el término BAS de forma predilecta.

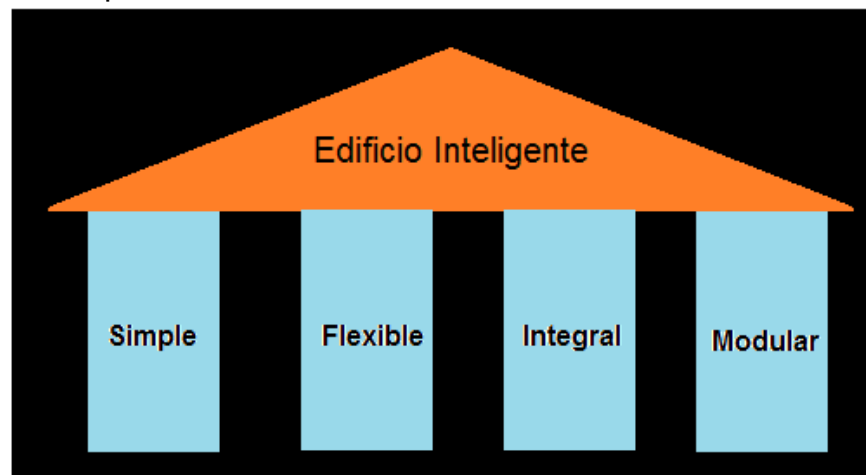
Figura 2. BAS, Automatización de edificios



Fuente: “El edificio inteligente”. [En línea]. España. [Consultado 13 de Febrero del 2011]. Disponible desde internet: < <http://www.arqhys.com/el-edificio-inteligente.html>>

**2.1.2 Características generales de un BAS.** Las principales características o rasgos generales que debe tener un sistema de automatización de edificios se pueden resumir en los siguientes puntos:

Figura 3. Pilares que sustentan un sistema domótico o inmótico



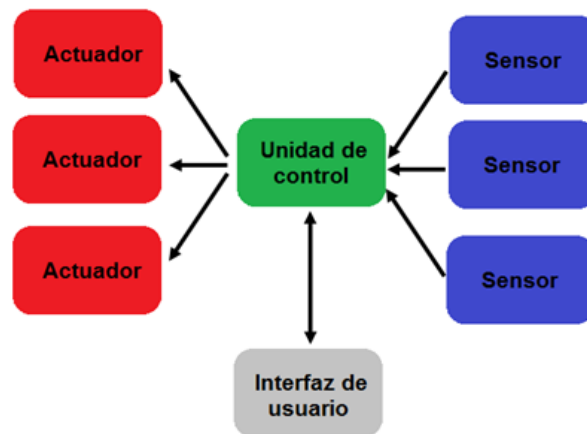
Fuente: "Domótica e inmótica viviendas y edificios inteligentes", Romero Morales Cristobal, Vázquez Serrano Francisco, de Castro Lozano Carlos, AlfaOmega Ra-Ma, Mexico 2007. 21p

- Simple y fácil de utilizar: el sistema de control debe ser simple y fácil de utilizar para que sea aceptado por los usuarios finales. La interfaz de usuario deberá ser sencilla e intuitiva de utilizar, para permitir un aumento del confort.
- Flexible: debe tener prevista la posibilidad de adaptaciones futuras, de forma que ampliaciones y modificaciones se puedan realizar sin un costo elevado ni un esfuerzo grande.
- Modular: el sistema de control del edificio debe ser modular para evitar fallos que puedan llegar a afectar a todo el edificio, y además debe permitir la fácil ampliación de nuevos servicios.
- Integral: el sistema debe permitir el intercambio de información y la comunicación entre diferentes áreas de gestión del edificio, de forma que los diferentes subsistemas estén perfectamente integrados.

**2.1.3 Arquitectura de un BAS.** La arquitectura de un sistema de automatización de edificios especifica el modo en que los diferentes elementos de control del sistema se van a ubicar. Existen tres arquitecturas básicas:

**2.1.3.1 Arquitectura centralizada.** Es aquella en la que los elementos a controlar y supervisar (sensores, luce, válvulas, etc) han de cablearse hasta el sistema de control del edificio (autómata, PC, etc). Todos los elementos sensores reúnen la información del sistema y se la envían al controlador para que tome las decisiones y se las comunique a los elementos actuadores. El sistema de control es el corazón del edificio, ante cuyo fallo todo deja de funcionar.

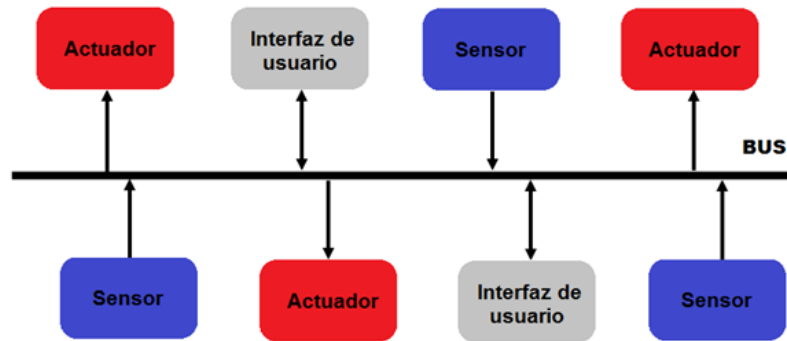
Figura 4. Arquitectura centralizada



Fuente: "Domótica e inmótica viviendas y edificios inteligentes", Romero Morales Cristobal, Vázquez Serrano Francisco, de Castro Lozano Carlos, AlfaOmega Ra-Ma, Mexico 2007. 24p

**2.1.3.2 Arquitectura descentralizada.** Como el nombre indica, es justamente la arquitectura opuesta a la centralizada. En la arquitectura descentralizada todos los elementos del sistema disponen de inteligencia, en el sentido de que son totalmente independientes. El sistema debe disponer de un bus compartido que permita la comunicación de todos los elementos.

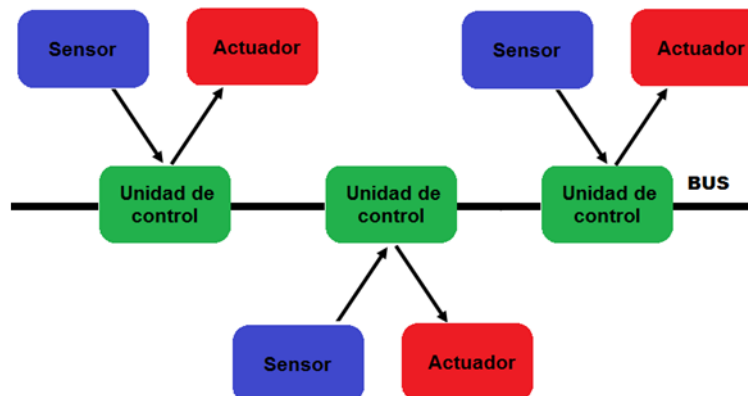
Figura 5. Arquitectura descentralizada



Fuente: “Domótica e inmótica viviendas y edificios inteligentes”, Romero Morales Cristobal, Vázquez Serrano Francisco, de Castro Lozano Carlos, AlfaOmega Ra-Ma, Mexico 2007. 24p

**2.1.3.3 Arquitectura distribuida.** La idea de la arquitectura distribuida es mejorar las dos arquitecturas anteriores, para ello el elemento de control se sitúa próximo al elemento a controlar. Ahora no existe un único elemento de control que gobierna todo el sistema, sino que existen varios elementos entre los cuales se reparte la tarea de control. Estos nuevos elementos de control se denominan nodos y a ellos se conectan los elementos básicos.

Figura 6. Arquitectura Distribuida



Fuente: “Domótica e inmótica viviendas y edificios inteligentes”, Romero Morales Cristobal, Vázquez Serrano Francisco, de Castro Lozano Carlos, AlfaOmega Ra-Ma, Mexico 2007. 25p

Fuente: “Redes de comunicación conceptos fundamentales y arquitecturas básicas”, Leon-Garcia Alberto, Widjaja Indra. Mc Graw Hill, México 2002. 303p

## 2.2 TEORIA DE REDES DE COMUNICACION

Una red de comunicación permite la interconexión entre dos o más dispositivos y tiene la finalidad de compartir información, recursos y ofrecer servicios. Existe un gran número de ejemplos donde se aprecia este concepto general, desde la radio difusión hasta la comunicación vía teléfono móvil.

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

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

- LAN: local area network, Su extensión está limitada físicamente a un edificio o a un entorno de 200 metros, con repetidores podría llegar a la distancia de un campo de 1 kilómetro.
- MAN: Metropolitan area network, representa una evolución del concepto de red de area local a un ámbito más amplio, cubriendo áreas mayores que en algunos casos no se limitan a un entorno metropolitano sino que pueden llegar a una cobertura regional e incluso nacional mediante la interconexión de diferentes redes de área metropolitana.

- WAN: Wide area network, es un tipo de red de datos capaz de cubrir distancias desde unos 100 hasta unos 1000 km, proveyendo de servicio a un país o un continente. Un ejemplo de este tipo de redes sería Internet.

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

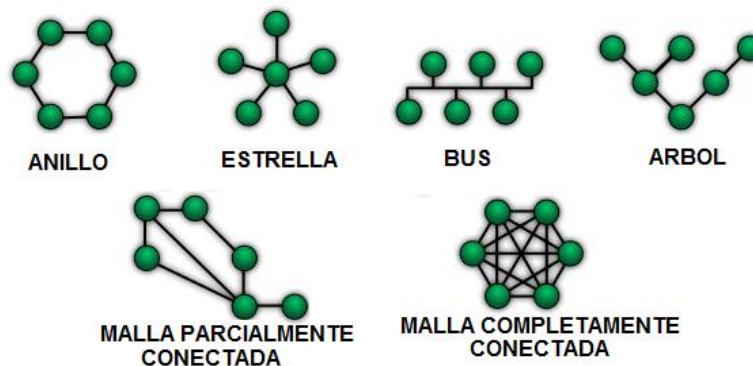
**2.2.1 Topologías de red.** La topología de red se define como la disposición de las conexiones entre los dispositivos que componen la red, generalmente mediante el uso de un patrón, la topología física se refiere al diseño físico de la red incluyendo la distribución y ubicación de dispositivos y cables, mientras que la topología lógica hace referencia a la ruta empleada para el intercambio de información entre los dispositivos acoplados ya sean usuarios o servidores. La topología física de una red no necesariamente debe ser igual a la topología lógica, ya que la implementación de una u otra dependen de distintos factores. Existen ocho tipos básicos de topología:

- Punto a punto: describe la conexión más simple, esta es una conexión permanente entre solo dos dispositivos o puntos.
- Bus: todos los nodos existentes son conectados a un solo cable, la información debe viajar por toda su extensión en busca del destinatario.
- Daisy chain: cada dispositivo se conecta en serie al anterior, la información rebota hasta encontrar su destino.

- Estrella: cada dispositivo participante (host) se conecta únicamente a un dispositivo central (Hub) el cual actúa como un repetidor de las señales.
- Anillo: los dispositivos son acoplados de con la intención de formar un círculo, la información viaja a través de dicho anillo en una sola dirección.
- Malla: los nodos se conectan de forma múltiple unos a los formando una malla completamente conectada o una malla parcialmente conectada.
- Árbol: los nodos principales componen una base a la cual son enlazados con conexiones punto a punto otros nodos pertenecientes a un nivel inferior en la jerarquía, y estos a su vez sirven de enlace a otro nodos inferiores.
- Hibrida: combina dos o más de las topologías enunciadas para crear una distribución completamente nueva.

La clasificación anterior es válida tanto para las topologías físicas como las lógicas, algunas de estas son representadas a continuación.

Figura 7. Topologías de red

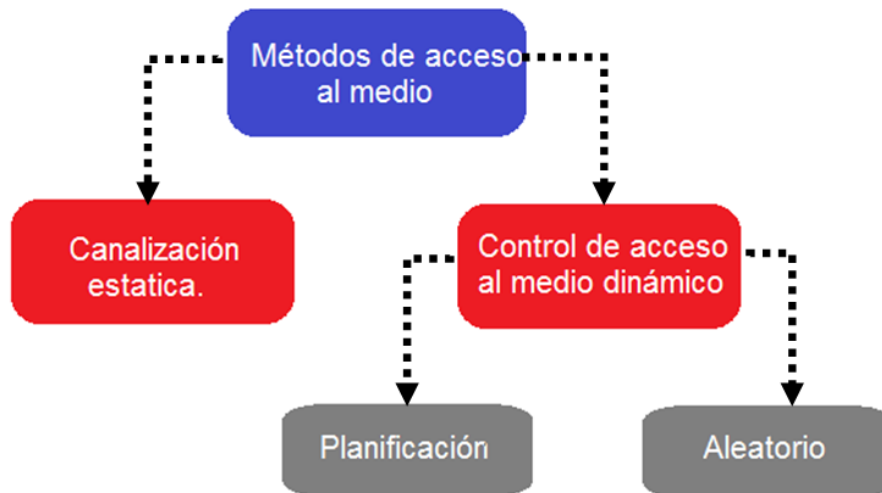


Fuente: "Network topologies". [Massachusetts, USA: En línea]. [Consultado 26 de enero del 2012].  
 Disponible desde internet: <<http://en.wikipedia.org/wiki/File:NetworkTopologies.svg>>

**2.2.2 Método de acceso al medio.** Cuando un medio físico (cable eléctrico u óptico por lo general, rango de frecuencias) es empleado para el envío de varias señales de forma simultánea es probable que se presente problemas en la comunicación como interferencias y degradación de los mensajes, los métodos de

acceso al medio establecen ciertas reglas para que dicho medio o canal sea compartido efectivamente. Una forma de clasificar estos métodos se muestra en la siguiente figura de donde se destacan dos clases genéricas de técnicas para compartir un medio de transmisión.

Figura 8. Métodos de acceso al medio



Fuente: “Redes de comunicación conceptos fundamentales y arquitecturas básicas”, Leon-Garcia Alberto, Widjaja Indra. Mc Graw Hill, México 2002. 299p

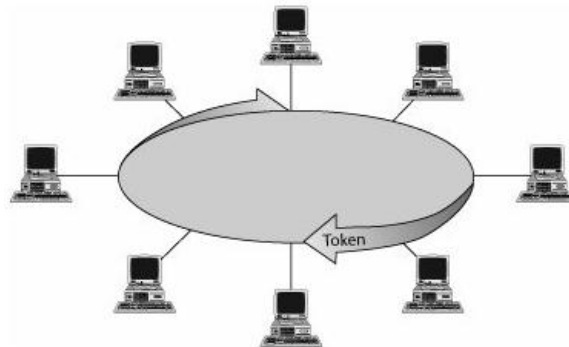
**2.2.2.1 Canalización estática.** La primera categoría implica compartir un medio de forma estática y sin colisiones, son conocidos como técnicas de canalización dado que se basan en la división y asignación del canal, existen varias estrategias para lograr dicha división como la estrategia de división por tiempos (TDMA), la estrategia por división de frecuencias (FDMA), la estrategia de división espacial (SDMA) o la estrategia por división por códigos (CDMA)

**2.2.2.2 Control de acceso al medio dinámico.** En esta segunda categoría la información es dividida en paquetes de determinado tamaño y cierta composición (trama), estos paquetes son intercambiados siguiendo una de las tantas estrategias posibles evitando o anulando en algunos casos las colisiones entre

dichos paquetes. Básicamente estos métodos pueden ser clasificados en dos subgrupos:

- Métodos de Planificación: también conocidos como técnicas con control ya que existe un dispositivo que hace las veces de centro de control para coordinar la comunicación, entre los métodos más conocidos encontramos el polling donde la estación central o master interroga al resto de estaciones de forma secuencial una tras otra y la técnica de token passing empleada en topologías lógicas tipo anillo, en esta última técnica una estación pone en circulación una trama de datos testigo o Token el cual es compartido siguiendo un único sentido de circulación. Cuando una estación desea transmitir y el Token pasa por ella, lo toma y transmite una trama de datos. Éste sólo puede permanecer en su poder un tiempo determinado. En los métodos de planificación el tiempo empleado para la comunicación es siempre fijo o conocido, esta característica le otorga el apelativo de sistemas deterministas.

Figura 9. Método de acceso al medio Token passing

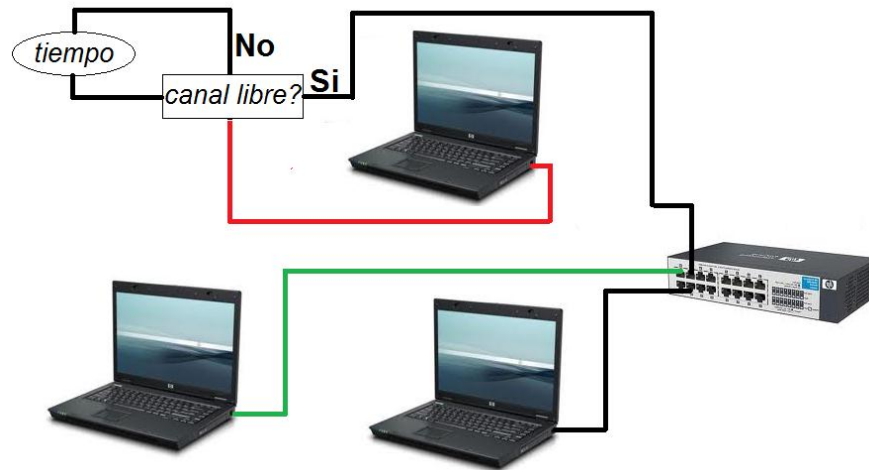


Fuente: "Lan characteristics". [Massachusetts, USA: En línea]. [Consultado 12 de enero del 2012].  
Disponible desde internet: <<http://flylib.com/books/en/2.566.1.40/1/>>

- Métodos aleatorios: también conocidos como técnicas de contienda, son métodos donde no existe prioridad por alguno de los dispositivos pertenecientes a la red, donde cada dispositivo controla su comunicación,

pudiendo iniciar una transmisión de información sin tener que esperar a que otra estación le conceda permiso pero respetando en todo momento cualquier otra transmisión en curso, este comportamiento aleatorio respecto al turno de transmisión puede causar retardos en la recepción de los paquetes en situaciones de alto tráfico de datos. El método CSMA/CA (carrier sense multiple Access with collision avoidance) hace parte de este grupo ampliamente usado en topologías lógicas tipo bus y es el método empleado por la red Ethernet.

Figura 10. Método de acceso al medio CSMA/CD



Fuente: "Comunicaciones industriales", Guerrero Vicente, Yuste Ramón, Martínez Luis. Alfaomega, México 2010. 48p

El método de acceso al medio a usar es una de las tantas características definidas por la subcapa MAC (media Access control) la cual hace parte fundamental de la capa de enlace de datos de un protocolo tal como se describe posteriormente en el documento.

### **2.2.3 Protocolos de comunicación.**

**2.2.3.1 Generalidades.** Un protocolo de comunicación se define como un conjunto de reglas que gobiernan el intercambio de información o mensajes entre dos o más dispositivos acoplados por medio de una red, estas reglas abarcan todos los aspectos que se puedan involucrar desde el hardware hasta el software que se requieren para una comunicación exitosa. Para cada tipo de aplicación interoperable, debe haber un mensaje de solicitud definido bajo los parámetros del protocolo el cual le brinda una sintaxis o el método de organizarlos y una semántica o el significado de los datos. Las reglas que gobiernan los componentes de un protocolo cubren una vasta multitud de temas que deben ser acordados, entre los cuales están:

- Temas físicos, tales como el tipo de cable, conectores, señales eléctricas u ópticas.
- El tipo de direccionamiento que únicamente identifica cada máquina dentro de la red.
- Chequeo de errores de varios tipos
- Datos de seguridad
- Datos de compresión
- Reglas relacionadas con la interconexión de múltiples redes físicas y muchas más.

**2.2.3.2 Modelo OSI / ISO.** Afortunadamente, desde el inicio y expansión de la interconexión de redes los problemas de transporte de datos se abordaron de forma casi inmediata y han recibido una atención oportuna por parte de los expertos.

Figura 11. Pila del Modelo OSI



Fuente: "Pila OSI". [En línea]. USA. [Consultado 13 de Febrero del 2011]. Disponible desde internet: <es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Pila-osi-es.svg>

Un resultado es el modelo de referencia básica del sistema abierto de interconexión (OSI), desarrollado por la organización internacional para la estandarización (ISO) en 1984 y publicada como el estándar ISO 7498, dentro del mencionado estándar se pueden identificar siete capas justo como se puede apreciar en la figura 4 dentro de las cuales todos los asuntos de comunicación de datos quedan organizados.

El modelo de referencia básica (BRM) aunque es un modelo netamente teórico proporciona un marco conceptual que los diseñadores del protocolo pueden utilizar para la aplicación de tecnologías de la comunicación. El conjunto resultante de los protocolos se denomina "pila de protocolos" porque los protocolos están jerárquicamente dispuestos, uno sobre otro. Las capas también pueden ser útiles para ayudar a centrar la discusión de la comunicación diversos conceptos. Cada una de las siete capas puede ser descrita de la siguiente forma:

- Capa física. Es la que se encarga de las conexiones físicas de la computadora hacia la red, tanto en lo que se refiere al medio físico como a la forma en la que se transmite la información.
- Capa de enlace de datos. Esta capa se ocupa del direccionamiento físico, de la topología de la red, del acceso al medio, de la detección de errores, de la distribución ordenada de tramas y del control del flujo.
- Capa de red. Permite que los datos lleguen desde el origen al destino, aun cuando ambos no estén conectados directamente. Los dispositivos que facilitan tal tarea se denominan routers.
- Capa de transporte. Capa encargada de efectuar el transporte de los datos (que se encuentran dentro del paquete) de la máquina origen a la de destino, independizándolo del tipo de red física que se esté utilizando.
- Capa de sesión. Esta capa es la que se encarga de mantener y controlar el enlace establecido entre dos computadores que están transmitiendo datos de cualquier índole.
- Capa de presentación. El objetivo es encargarse de la representación de la información, de manera que aunque distintos equipos puedan tener diferentes representaciones internas de caracteres los datos lleguen de manera reconocible, podría decirse que esta capa actúa como un traductor.
- Capa de aplicación. Ofrece a las aplicaciones la posibilidad de acceder a los servicios de las demás capas y define los protocolos que utilizan las aplicaciones para intercambiar datos, como correo electrónico, gestores de bases de datos y servidores de ficheros (FTP).

## **2.3 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN USADOS EN AUTOMATIZACION.**

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

**2.3.1 X-10.** Es uno de los protocolos más antiguos que se están usando en aplicaciones de control inteligente. Fue diseñado en Escocia entre los años 1976 y 1978 con el objetivo de transmitir datos por las líneas de baja tensión a muy baja velocidad (60 bps en EEUU y 50 bps en Europa) y costos muy bajos. Al usar las líneas eléctricas de la vivienda o edificio, no es necesario tender nuevos cables para conectar dispositivos. El protocolo X-10, en sí, no es propietario, es decir, cualquier fabricante puede producir dispositivos X-10 y ofrecerlos en su catálogo, eso sí, está obligado a usar los circuitos del fabricante escocés que diseñó esta tecnología.

**2.3.2 LonTalk.** Pertenece a la plataforma Lonworks, fue creado por la compañía Echelon en el año 1992. Desde entonces multitud de empresas viene usando esta tecnología para implementar redes de control distribuidas y automatización. Aunque está diseñada para cubrir los requisitos de la mayoría de las aplicaciones de control, sólo ha tenido éxito de implementación en edificios de oficinas, hoteles o industrias.

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

Según Echelon, su arquitectura es un sistema abierto a cualquier fabricante que quiera usar esta tecnología sin depender de sistemas propietarios, que permite reducir los costos y aumentar la flexibilidad de la aplicación de control distribuida. Aunque Echelon usa el concepto de "sistema abierto", realmente no es una tecnología que pueda implementarse si no es con un circuito integrado registrado por Echelon.

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

**2.3.4 BACnet.** El BACnet es un protocolo norteamericano para la automatización de edificios y redes de control que fue desarrollado bajo el patrocinio de una asociación norteamericana de fabricantes e instaladores de equipos de calefacción y aire acondicionado, más adelante se muestra detalladamente la estructura de este protocolo.

**2.3.5 TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol).** Proviene de los nombres de dos protocolos importantes del conjunto de protocolos, es decir, del protocolo TCP y del protocolo IP. TCP/IP más que un protocolo es un conjunto

de protocolos que definen una serie de reglas y primitivas que permiten a máquinas con distintas características intercambiar información mediante el uso de redes área local (LANs), redes de área extensa (WAN), redes públicas de telefonía, etc. Por ejemplo, Internet en sí mismo está construido sobre el protocolo TCP/IP. Al contrario de la arquitectura de 7 niveles especificada en el modelo OSI, con TCP/IP bastan cinco niveles, estos son de forma muy resumida: Nivel físico, Nivel de enlace, Nivel de red (IP), Nivel de transporte, Nivel de aplicación.

## **2.4 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN BACNET**

Durante los últimos años los fabricantes de dispositivos eléctricos y mecánicos que son instalados en edificios, instalaciones y/o infraestructuras (tales como sistemas de Iluminación, Calefacción, Ventilación, Climatización, Antiincendios, Video, Megafonía, Circuitos Cerrados de TV, Accesos, Suministros de Energía (Electricidad, Agua, Luz etc.) han intentado ofrecer al mercado la posibilidad de que dichos dispositivos fueran accesibles e integrables a sistemas de visualización y control, esta accesibilidad se puede conseguir si estos dispositivos incorporan la opción de ser comunicados a través de un protocolo que se ha convertido en un estándar de facto dentro de la automatización de edificios. Este protocolo es BACNet (Building Automation and Control Networks).

### **2.4.1 Generalidades**

**2.4.1.1 Definición.** BACnet es un protocolo de comunicación de datos para redes de control y automatización de edificios. Un protocolo de comunicación de datos es una serie de reglas estandarizadas que permiten enviar estos datos a una red de computadores. BACnet acerca el mundo de la automatización al mundo del PC. Así como el protocolo TCP/IP permite enviar datos entre dos PC, BACnet permite enviar datos entre controladores y PC's, además de esto BACnet se ha desarrollado pensando en el tipo de información que se requiere obtener de los

dispositivos de control ya sea el valor de una temperatura, fases de un fan coil, alarma de una válvula, etc.

**2.4.1.2 Antecedentes.** Este protocolo surgió debido a la necesidad de crear un estándar que permitiera la comunicación de sistemas de control de diferentes vendedores. Dicha necesidad apareció en la década de 1980 cuando los sistemas de control digital directo (DDC) basados en microprocesadores comenzaron a popularizarse, ante la imposibilidad de reunir bajo un mismo sitio sistemas de control de distintos vendedores lo que ocasionaba grandes costos y en algunas ocasiones pérdida de materiales y equipos. En vista de estas situaciones, en Enero de 1987 ASHRAE inició el desarrollo de un protocolo industrial estándar para la comunicación de los sistemas de control en edificios con la creación del comité 135 que se encargó de esta tarea. En Agosto de 1991 se presentó al público la primera versión del protocolo, en Marzo de 1994 salió la segunda versión, y finalmente en Junio de 1995 la tercera versión fue aprobada como estándar de ASHRAE y en Noviembre de ese año fue aprobado como un estándar de la ANSI.

**2.4.1.3 Ventajas del protocolo.** Dentro de los beneficios que trae consigo este protocolo es el de usarse en distintos tipos de red LAN y WAN para transmitir la información, cualquier tipo de conexión de Ethernet y TCP/IP está disponible y por esto en la actualidad es pionero en las comunicaciones de datos en sistemas de control.

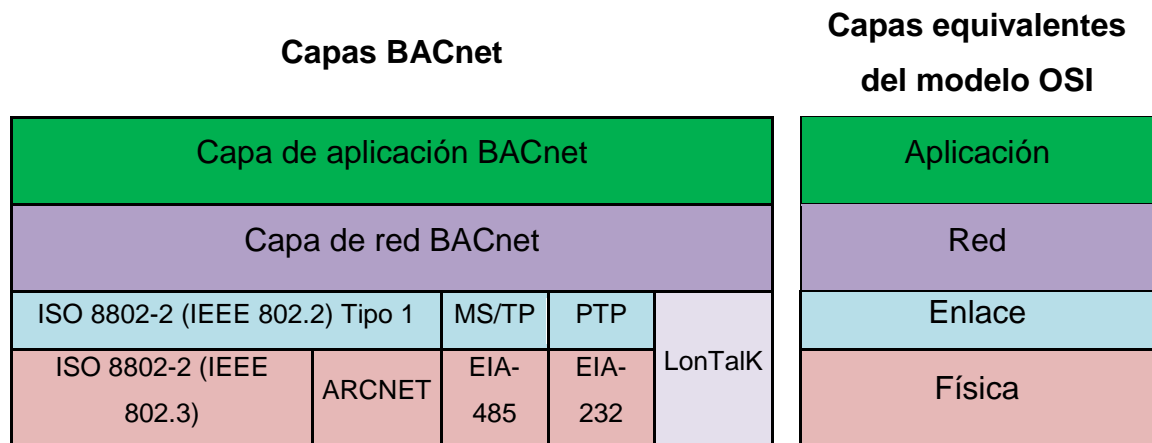
Sin duda alguna la ventaja principal de BACnet es que no está asociado a ningún fabricante ni hardware particular por lo que no se queda atado a alguna compañía en particular, a los productos que esta ofrezca, ni a los costos que quiera imponer. BACNet es simplemente un protocolo que puede ser implementado en cualquier tipo de hardware, este hecho elimina las tarifas de uso que tienen otros sistemas y

permite que sea el medio elegido el que determine la velocidad de comunicación del sistema.

El protocolo BACnet ha sufrido una serie de cambios y mejoras a través del tiempo sin que esto afecte la conectividad entre equipos con diferentes versiones del protocolo, esto gracias a su filosofía orientada a objetos que simplemente agrega los nuevos objetos y propiedades a las ya existentes sin modificar la base.

**2.4.2 Arquitectura del protocolo.** El protocolo de comunicación BACnet fue creado usando como guía el modelo de referencia OSI, y en base a este posee una arquitectura colapsada en el que solo participan cuatro de las capas enunciadas anteriormente tal como se aprecia en la siguiente gráfica:

Figura 12. Arquitectura colapsada del modelo OSI



Fuente: "Implementación de un sensor inteligente de temperatura soportado sobre el protocolo BACnet". [En línea]. Bogotá, Colombia. [Consultado 10 de Febreto del 2011]. Disponible desde internet:<[http://www.iberchip.net/iberchip2004/articles/60-1-IJARAMILLOJ\\_BACNEPAPER\\_FINAL.PDF](http://www.iberchip.net/iberchip2004/articles/60-1-IJARAMILLOJ_BACNEPAPER_FINAL.PDF)>

Como se puede apreciar las capas superiores del protocolo (red y de aplicación) brindan una interfaz uniforme a las múltiples opciones planteadas tanto en la capa de enlace como en la capa física, la idea principal al brindar estas múltiples

opciones no fue otra que ofrecer un rango tanto en precio como desempeño permitiendo al diseñador del sistema optimizar la arquitectura e implementar la que mejor se adapte al sistema.

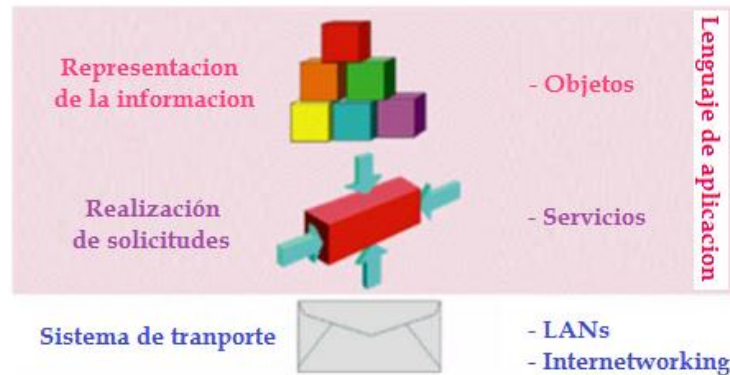
**2.4.2.1 Capa de aplicación del protocolo BACnet.** La capa de aplicación de BACnet consiste en realidad, de la capa de aplicación más algunas funcionalidades de las capas de presentación y transporte del modelo OSI. La clave para la comprensión de esta capa es pensar en dos elementos que aunque separados guardan una relación muy cercana, el primer elemento contiene información relacionada a un dispositivo y el segundo elementos es un grupo de funciones o servicios usados para intercambiar esta información.

El diseño y la configuración interna de los dispositivos BACnet son propietarios de cada fabricante, pero BACnet supera este obstáculo definiendo una estructura de datos abstracta llamada objeto, los detalles referidos a esta información son denominados propiedades, los objetos BACnet son un excelente medio para identificar y acceder a información sin necesidad de entrar en detalles internos de configuración. Un objeto puede representar puntos físicos o conceptos no físicos como programas, horarios y datos históricos. El protocolo BACnet define 18 objetos básicos, El software de comunicación en un dispositivo puede interpretar ciertas solicitudes de información llamadas servicios y así entregar la información requerida oportunamente, los 35 servicios básicos son agrupados en seis clases tan cómo se describe a continuación:

- Alarma y evento
- Acceso de objeto
- Terminal virtual
- Acceso de archivos
- Seguridad
- Manejo de dispositivos remotos

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

Figura 13. Áreas de interoperabilidad

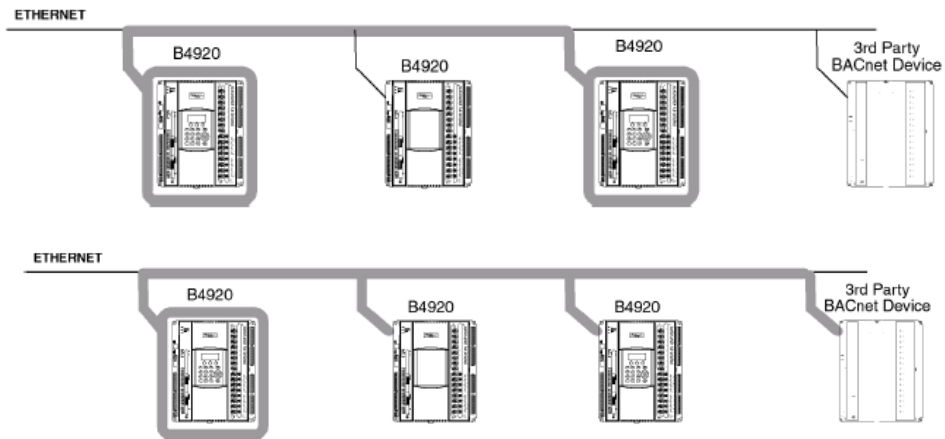


Fuente: "How BACnet is changing building automation networking". [En línea]. pittsburgh, USA. [Consultado 20 de Febreto del 2011]. Disponible desde internet:<<http://www.ccontrols.com/pdf/Extv8n2.pdf>>

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

Así mismo BACnet puede usar las redes IP para enviar y recibir mensajes, existen dos tipos de mensajes para la comunicación: UNICAST y BROADCAST. UNICAST mensajes de un controlador a otro y BROADCAST de un controlador a todos los controladores en la red, estos dos tipos de mensajes se pueden observar en la siguiente gráfica.

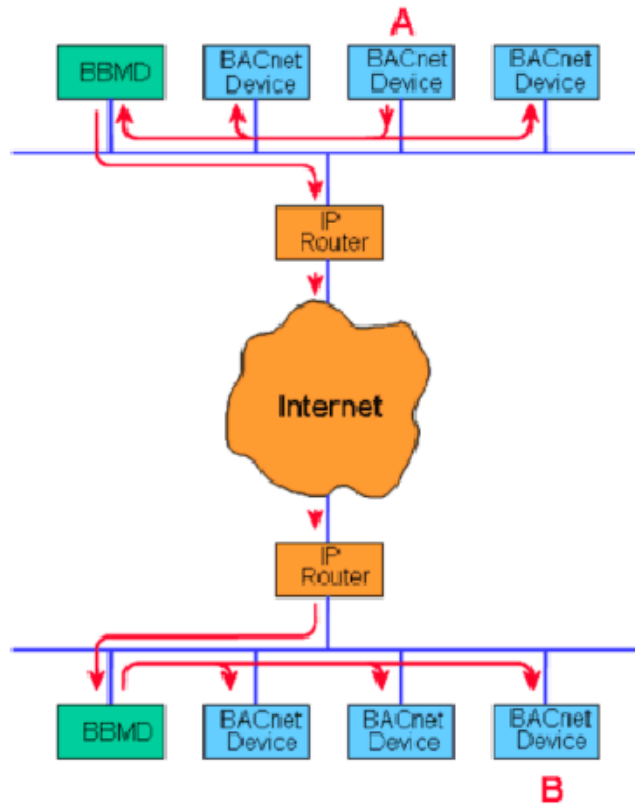
Figura 14. Mensajes de Comunicación en BACnet.



Fuente: "b3 and b4920 Controller technical reference". [Massachusetts, USA: En línea]. [Consultado 20 de abril del 2011]. Disponible desde internet <[http://62.29.172.250/Continuum/BACnet/b3\\_b4920\\_instr\\_EN.pdf](http://62.29.172.250/Continuum/BACnet/b3_b4920_instr_EN.pdf) >

Dado que los controladores de red usan broadcast como método predeterminado si existen enrutadores IP dentro de la red a usar pueden aparecer problema ya que los enrutadores bloquean este tipo de mensajes, es por eso que se requiere un manejo especial para estos casos, los dispositivos BBMD (BACnet broadcast management device) permiten organizar los mensajes a entregar en un envío tipo Unicast que no es bloqueado y que al llegar al otro extremo de la red es decodificado y entregado a cada uno de los dispositivos correspondientes tal como se aprecia en la siguiente figura:

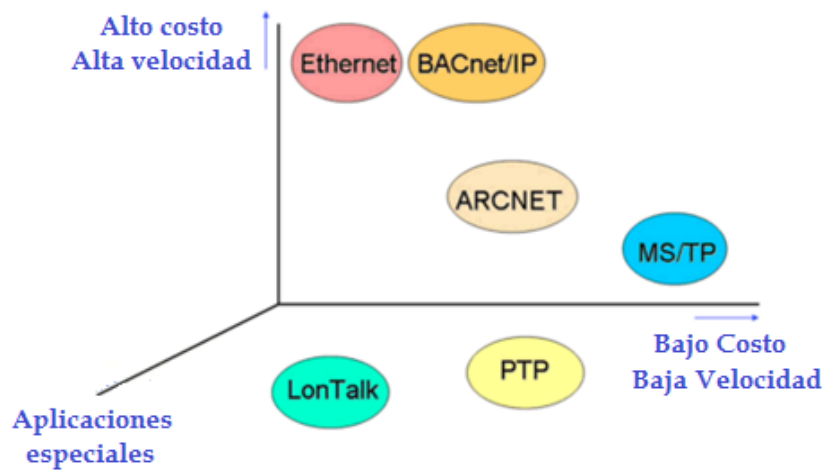
Figura 15. Dispositivos BBDM



Fuente: "How BACnet is changing building automation networking". [En línea]. pittsburgh, USA. [Consultado 11 de Febreto del 2011]. Disponible desde internet:<  
<http://www.ccontrols.com/pdf/Extv8n2.pdf>>

**2.4.2.3 Capas de enlace de datos e interfaz física del protocolo BACnet.** Tal como se ha mencionado el protocolo BACnet exhibe gran flexibilidad en este aspecto, muchas de las soluciones que implementan BACnet usan la típica jerarquía encontrada en los sistemas de automatización de edificios debido a que dos o más buses se implementan de manera simultánea. A continuación se muestra una figura que resume todas las posibilidades a usar así como algunas de sus características:

Figura 16. Opciones de transporte de datos.



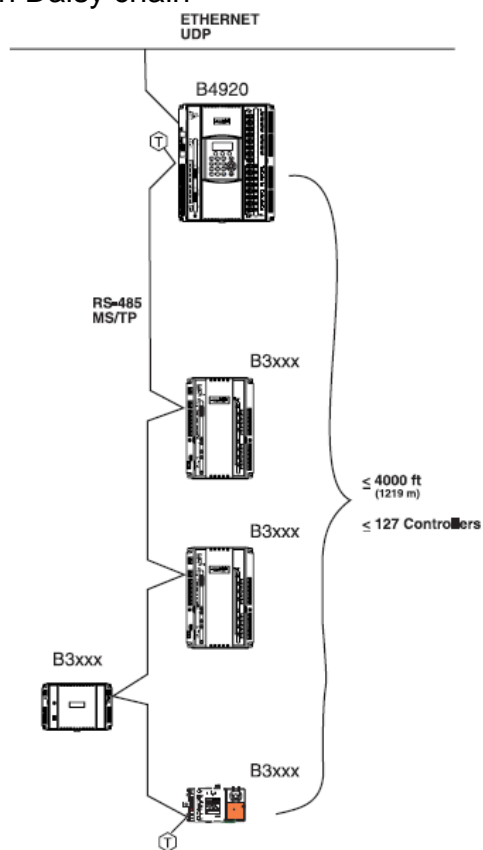
Fuente: "How BACnet is changing building automation networking". [En línea]. pittsburgh, USA. [Consultado 20 de Febreto del 2011]. Disponible desde internet:<  
<http://www.ccontrols.com/pdf/Extv8n2.pdf>>

La opción de mayor desempeño es el estándar ISO 802-3 también conocido como Ethernet, puede alcanzar velocidades de hasta 10 Mbit/s y por esa razón es generalmente implementada para el nivel superior en la jerarquía de red, Ethernet usa una topología física de estrella y una topología lógica de bus, además utiliza CSMA/CD como control de acceso al medio. El estándar define varias opciones de cableado, desde el estándar original 10BASE5 que usaba un cable coaxial hasta estándares como el 10BAS-T que implementan el uso de par trenzado no apantallado (UTP) y una interfaz física de conexión tipo RJ-45.

La segunda alternativa, Arcnet fue desarrollado por Data point corporation. Arcnet es una alternativa de bajo y su velocidad tope es de 2.5 Mbit/s, así mismo utiliza una topología lógica de anillo y por tanto un método de acceso acorde como el de token ring, la topología física es en forma de estrella. El cable que usa suele ser coaxial aunque también se usa el par trenzado, como interfaz de conexión él conector BNC giratorio es el recomendado.

La tercera opción se basa en el estándar físico EIA-485 (Electronic industries association) también conocido como RS-485, este es uno de los estándares con mayor presencia en la automatización de edificios, físicamente es un cable par trenzado apantallado (para proteger la red de interferencias electromagnéticas), con las siguientes características: calibre 22-24 AWG, con impedancia nominal de 100-120 entre otras. La topología física usada es Daisy chain tal como se aprecia en la siguiente figura:

Figura 17. Configuración Daisy chain



Fuente: "b3 and b4920 Controller technical reference". [En línea]. Massachusetts, USA. [Consultado 20 de abril del 2011]. Disponible desde internet: <[http://62.29.172.250/Continuum/BACnet/b3\\_b4920\\_instr\\_EN.pdf](http://62.29.172.250/Continuum/BACnet/b3_b4920_instr_EN.pdf)>

Dado que este estándar no define ninguna configuración para el enlace de datos el protocolo BACnet creó MS/TP (master-slave/token passing). Esta opción se

define como la de menor costo pero dado que la velocidad de datos no es la más alta es usada en los niveles inferiores de la jerarquía típica en los sistemas de automatización de edificios. La red MS/TP posee uno o más nodos maestros que son conectados en una topología lógica de anillo usando token passing, así mismo la red puede tener nodos esclavos que no transmiten información a menos de que esta sea requerida por un nodo maestro, la red puede contener hasta 127 dispositivos,

Otra de las opciones para la conexión de área local es el uso de LonTalk que es un protocolo de siete capas propiedad de Echelon Corporation, este protocolo no prescribe ningún medio físico de transporte pero cada nodo si cuenta con un Neuron Chip, el Neuron Chip proporciona un puerto específico de cinco pines que puede ser configurado para actuar como interface de diversos transceivers de línea y funcionar a diferentes velocidades binarias, BACnet no interactúa directamente con este protocolo solo usa las capas de enlace de datos y medio físico presente para establecer la comunicación entre los dispositivos.

La última opción para el enlace de datos y capa física en BACnet es el PTP (point to point). Este utiliza una interfaz física full dúplex EIA-232. Una aplicación típica sería la de conectar a un módem de acceso telefónico a un sistema de automatización de edificios a distancia. PTP define como la comunicación BACnet se inicia, mantiene y termina una vez que una conexión física se ha establecido.

## **2.5 SISTEMAS DE CONTROL DIGITAL DIRECTO (DDC).**

El termino DDC (Digital direct control) es frecuentemente encontrado en las especificaciones de los sistemas de automatización en edificios. Una primera aproximación del control digital directo puede ser extraída de los autores Levenhagen y Spethmann quienes lo definen como “el uso de los computadores o microprocesadores en conjunto con los sensores y los actuadores para proveer un control de lazo cerrado”. La innegable evolución de los sistemas de

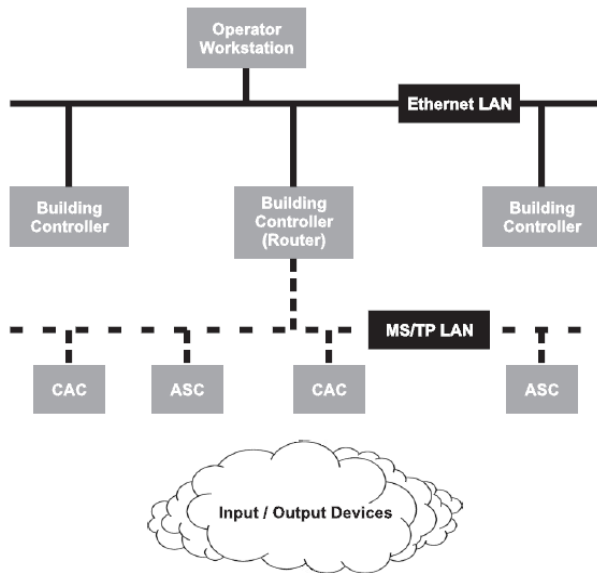
automatización en edificios ha provocado que asociaciones como la ASHRAE especifiquen lineamientos o directrices que faciliten la estandarización e instalación de los nuevos sistemas de control, el lineamiento (guideline) 13 del año 2000 de la ASHRAE es un claro ejemplo y su contenido se expone a continuación.

**2.5.1 Lineamiento ASHRAE 13-2000.** En este lineamiento Titulado “especificando los sistemas de control digital directo (DDC)”, la ASHRAE establece una definición de DDC ligeramente diferente a la típicamente conocida tal como se lee a continuación “Un sistema DDC está compuesto por una combinación de hardware y software los cuales conforman una arquitectura que permite una completa integración de los sistemas HVAC en edificios, con la posibilidad de incluir el control de iluminación, seguridad y sistemas contraincendios en los mismos. Los sistemas DDC pueden de forma continua y automática monitorear y mantener la temperatura ambiente deseada, la presión estática, la humedad relativa y la calidad del aire interior en un recinto en particular.”

La ASHRAE se refiere a este modelo como un sistema de control distribuido el cual supervisa las acciones de diferentes sistemas de control HVAC, los cuales procesan los datos cerca a la ubicación de sus entradas y salidas controladas. A decir verdad, los sistemas DDC no pueden ser solo HVAC, cabe la posibilidad de tener subsistemas de iluminación, seguridad y contraincendios.

**2.5.1.1 Componentes en los sistemas DDC.** Los sistemas DDC son definidos por la ASHRAE como sistemas de control distribuido con diversos componentes, tal como lo muestra la siguiente figura.

Figura 18. Componentes del control distribuido



+ COMPONENTES DEL CONTROL DISTRIBUIDO

[BC] Controlador de edificios.

[CAC] Controlador de aplicaciones personalizadas.

[ASC] Controlador de aplicaciones específicas.

+ OTROS DISPOSITIVOS DE COMUNICACION

[OWS] Interfaz con el operador.

[I/O] Dispositivos de entrada y salida.

Fuente: "Specifying a Direct Digital Control (DDC) System" [En Línea]. Pittsburgh, USA, [consultado 20 de Abril de 2011]. Disponible en Internet: <<http://www.ccontrols.com/pdf/Extv8n3.pdf>>

Aunque en la figura anterior se muestra "Ethernet", el nivel más alto de red generalmente es ocupado por "Ethernet TCP/IP", este nivel es llamado "nivel supervisión"; las primeras versiones de BACnet solo soportaban la tecnología de red local Ethernet pero no la familia de protocolos TCP/IP, con el paso del tiempo y las mejoras implementadas la versión actual de BACnet soporta dichos protocolos.

En el nivel de supervisión la red interconecta los controladores de edificios permitiendo la coordinación de los subsistemas de control y la adquisición de datos desde cualquier sensor acoplado, las estaciones de trabajo del operador o Workstations residen en este nivel. Los controladores de edificios pueden tener una red de bajo nivel adjunta la cual puede ser llamada red de controladores de zona o "nivel de control". Estas redes de control de bajo nivel utilizan protocolos de comunicación abiertos tales como MS/TP de BACnet y LON, semi abiertos como N2 de Johnson Controls o cerrados donde el proveedor suministra un protocolo de comunicación propietario. Si se implementa la solución BACnet en ambos niveles

(nivel de supervisión y nivel de control) se hace necesario un ROUTER para transmitir datos entre los dos niveles, debido a que se trata de dos redes que emplean el mismo protocolo.

La figura 18 muestra un router interno como parte del controlador de edificios, aunque un router externo es también posible; si el nivel de supervisión y el nivel control no usan el mismo protocolo un Gateway debería ser usado en lugar el router. Los routers y gateways pueden estar embebidos en los controladores de edificios o simplemente ser elementos de comunicación independientes. En la misma figura ya referenciada se puede apreciar en la varios controladores tanto de aplicaciones personalizadas (CAC) como de aplicaciones específicas (ASC) todos compartiendo una única red de control, en este caso una red MS/TP. Este no siempre es el caso, pueden presentarse diversas redes de control separadas cada una conectada a controladores de edificios individuales, incluso la red de control puede que no sea MS/TP.

Un último componente por mencionar son los dispositivos de entrada y salida (I/O) que pueden acoplarse en cualquier lugar dentro la red, al conectarse a cualquier controlador (BC, CAC o ASC). Se puede eliminar la red de control al poner todos los controladores y dispositivos de salida y entrada en la red Ethernet. Actualmente esta opción se ve limitada por cuestiones económicas y de seguridad.

**2.5.1.1.1 Controlador de edificios (BC).** Es un dispositivo clave para que todo funcione, tiene diferentes características:

- Funciona como un controlador programable de propósito general.
- Puede o no tener módulos de entrada y salida.
- Puede ser conectado a la red de control conformada por controladores de aplicación personalizada o controladores de aplicación específica.

- Reside en el nivel de supervisión al igual que las workstations.
- Coordina las actividades de otros controladores residentes en la red de supervisión haciendo uso de objetos como calendarios, procesamiento de alarmas y tendencias.

No es común encontrar un controlador lógico programable (PLC) en automatización de edificios aunque su función es similar a la de un controlador DDC. Un controlador de edificios proveer gráficos al operador, debe ser programable, debe implementar lazos de control, reportar alarmas, programar operaciones y registrar tendencias de datos si es necesario.

**2.5.1.1.2 Controlador de aplicaciones personalizadas (CAC).** El lineamiento de la ASHRAE introduce otro tipo de controlador con diferentes características respecto al controlador de edificios, este usualmente viene instalado en el equipo mecánico (Unidades manejadoras y de ventilación, compresores, etc.). Sus características son las siguientes:

- Son dispositivos que controlan piezas específicas de un equipo complejo, tales como una unidad manejadora de aire (AHU) o una torre de enfriamiento.
- Usualmente son diseñados por la empresa manufacturera del equipo mecánico que controla, puede ser programado usando un lenguaje propietario de la empresa vendedora.
- Normalmente reside en la red de control pero algunas veces puede ser anexado a la red de supervisión.
- Aunque puede funcionar de forma autónoma en el equipo que controla, usualmente recibe órdenes de controlador de edificios.

Los controladores CAC no necesariamente utilizan un protocolo abierto, por tal razón se hace necesario el uso de un Gateway para conectarlo con el controlador

de edificios. Este controlador está diseñado con el fin de controlar un subsistema y no el edificio completo.

**2.5.1.1.3 Controlador de aplicaciones específicas (ASC).** Inicialmente se puede pensar que es el mismo controlador CAC, pero su rango de acción está más restringido como se enuncia a continuación:

- Es un dispositivo que controla un equipo sencillo tal como una caja VAV, un chiller, una unidad rooftop (RTU) o una bomba de calor.
- El controlador posee un algoritmo de control pre-programado que solo puede ser configurado normalmente en el sitio de trabajo.
- Son más económicos pero menos flexibles que los controladores CAC.

**2.5.1.2 Otros dispositivos de comunicación.** Además de los controladores existen otros equipos para hacer posible la comunicación entre redes, esta es una categoría general para dispositivos que no son controladores ni dispositivos de entrada y salida. Los dispositivos más comunes en esta categoría son Gateways y routers aunque otros dispositivos de comunicación como los switches de Ethernet pueden ser incluidos.

**2.5.1.2.1 Dispositivos de entrada y salida.** No puede haber un sistema de control sin dispositivos de entrada y salida. Los dispositivos DDC deben ser capaces de convertir mediciones físicas en datos con suficiente resolución y precisión para así tomar decisiones de control confiables. De igual forma los dispositivos DDC deben proveer datos de salida precisos para llevar a cabo el control requerido. Dentro de las funciones de los dispositivos I/O están:

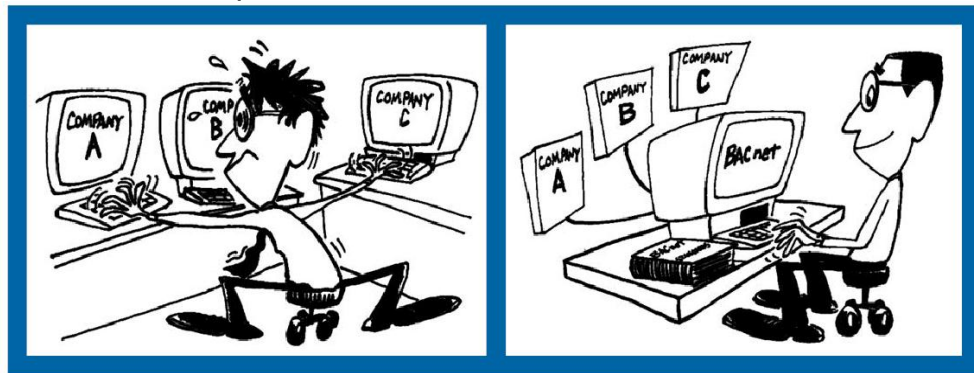
- Capturar datos de temperatura, presión, Humedad, flujo de agua y de aire, estado de equipos, datos útiles de medición y alarmas por medio de sensores.

- Permitir el arranque y parada de un equipo, modulación de dampers. Válvulas, bombas y ventiladores por medio de los dispositivos de salida.

El lineamiento agrupa todos los dispositivos de entrada y salida en una categoría llamada “Dispositivos de campo”, estos deben ser conectados a varios controladores ya sea como entradas y salidas locales (a través del bus propietario) o a través de la red de control o de la red de supervisión.

**2.5.1.2 Interfaz del operador.** Cuando el lineamiento menciona el término “Single Seat”, esto significa que es posible ver todos los equipos desde una única interfaz de operador. Con diferentes sistemas propietarios en el edificio, esto no es siempre posible. La meta para BACnet fue corregir esta deficiencia puesto que los operadores querían ver todos los procesos desde una misma interfaz de usuario en la red.

Figura 19. Interfaz de operador sin BACnet Y con BACnet



Fuente: Tom, S. T., November 2011. "BACnet Operator Workstations" "BACnet Today" Supplement to ASHRAE Journal. Vol. 53, No. 11, p. B6-11.

Es posible instalar varias workstations especializadas dentro de la misma red en el caso de requerirse, sin embargo esta práctica actualmente no es muy usada debido al surgimiento del “web browser”, pues un simple computador personal que pueda ejecutar un navegador web estándar y acceder a la red de supervisión del

edificio se convierte en una Workstation y por tanto se puede ver cualquier proceso en cualquier lugar.

## 2.6 SUBSISTEMAS EN UN SISTEMA DE AUTOMATIZACION DE EDIFICIOS

Un sistema de automatización de edificios básicamente está conformado por tres subsistemas: HVAC, Iluminación y Seguridad.

Figura 20. Subsistemas en un BAS.



Fuente: "Specifying a Direct Digital Control (DDC) System" [En Línea]. Pittsburgh, USA. [Consultado 20 de Abril de 2011]. Disponible en Internet: <<http://www.ccontrols.com/pdf/Extv8n3.pdf>>

**2.6.1 HVAC.** En Calefacción, ventilación y aire acondicionado por sus siglas en ingles se refiere a la tecnología que permite obtener confort térmico en un ambiente cerrado. Los sistemas de aire acondicionado, que este caso es lo que

interesa, están destinados a proporcionar durante todo el año, el confort térmico y la calidad del aire interior para la vida de las personas o el mejoramiento de los diferentes procesos industriales. Como mínimo, las instalaciones deben efectuar los siguientes procesos básicos:

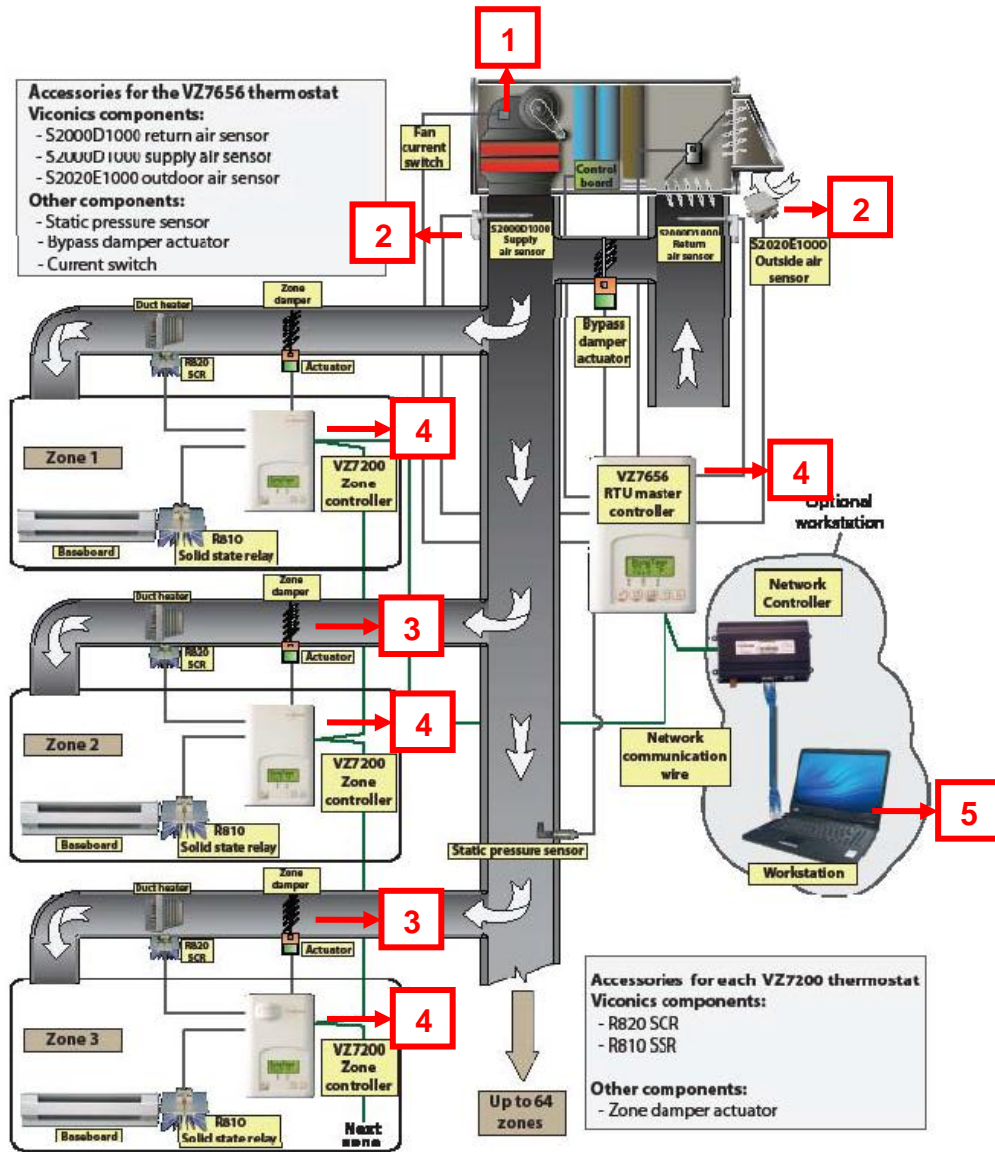
- Control de temperatura y humedad
- Ventilación y calidad del aire interior
- Filtrado
- Circulación

Los sistemas HVAC pueden consumir hasta el 50% de la energía total utilizada en un edificio, por consiguiente minimizar la cantidad de energía usada y de igual manera maximizar la eficiencia de este tipo de sistemas es extremadamente importante y entre otras cosas no es una tarea fácil de llevar a cabo, sin embargo diferentes compañías ofrecen una amplia gama de productos que permiten ya sea instalar o actualizar un sistema HVAC con el cual se tenga la posibilidad de administrar y controlar el uso de la energía de una mejor forma.

En sistemas de automatización de edificios se cuenta con una serie de dispositivos que permiten llevar a cabo el control en un determinado recinto en cuanto a HVAC respecta, entre ellos están: sensores, actuadores, válvulas, dampers, termostatos y controladores. La combinación de los diferentes dispositivos anteriormente mencionados permite llevar a cabo la automatización del subsistema HVAC, esto basado en una arquitectura con dos componentes principales: controladores de zona y controladores de red, a su vez el sistema puede ser complementado por una estación de trabajo (Workstation).

A continuación se muestra una arquitectura de red para un sistema conformado por varias zonas.

Figura 21. HVAC en un sistema de automatización de edificios.



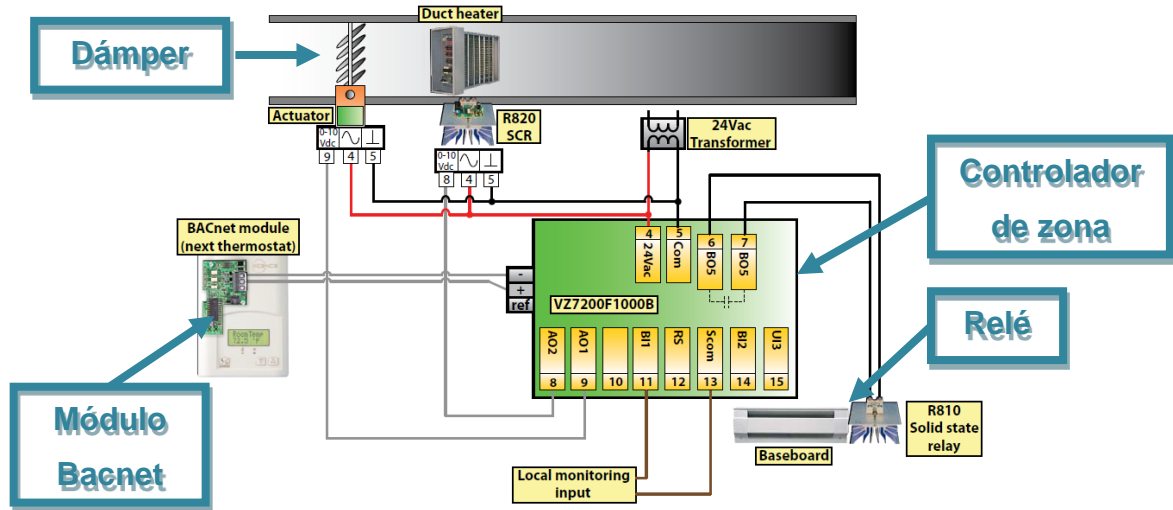
Fuente: "Viconics Electronics 2010 Product Catalog". [En línea], Quebec, Canadá. [Consultado 03 de Enero del 2012]. Disponible desde internet <[http://www.viconics.com/pdf\\_files/viconics\\_2010\\_%20product\\_catalog.pdf](http://www.viconics.com/pdf_files/viconics_2010_%20product_catalog.pdf)>

Se observa claramente los diferentes dispositivos presentes en el subsistema HVAC en un BAS:

- Switches (1): elementos accionados por el controlador maestro para activar o desactivar el FAN del sistema de aire acondicionado.
- Sensores (2): de temperatura del aire exterior, del aire de retorno, de cada zona, sensores de presión estática en el ducto principal cuya función es la adquisición de datos para ser entregada al controlador maestro o de zona.
- Dampers (3): elementos que regulan el flujo de aire hacia cada una de las zonas y su posición depende de la señal enviada ya sea por el controlador de zona (esclavo) o maestro.
- Controladoras (4): unidades que llevan a cabo una lógica programada para llevar a cabo el control de la zona (controladoras esclavo) o que además de controlar una zona, recolectan señales para llevarlas a una Workstation (controladoras maestro).
- Workstation (5): elementos que permiten el monitoreo, control y supervisión del BAS.

En la siguiente figura se puede visualizar el diagrama de configuración de un controlador de zona sencillo para un subsistema HVAC, el cual se alimenta a 24VAC para controlar un rele y un damper basado en una adquisición de señal por medio de su entrada (pines 11 y 13) y una lógica programada previamente, además se esto se muestra la conexión de comunicación con el siguiente controlador (modulo BACnet).

Figura 22. Diagrama de configuración para un controlador de zona en un subsistema HVAC



Fuente: "Viconics Electronics 2010 Product Catalog". [En línea], Quebec, Canadá. [Consultado 03 de Enero del 2012]. Disponible desde internet <[http://www.viconics.com/pdf\\_files/viconics\\_2010\\_%20product\\_catalog.pdf](http://www.viconics.com/pdf_files/viconics_2010_%20product_catalog.pdf)>

Algunas compañías ofrecen una amplia gama de productos dependiendo de una u otra aplicación en particular (unidades de calefacción, unidades de ventilación en una planta o sistemas de aire acondicionado en oficinas). Para unidades de calefacción, Siemens ofrece: (1) varios tipos de controladores de zona (heating controllers), (2) controladores maestro (HVAC controllers), (5) sensores (humedad, temperatura, calidad del aire, presión) y (6) válvulas y actuadores (válvulas de globo, mariposa, bola, válvulas de expansión).

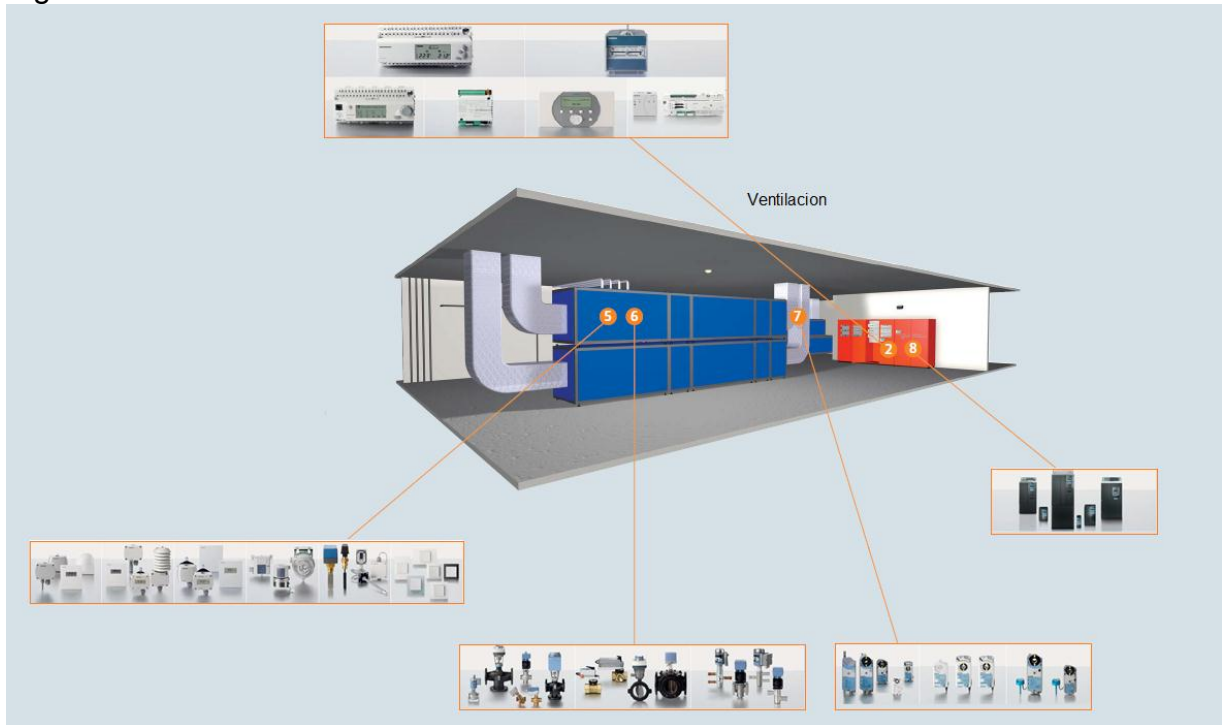
Figura 23. Elementos utilizados en una unidad de calentamiento en un BAS.



Fuente: "Partner brochure HVAC products". [En línea], Massachusetts, USA. [Consultado 04 de Enero del 2012]. Disponible desde internet <[https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/data/assets/hq/Products-for-building-technology\\_A6V10267926\\_hq-en.pdf](https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/data/assets/hq/Products-for-building-technology_A6V10267926_hq-en.pdf) >

Respecto a unidades de ventilación en plantas siemens ofrece: (5) sensores (humedad, temperatura, calidad del aire, presión), (6) válvulas y actuadores (válvulas de globo, mariposa, bola, válvulas de expansión), (7) actuadores tipo damper, (2) controladores (HVAC controllers) y (8) variadores de velocidad para una eficiente operación.

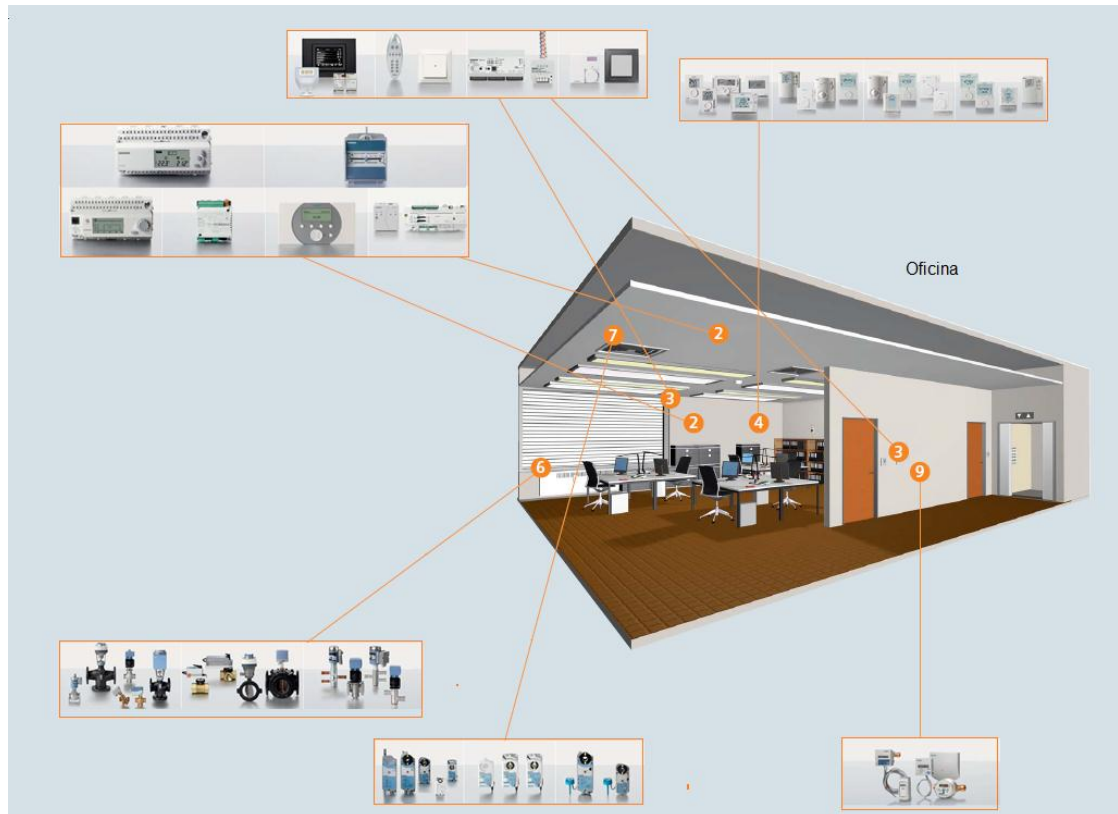
Figura 24. Elementos utilizados en una unidad de ventilación en un BAS.



Fuente: "Partner brochure HVAC products". [En línea], Massachusetts, USA. [Consultado 05 de Enero del 2012]. Disponible desde internet <[https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/data/assets/hq/Products-for-building-technology\\_A6V10267926\\_hq-en.pdf](https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/data/assets/hq/Products-for-building-technology_A6V10267926_hq-en.pdf)>

Finalmente si de HVAC en oficinas se trata se cuenta con: (6) válvulas y actuadores (válvulas de globo, mariposa, bola, válvulas de expansión), (7) actuadores tipo damper, (2) controladores (HVAC controllers), (4) termostatos para cada una de las salas y (9) medidores de calor para registrar la cantidad de energía y consumo de agua en calefacción.

Figura 25. Elementos utilizados en una unidad de aire acondicionado para oficinas.



Fuente: "Partner brochure HVAC products". [En línea], Massachusetts, USA. [Consultado 05 de Enero del 2012]. Disponible desde internet <[https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/data/assets/hq/Products-for-building-technology\\_A6V10267926\\_hq-en.pdf](https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/data/assets/hq/Products-for-building-technology_A6V10267926_hq-en.pdf)>

**2.6.2 Iluminación.** El gasto en iluminación en un edificio es después del gasto en climatización el más importante, miles de millones de dólares se destinan a este en el mundo, se puede afirmar que una correcta gestión de la energía destinada para este servicio podría representar ahorros superiores al 80%. La instalación de detectores de presencia es sin lugar a dudas la medida que repercute más positivamente en el ahorro energético y la que se puede amortizar con más rapidez. El control constante de iluminación tiene la ventaja de incrementar en gran medida el ahorro, no obstante su mayor coste de implementación provoca

que se tarde un mayor periodo de tiempo en amortizar en relación a la centralización del apagado y encendido.

Existen básicamente dos opciones para la regulación de la iluminación en un edificio la primera es un control de tipo ON-OFF y la segunda es un control del grado de oscurecimiento del recinto (Dimming Control), la combinación de estos dos modos de control permite lograr el nivel más alto de ahorro de energía en cuanto a iluminación respecta.

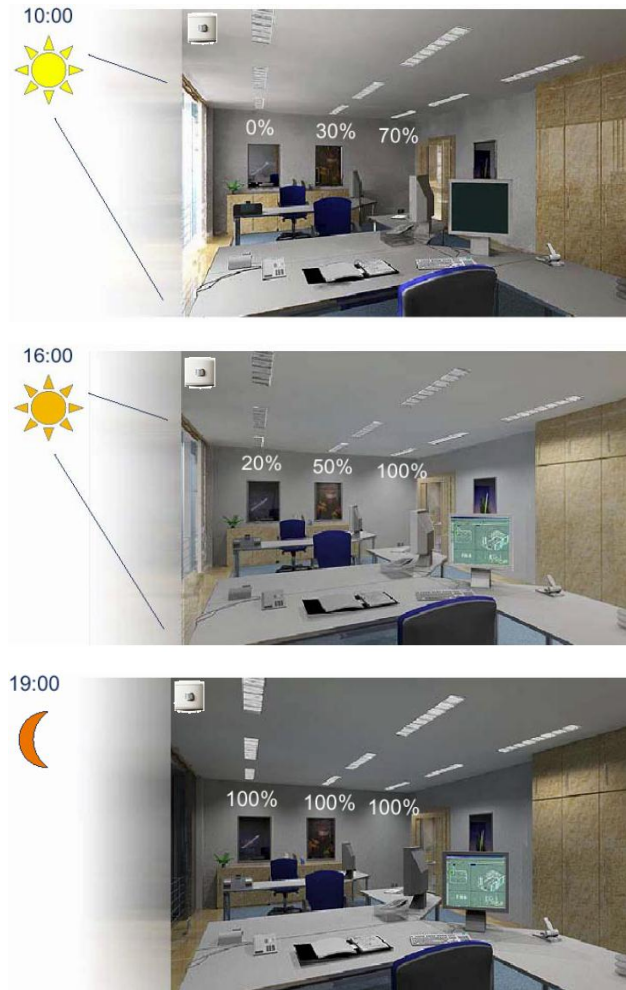
Figura 26. Control ON-OFF de la iluminación en un BAS.



Fuente: "Sistemas de gestión técnica de edificios en un entorno sostenible". [Valencia, España: En línea]. [Consultado 06 de Enero del 2012]. Disponible desde internet:<<http://www.coeticor.org/newsletter/documentacionjornadatecnicaautomatizacionedificios.pdf>>

El control ON-OFF es la forma más simple de reducir el consumo de energía y para ello se han desarrollado una variedad de dispositivos entre ellos están los detectores de presencia que son altamente efectivos en lugares en donde la gente sale y entra al recinto frecuentemente sin un patrón definido; el otro dispositivo utilizado son los interruptores temporizados que después de un lapso de tiempo o un calendario programado se disparan para así encender o apagar la iluminación según sea el caso.

Figura 27. Control Dimming de la Iluminación en un BAS

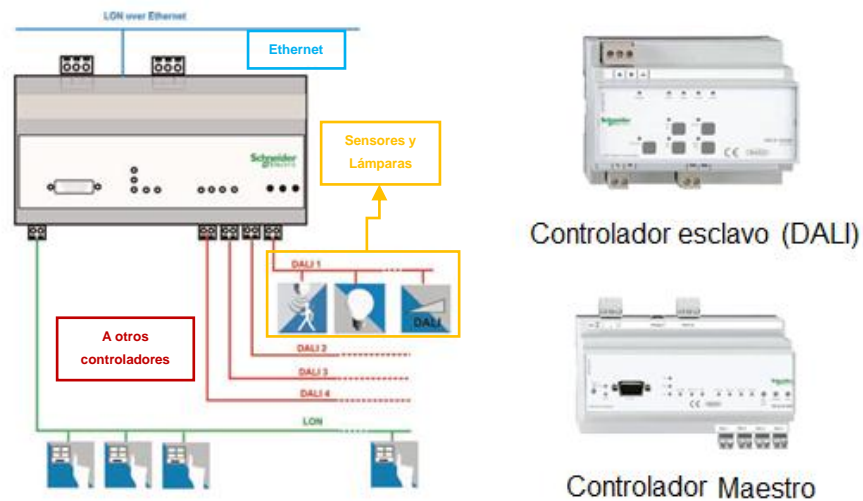


Fuente: "Sistemas de gestión técnica de edificios en un entorno sostenible". [Valencia, España: En línea]. [Consultado 06 de Enero del 2012]. Disponible desde internet<<http://www.coeticor.org/newsletter/documentacionjornadatecnicaautomatizacionedificios.pdf>>

El control del grado de oscurecimiento de un recinto es utilizado para que el nivel de iluminación usado se ajuste con la necesidad de la persona que esté dentro del recinto y a su vez se ahorre energía, cuando se combinan sensores que miden los niveles de luz se puede optimizar cuanta iluminación debe tener un lugar determinado.

La arquitectura de red en el subsistema Iluminación en un BAS es tal cual la del subsistema HVAC, los controladores esclavos llegan a un controlador maestro; en este momento es importante aclarar que el controlador maestro del subsistema HVAC no necesariamente debe ser diferente al del subsistema de iluminación, de hecho, lo común es que se tenga un solo controlador maestro para todos los subsistemas (HVAC, Iluminación, acceso etc.). A continuación se muestra una arquitectura de red típica para iluminación.

Figura 28. Arquitectura de red para la Iluminación en un BAS.



Fuente: "Lighting control catalogue". [Malmo, Sweden: En línea]. [Consultado 06 de Enero del 2012]. Disponible desde internet <<http://www.schneider-electric.be/documents/buildings/Local/CAT-LIGHTING-A4.pdf>>

Se puede notar el controlador esclavo DALI 1 (Digital Addressable Lighting Interface, controlador exclusivo para aplicaciones de iluminación) que contiene los sensores de ocupación y las lámparas para una zona determinada y además se puede adjuntar al controlador maestro mostrado en la figura anterior; El DALI 1 cuenta con un puerto de red Ethernet y puertos a otros controladores esclavos (DALI 2, DALI 3, DALI4).

Para la iluminación en edificios inteligentes se tiene una gran gama de fabricantes con diseños especializados según sea la ocasión (Hospitales, oficinas, escuelas etc.). Para el caso particular de un edificio con salas de oficina se presenta la siguiente alternativa:

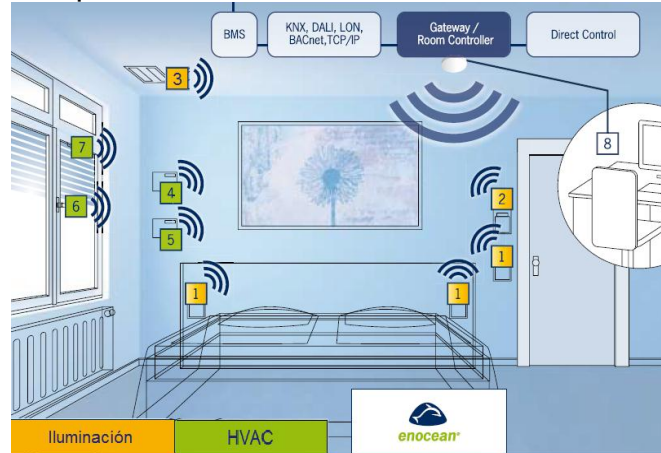
Figura 29. Iluminación para un edificio de oficinas



Fuente: "Office Buildings". [California, USA:En línea]. [Consultado 06 de Enero del 2012]. Disponible desde internet <<http://www.enocean-alliance.org/en/office/>>

En la figura anterior se pueden observar los componentes del subsistema HVAC (verdes) y los componentes de la Iluminación (Amarillas) entre las que se pueden mencionar: (1) Switch de control de nivel de oscuridad y luz, (2) Sensor de la luz exterior, (3) Sensor de ocupación y por supuesto la unidad de control (Room controller). Para hoteles se cuenta con: (1) Switch de control de nivel de oscuridad y luz, (2) Una tarjeta de acceso la cual una vez se pasa se enciende la iluminación y el aire acondicionado, (3) Sensor de ocupación y por supuesto la unidad de control, el ítem (8) corresponde a la central ubicada en el cuarto de control del edificio.

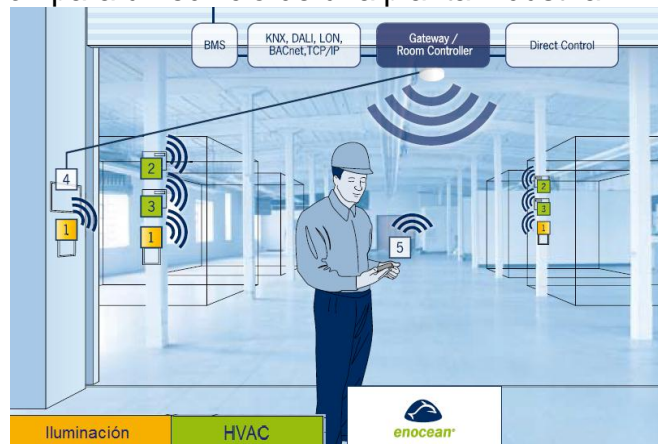
Figura 30. Iluminación para un hotel



Fuente: "Hotels". [California, USA:En línea]. [Consultado 06 de Enero del 2012]. Disponible desde internet <<http://www.enocean-alliance.org/en/hotel>>

Finalmente los ambientes de edificios de plantas industriales son otro caso en los cuales se puede observar el subsistema Iluminación con sus componentes, particularmente este cuenta con switches (2,3) que pueden controlar la iluminación y la apertura o cierre de persianas en las ventanas, termistores (1), todo con su respectivo controlador (4) y respectivas lámparas.

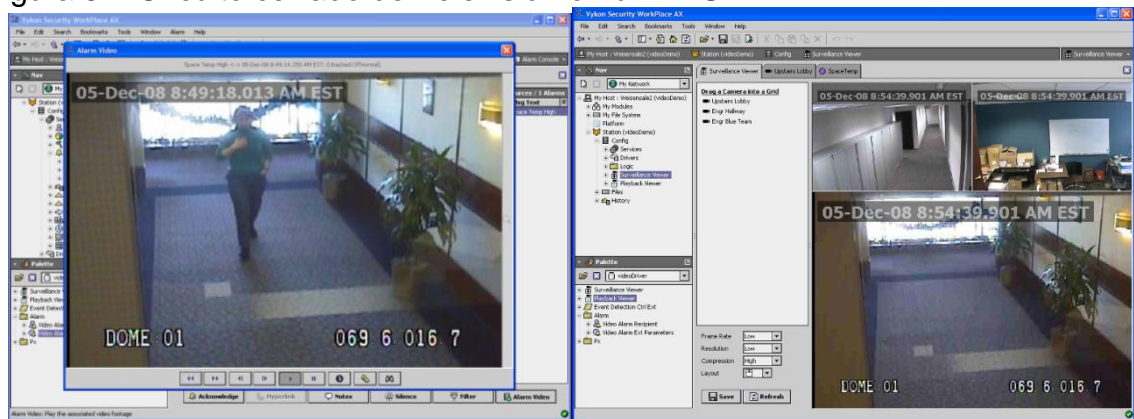
Figura 31. Iluminación para un edificio de una planta industrial.



Fuente: "Industrial Buildings". [California, USA:En línea]. [Consultado 06 de Enero del 2012]. Disponible desde internet <<http://www.enocean-alliance.org/en/industrial/>>

**2.6.3 Seguridad en edificios.** La automatización en edificios comprende la incorporación de dispositivos que permitan reducir el consumo de energía, aumenten el confort, pero además de esto brinden seguridad a los activos presentes en la edificación (personas, inmuebles, dispositivos etc), es allí en donde surge el subsistema seguridad en un BAS. Comprende todos aquellos dispositivos que funcionan de forma autónoma para garantizar una mayor seguridad: los circuitos cerrados de televisión (CCTV), controles de acceso, sistemas anti- incendio y los sistemas anti-intrusión.

Figura 32. Circuito cerrado de Televisión en un BAS.

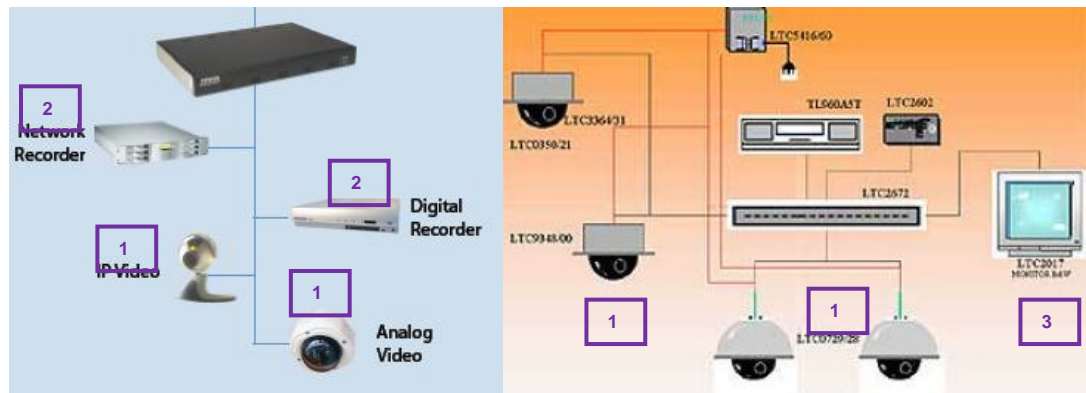


Fuente: "Niagara Security". [California, USA:En línea]. [Consultado 07 de Enero del 2012]. Disponible desde internet <[http://www.tridium.com/galleries/datasheet\\_pdf/Niagara%20Security-FINAL.v1.0.pdf](http://www.tridium.com/galleries/datasheet_pdf/Niagara%20Security-FINAL.v1.0.pdf)>

El Circuito Cerrado de TV permite visualizar y escuchar lo que está ocurriendo en las instalaciones y sus alrededores en tiempo real. Las cámaras pueden estar situadas en el interior del edificio o en su exterior, para controlar las inmediaciones. Se le denomina circuito cerrado ya que, al contrario de lo que pasa con la difusión, todos sus componentes están enlazados. Además este es un sistema pensado para un número limitado de espectadores. Estos sistemas incluyen visión nocturna, operaciones asistidas por ordenador y detección de movimiento, que facilita al sistema ponerse en estado de alerta cuando algo se mueve delante de las cámaras, además cuenta con un sistema de grabación y

posterior visualización y análisis. En la siguiente figura se puede observar la arquitectura de video vigilancia en un BAS, claramente se pueden identificar diversos componentes: Cámaras de video (1), grabadoras (2) y monitores (3).

Figura 33. Arquitectura de video vigilancia en un BAS.



Fuente: "Niagara Security". [California, USA: En línea]. [Consultado 07 de Enero del 2012]. Disponible desde internet <[http://www.tridium.com/galleries/datasheet\\_pdf/Niagara%20Security-FINAL.v1.0.pdf](http://www.tridium.com/galleries/datasheet_pdf/Niagara%20Security-FINAL.v1.0.pdf)>

El control de accesos ha evolucionado considerablemente a lo largo de estos años, actualmente se pueden identificar como un sistema integrado de políticas y procesos organizacionales que pretende facilitar y controlar el acceso a los sistemas de información y a las instalaciones. Este concepto ha pasado por tanto de estar formado exclusivamente por impedimentos físicos a ser un concepto que también se relaciona con la informática, medio en el que se ha vuelto cada vez más crítico para proteger la información personal y las bases de datos. Mediante diferentes tecnologías se puede gestionar la digitalización de la identidad con la que se controla los accesos físicos de personas, como la entrada y salida de edificios e instalaciones y el acceso a información (tarjetas magnéticas y lectores digitales)

Figura 34. Tecnologías de Control de acceso en un BAS



Fuente: “BG Servicios: Seguridad Electrónica, Domótica y Automatización”. [California, USA: En línea]. [Consultado 08 de Enero del 2012]. Disponible desde internet <<http://reesscientific.com/Spanishweb/labanimalhealth.htm>>

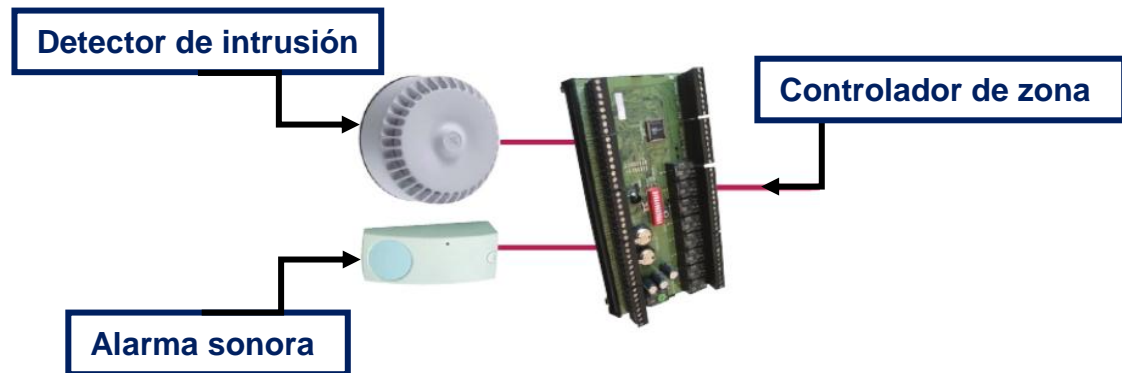
Detectores de llama y de humo que generan notificaciones, luces y sonidos de emergencia pueden ser integrados fácilmente a un sistema de supervisión o seguridad en un edificio, en caso de fuego los sistemas de emergencias existentes son automáticamente desbloqueados y se establece una condición de modo seguro, este tipo de características son con las que se cuenta en los sistemas anti-incendio.

La arquitectura de los sistemas contraincendios en el subsistema de seguridad en un BAS es básicamente la misma a la presentada anteriormente para los sistemas HVAC, iluminación y Video vigilancia, es decir, fundamentada en un controlador maestro y controlador esclavo, el controlador esclavo (de zona) tiene adjunto los sensores de humo y actuadores (sirenas luminosas y auditivas) disponibles para ser accionados de acuerdo a una lógica programada en el caso de un posible evento de incendio en la zona en la cual se encuentra; por otra parte el controlador de red (maestro) se encarga de centralizar todas las señales incluyendo la de otros subsistemas (HVAC, Iluminación, etc.)



Respecto a la arquitectura, tal como se espera, esta es de la misma forma que todas las anteriores, maestro-esclavo; la siguiente figura muestra tres dispositivos: el controlador de zona (adjunto al controlador de red, que no se muestra), el detector de intrusión (sensor) y la alarma (actuador).

Figura 37. Sistema de intrusión



Fuente: "Arquitecturas de red en automatización de edificios". [Boston, USA: En línea]. [Consultado 07 de Enero del 2012]. Disponible desde internet <<http://www.schneiderelectric.es/images/pictures/solutions/energy-efficiency/ee-soluciones/automatizacion-edificios-arquitectura2-alta.jpg>>

## 2.7 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL EN UN SISTEMA DE AUTOMATIZACION DE EDIFICIOS (BAS)

**2.7.1 Sensores.** Existen una gran cantidad de sensores en el momento de abarcar el tema de edificios inteligentes (sistemas de automatización de edificios), por tal razón en el presente documento se ofrece una breve descripción de los más utilizados en este tipo de aplicaciones.

**2.7.1.1 Sensores en HVAC.** Los sensores utilizados en el subsistema de HVAC son variados, entre ellos están: los termostatos, sensores de humedad, sensores de la calidad del aire y sensores de presión. Los termostatos son básicamente un termómetro adjunto a un interruptor. Estos elementos tienen como labor regular la temperatura de una superficie fría o de un ambiente frío entre dos límites

prefijados, al abrir o cerrar un circuito eléctrico debido a una variación de temperatura.

Figura 38. Termostatos



Fuente: "Termostatos". [Buenos aires, Argentina:En línea]. [Consultado 11 de Enero del 2012]. Disponible desde internet: [http://es.lowes.com/pl\\_Thermostats\\_4294821952\\_4294937087\\_?Ns=p\\_product\\_prd\\_lis\\_ord\\_nbr|0||p\\_product\\_qty\\_sales\\_dollar|1](http://es.lowes.com/pl_Thermostats_4294821952_4294937087_?Ns=p_product_prd_lis_ord_nbr|0||p_product_qty_sales_dollar|1)

Su funcionamiento es bastante sencillo cuando la temperatura del ambiente refrigerado es mayor que la temperatura de referencia más la diferencia de temperaturas (dependiente de la sensibilidad del sensor) el termostato mantiene los contactos cerrados y el compresor energizado, cuando esta temperatura se hace menor los contactos son abiertos por el termostato y espera hasta que la temperatura sea mayor a la suma de la temperatura de referencia más la diferencia para restablecer la conexión.

Figura 39. Sensor de humedad de ducto y de pared



Fuente: "Humidity sensors". [Miami, USA: En línea]. [Consultado 11 de Enero del 2012]. Disponible desde internet <<http://www.archiexpo.es/prod/siemens-building-technologies/detectores-de-humedad-728-286395.html>>

Los sensores de humedad están diseñados para ser utilizados en edificios en donde se requiera conocer y además controlar las condiciones ambientales para confort humano o cualquier otro propósito; los sensores de humedad para HVAC y calidad de aire se caracterizan por tener buena precisión y calidad, además de estos vienen fabricados para montaje en pared o en los conductos del aire. Los sensores de calidad de aire además permiten optimizar la eficiencia energética al suministrar una demanda de ventilación controlada.

Figura 40. Sensores de calidad del aire de ducto y de pared.



Fuente: "Air Quality sensors". [Miami, USA:En línea]. [Consultado 11 de Enero del 2012]. Disponible desde internet <http://www.buildingtechnologies.siemens.com/bt/global/en/buildingautomation-hvac/hvac-products/hvac-sensors/air-quality-sensors/pages/air-quality-sensors.aspx>

Finalmente los sensores de presión son elementos utilizados para detectar niveles altos o bajos de presión, un presostato es un dispositivo típicamente utilizado el cual cuenta con dos contactos que se abren al subir la presión del punto al que está ajustado, básicamente son de dos tipos: de acción a baja presión que se conectan al lado de baja presión del sistema y acción a alta presión que se conectan en la descarga del compresor.

Figura 41.Sensores de presión.



Fuente:"Presostato".[En línea]. USA. [Consultado 11 de Enero del 2012]. Disponible desde internet:<<http://www.danfoss.com/Products/>>

Los controles a baja presión son los que utilizan termostatos y emplean la estrategia de control ON-OFF para regular indirectamente la temperatura del ambiente interior del cuarto de conservación, los controles de alta presión se emplean por seguridad, solo desconectan el compresor en caso de que la presión del lado de alta del sistema sea excesiva.

**2.7.1.2 Sensores en iluminación.** En un subsistema de iluminación básicamente se cuentan con sensores de presencia diseñados de diferentes formas y para diferentes aplicaciones específicas, su función como su nombre lo indica es la detección de movimientos en un espacio determinado, actualmente se cuenta con tecnologías de detección infrarroja, ultrasónica o una combinación de ambas para este tipo de sensores, estos proporcionan encendido o apagado automático de cargas de iluminación para aumentar seguridad y generar importantes ahorros energéticos.

Figura 42. Sensores de presencia infrarrojos.



Fuente: "Catalogo de sensores de presencia infrarrojos leviton". [En línea]. USA. [Consultado 10 de Enero del 2012]. Disponible desde internet: <[http://www.leviton.com/OA\\_HTML/ibeCCtpSctDspRte.jsp?section=23136&minisite=10036](http://www.leviton.com/OA_HTML/ibeCCtpSctDspRte.jsp?section=23136&minisite=10036)>

El sensor infrarrojo responde a cambios en el fondo infrarrojo cuando las personas entran en un espacio determinado, su medición se basa en la detección de la radiación electromagnética infrarroja de los cuerpos en su campo de visión. A continuación se muestra un sensor típico de este tipo. Los sensores de presencia ultrasónicos emiten una señal ultrasónica y monitorean los cambios en el tiempo de retorno de la señal para detectar la ocupación.

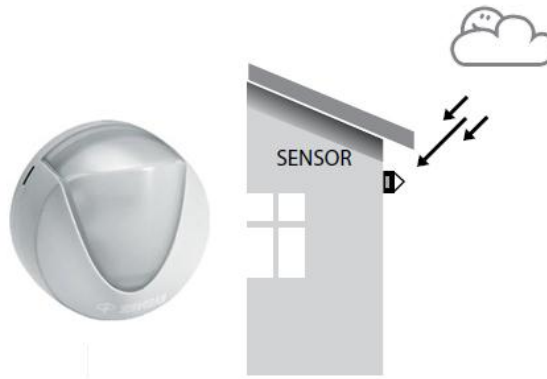
Figura 43. Sensores de presencia ultrasónicos.



Fuente: "Catalogo de sensores de presencia ultrasónicos leviton". [En línea]. USA. [Consultado 12 de Enero del 2012]. Disponible desde internet: [http://http://www.leviton.com/OA\\_HTML/ibeCCtpSctDspRte.jsp?section=23136&minisite=10036](http://http://www.leviton.com/OA_HTML/ibeCCtpSctDspRte.jsp?section=23136&minisite=10036)

Adicionalmente existen sensores de presencia que tienen un sensor de brillo, con esta característica se logra el control dimming mencionado anteriormente, de igual manera otra gama de sensores de brillo son utilizados para captar la luz exterior y con base en esto establecer el nivel de intensidad en el recinto.

Figura 44. Sensores de luz exterior



Fuente: "Energy harvesting wireless outdoor light sensors". [En línea]. USA. [Consultado 10 de Enero del 2012]. Disponible desde internet: [http://www.enocean-alliance.org/en/products/search/?tx\\_f03enocean\\_pi1\[produktkategorien\]\[0\]=1&tx\\_f03enocean\\_pi1\[advanced\]=true](http://www.enocean-alliance.org/en/products/search/?tx_f03enocean_pi1[produktkategorien][0]=1&tx_f03enocean_pi1[advanced]=true)

**2.7.1.3 Sensores en seguridad.** En el subsistema de seguridad se cuentan con dispositivos que permiten tomar datos o señales para determinar si se debe generar una alarma o no, esto con el ánimo de proteger el sistema de intrusión, incendio etc. Dentro de estos dispositivos están las cámaras de video (2), citófonos (1), sensores de humo y fuego (3), contactores magnéticos, los dispositivos de lectura de tarjetas.

Figura 45. Dispositivos para seguridad en edificios



Fuente: "ArchiExpo: The Virtual Architecture Exhibition". [En línea]. USA. [Consultado 13 de Enero del 2012]. Disponible desde internet: <http://www.archiexpo.com/cat/building-automation-security-Y.html>

Los interruptores de contacto magnético son la primera línea de defensa en la industria de alarmas de robo, seguridad, vigilancia etc., son económicos muy confiables y en la mayoría de los casos no están a la vista, básicamente funcionan debido a la fuerza magnética generada por el imán que contienen la cual ocasiona el cierre o apertura del contacto, lo que produce que se dispare el sistema de alarmas o se genere otra acción en el sistema.

Figura 46. Interruptores de contacto magnético.



Fuente: "Catalogo de interruptores magnéticos Honeywell".[En línea]. USA. [Consultado 20 de Octubre del 2011]. Disponible desde internet: <[http://www.security.honeywell.com/es/intruder/documents/HSCE-CONTACTOS-02-ES\(02-06\)DS-C.pdf](http://www.security.honeywell.com/es/intruder/documents/HSCE-CONTACTOS-02-ES(02-06)DS-C.pdf)>

**2.7.2 Unidades de control.** La unidad de control es el cerebro del cualquier sistema de automatización, es aquí en donde se reciben las señales del sensor, se comparan las entradas con un conjunto de instrucciones tales como el punto de referencia y el límite de rango, se aplica la lógica de control que produce una señal de salida. Estos elementos básicamente no dependen del subsistema como tal, es decir, cada controlador se puede adaptar en la mayoría de los casos a un subsistema HVAC, de iluminación o seguridad; sin embargo muchos fabricantes ofrecen unidades de control para aplicaciones específicas logrando de esta manera facilitar el montaje, la configuración y la puesta en marcha del sistema.

Figura 47. Unidades de control DELTA controls para control de zona.



Fuente: "Controlador de zona". [En línea]. USA. [Consultado 1 de Mayo del 2011]. Disponible desde internet: <<http://www.deltacontrols.com/solutions-products/products/hvacgif>>

La capacidad de un sistema HVAC es típicamente diseñado para las condiciones extremas. La mayoría de operación de estos sistemas ocurre a carga parcial debido a la variación durante el día de las cargas de energía solar, la ocupación, la temperatura ambiente, equipos y cargas de alumbrado etc. Esta desviación en el diseño dará lugar a cambios drásticos o desequilibrios, puesto que la capacidad de diseño es mayor que la carga real en la mayoría de escenarios de operación. Sin la unidad de control, el sistema se vuelva inestable y se sobrecaliente o subenfria el espacio al cual se está acondicionando.

Con base en la arquitectura de red mencionada anteriormente existen principalmente dos tipos de controladores en un sistema de automatización: el controlador de zona (esclavo) y el controlador de red (maestro); el controlador de zona como su nombre lo indica es el encargado de captar las señales de los sensores, aplicar una lógica en particular y arrojar señales de salida ya sean digitales o análogas hacia los actuadores, todo esto para una zona determinada, por otro lado el controlador de red recolecta todas las señales provenientes de todos los controladores de zona para centralizar el sistema y permitir el monitoreo, control y supervisión en la Workstation.

Figura 48. Controladores de zona para aplicaciones generales



Fuente: "Making permanent savings through active energy efficiency". [En línea]. USA. [Consultado 13 de Enero del 2012]. Disponible desde internet: <[http://www.schneider-electric.ec/documents/solutions/161-active\\_ee\\_white-paper02\\_control.pdf](http://www.schneider-electric.ec/documents/solutions/161-active_ee_white-paper02_control.pdf)>

Los controladores de zona básicamente pueden ser plenamente identificados por su comunicación, su tipo y cantidad de entradas y de salidas y su alimentación, en la siguiente figura se puede observar un controlador de la compañía "reliable controls" el cual cuenta con 4 salidas y 4 entradas, su alimentación se realiza ya sea a 24VAC o 24 VDC y tiene un puerto de comunicación de red MS/TP con protocolo BACnet.

Figura 49. Entradas, salidas, comunicación y alimentación en un controlador de zona

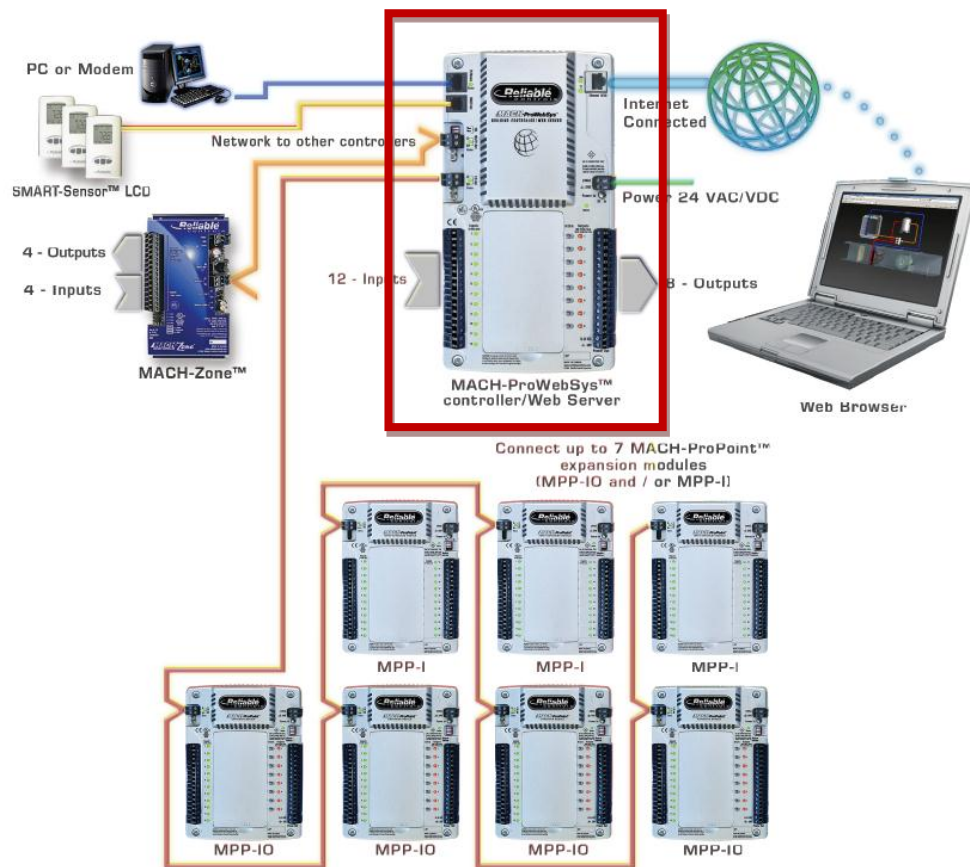


Fuente: "Flexible unitary zoning". [En línea]. USA. [Consultado 13 de Enero del 2012]. Disponible desde internet: <[http://www.reliablecontrols.com/products/catalog/pdfs/Catalog\\_MZ\\_En\\_Imp.pdf](http://www.reliablecontrols.com/products/catalog/pdfs/Catalog_MZ_En_Imp.pdf)>

Los controladores de red son dispositivos más elaborados y más complejos que los controladores de zona, algunos cuentan con memorias RAM hasta de 8MB en operación, procesadores de alto desempeño de 100MHz, su alimentación se hace

normalmente a 24VAC aunque también se tiene la opción de 24VDC, otros tienen capacidad de adaptar módulos de entrada y salida de señales digitales o análogas o cuentan con estas (actuando de esta forma como controladores de zona). A continuación se muestra el diagrama de aplicación para el controlador de red que ofrece la compañía “reliable controls”.

Figura 50. Controlador de red Mach ProWebsys con controladores de zona y Workstation



Fuente: "Web server, simplified". [En línea]. USA. [Consultado 13 de Enero del 2012]. Disponible desde internet: <[http://www.reliablecontrols.com/products/catalog/pdfs/Catalog\\_MPWS\\_En\\_Imp.p](http://www.reliablecontrols.com/products/catalog/pdfs/Catalog_MPWS_En_Imp.p)>

El controlador de red Mach ProWebsys cuenta con su propia cantidad de entradas y salidas (12, en este caso), además cuenta con su puerto Ethernet para la conexión a internet, su alimentación a 24VAC/VDC, su conexión a un PC o

modem de forma local, conexión a otros controladores en red MS/TP y conexión para hasta 7 módulos de expansión, permitiendo con esto el manejo centralizado del control de un edificio completo. Actualmente la compañía Enocean está implementando tecnologías inalámbricas para la automatización de edificios lo que proporciona grandes ventajas en cuanto a cableado, mantenimiento y conectividad.

En los subsistemas HVAC la compañía “Schneider electric” ofrece una amplia gama de controladores para aplicaciones específicas, por ejemplo la serie b3800 esta acondicionada a pequeñas unidades manejadoras o unidades roof top, maneja comunicación tipo MS/TP, alimentación a 12 VAC, entradas de tipo universal de diferentes cantidades (dependiendo del controlador específico), salidas digitales de tipo relé y analógicas de 0-10 voltios, la serie b3810 es muy similar a la 3800 sin embargo tiene mayor cantidad de entradas universales y cuenta con capacidad de soportar módulos de expansión.

Figura 51. Controladores b3885 y b3867.



Fuente: "Bacnet family of controllers". [En línea]. USA. [Consultado 13 de Enero del 2012]. Disponible desde internet: <[http://www.global-download.schneider-electric.com/852575A6007E5FD3/all/B5C59A56E7C9D5EC8525763A006C2932/\\$File/bacnet\\_family\\_of\\_controllers\\_sds-bacnetfam\\_a4.pdf](http://www.global-download.schneider-electric.com/852575A6007E5FD3/all/B5C59A56E7C9D5EC8525763A006C2932/$File/bacnet_family_of_controllers_sds-bacnetfam_a4.pdf)>

Específicamente el controlador b3885 es un dispositivo diseñado para control de cajas VAV con damper actuador incorporado, cuenta con una memoria flash que

permite el almacenamiento del sistema operativo y los programas de aplicación, su comunicación se da por medio del nivel de red BACnet MS/TP y tiene dos entradas de tipo universal; por otro lado el controlador b3867 es un dispositivo que permite realizar control de tipo DDC de unidades paquete de Aire acondicionado, unidades ventiladoras y bombas de calor, su comunicación la realiza de la misma manera que el b3885, cuenta con 4 entradas universales, 5 salidas digitales tipo triac y dos salidas análogas de 0-10 voltios.

En iluminación la compañía “Schneider electric ” ofrece tres tipos de controladores dedicados para este tipo de aplicaciones: las unidades de control de zona RCU-61 y RCU-101 (1), los módulos LON (LON I/O Módulos) y el controlador DALI. Las unidades RCU-61 y RCU-101 son una combinación de un controlador de temperatura con una serie de funciones adicionales que pueden controlar la iluminación y el grado de oscurecimiento del local, el RCU-101 puede ser accionado con control remoto; los módulos LON cuentan con una serie de entradas análogas o digitales, actuadores de switch con salidas a 24V tipo relé y dimmers para control de nivel de luminosidad.

En la actualidad muchas aplicaciones requieren sistemas de iluminación regulable (control de luminosidad en los recintos) por esta razón surgen los controladores DALI (Digital Addressable Lighting interface), este tipo de controladores utilizan una interfaz estándar que permite el manejo de los balastos que en últimas regulan la luminosidad, las conexiones se dan por medio de cables de par trenzado LON así como con Ethernet y se utilizan multisensores DALI que no son más que un sensor de presencia junto con uno de iluminación.

Figura 52. Controladores RCU, LON y DALI.

**Módulos LON**

**Controlador RCU**



**Controlador DALI**



Fuente: "Web server, simplified". [En línea]. USA. [Consultado 13 de Enero del 2012]. Disponible desde internet: <[http://www.reliablecontrols.com/products/catalog/pdfs/Catalog\\_MPWS\\_En\\_Imp.p](http://www.reliablecontrols.com/products/catalog/pdfs/Catalog_MPWS_En_Imp.p)>

Los controladores Niagara son un ejemplo claro de dispositivos usados para el subsistema de seguridad, por medio de este equipo se pueden administrar credenciales, restricciones de acceso, detectar intrusos y monitorear alarmas vía un navegador web estándar desde cualquier lugar del mundo, estos equipos utilizan protocolos de comunicación como: BACnet, Modbus y Lonworks. El controlador Security Jace de tridium (Niagara security) es un controlador basado en Web, es decir, de manejo fácil a través de un navegador web estándar, permite integración con subsistemas HVAC e iluminación por medio de los protocolos anteriormente mencionados, no requiere de un software específico para su funcionamiento (arquitectura abierta, plataforma flexible), módulo de administración integrado de alarmas, detección de intrusos y base de datos de las credenciales y genera reportes ya sea en pantalla o exportados a PDF.

Figura 53. Controlador Niagara para sistemas de seguridad



Fuente: "Niagara Security by Tridium". [En línea]. USA. [Consultado 13 de Enero del 2012]. Disponible desde internet: [http://www.tridium.com/cs/products/\\_/services/vykon\\_security](http://www.tridium.com/cs/products/_/services/vykon_security)

**2.7.3 Workstations.** Existen elementos en el BAS en donde se puede centralizar toda la información para monitorear, visualizar, controlar y supervisar el sistema, estos elementos se encuentran situados en los cuartos de control y son llamados estaciones de trabajo (workstations), dependiendo del fabricante se tiene una plataforma software determinada, reliable controls ofrece la plataforma RC-studio la cual ofrece facilidad en la programación de los controladores, descubrimiento de objetos BACnet eficiente, captura registros de la tendencia del gasto de energía en el edificio y del nivel de confort y cuenta con una librería de imágenes bien elaboradas para desarrollar la interfaz gráfica; además de esto tiene un simulador para pruebas Offline y la programación puede ser escrita sin necesidad de que el hardware del controlador esté conectado, soporta imágenes de diferentes formatos tales como: BMP, GIF, TIF, JPG para ser adjuntas a la interfaz que se esté diseñando y resoluciones para video de VGA, SVGA y ULTRAVGA para el subsistema de seguridad a instalar.

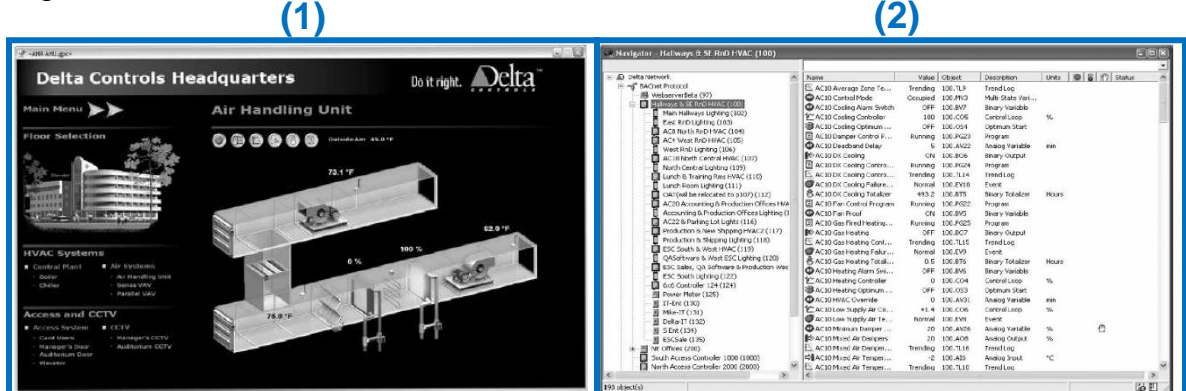
Figura 54. Workstation RC-studio



Fuente: "RC-studio Workstation". [En línea]. USA. [Consultado 15 de Enero del 2012]. Disponible desde internet: <<http://www.reliablecontrols.com/products/software/>>

En la figura anterior se puede visualizar la interfaz gráfica de una parte del subsistema HVAC del BAS (1), en este caso un sistema de calefacción, se pueden observar los diferentes objetos (temperaturas, estado de las válvulas, condiciones ambientales), por otro lado en la figura de la derecha muestra el registro de datos de variables (2) que se quieran monitorear con especial atención, cada Workstation tiene un árbol de jerarquía en el cual se visualiza todo el BAS. Hoy en día normalmente la Workstation tiene un complemento que permite visualizar esta desde internet, esto con el objetivo de flexibilizar la labor de monitoreo, supervisión y control.

Figura 55. Workstation ORCAview

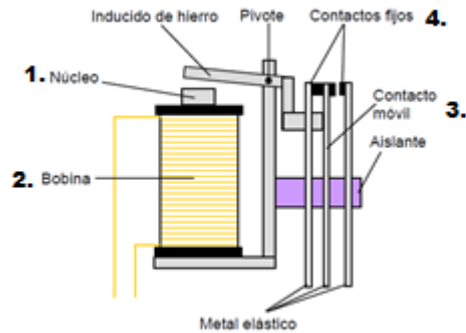


Fuente: "Software DOW-333: ORCAview". [En línea]. USA. [Consultado 15 de Enero del 2012]. Disponible desde internet: <[http://www.deltacontrols.com/DOW-333\\_data\\_sheet.pdf](http://www.deltacontrols.com/DOW-333_data_sheet.pdf)>

Delta controls ofrece como software para la estación de trabajo ORCAview, este incluye animaciones en gráficos 3D para mostrar la información en tiempo real, un navegador bastante amigable para monitorear los parámetros operacionales, modificar calendarios, crear programas personalizados, administrar alarmas y ver registros de datos. Con esta plataforma los dispositivos BACnet son automáticamente detectados e integrados al software facilitando las cosas para el administrador en cuanto a configuración respecta, su conexión LAN se genera a través de Ethernet, BACnet MS/TP o BACnet PTP, si se quiere conexión desde cualquier lugar del mundo se debe utilizar BACnet IP, en la figura anterior se muestra la interfaz gráfica para el sistema HVAC en el edificio (1) y la pantalla principal en donde se puede visualizar el árbol de jerarquía y los objetos adjuntos a cada punto (2).

**2.7.4 Dispositivos de salida.** Son los dispositivos de control que actúan ante las señales enviadas por el controlador, para modificar las condiciones del agente de control o medio de control, de forma general en HVAC se clasifican en tres tipos: los eléctricos (motores para el manejo de los dampers), Neumáticos (válvulas de expansión para paso de refrigerante y motores para accionamiento de válvulas) y para el control electrónico (relés, válvulas solenoides, transductores de presión). En cuanto a los otros subsistemas un dispositivo bastante utilizado es el relé, el cual es básicamente un interruptor accionado por un electroimán, este está formado por una barra de hierro dulce, llamada núcleo (1), rodeada por una bobina de hilo de cobre (2), Al pasar una corriente eléctrica por la bobina el núcleo de hierro se magnetiza por efecto del campo magnético producido por la bobina, convirtiéndose en un imán tanto más potente cuanto mayor sea la intensidad de la corriente y el número de vueltas de la bobina. Al abrir de nuevo el interruptor y dejar de pasar corriente por la bobina desaparece el campo magnético y el núcleo deja de ser un imán.

Figura 56. Diagrama y símbolo de un relé



Fuente: "Electroimán". [En línea]. Uruguay. [Consultado 15 de Enero del 2012]. Disponible desde internet: <<http://platea.pntic.mec.es/~pcastela/tecno/documentos/apuntes/rele.pdf>>

Normalmente un relé está formado por un contacto móvil o polo (3) y un contacto fijo (4). Pero también hay relés que funcionan como un conmutador, porque disponen de un polo (contacto móvil) y dos contactos fijos. En sistemas HVAC con algo de complejidad los dampers y las válvulas de globo de 2, 3 puertos o de bola son ampliamente utilizadas como actuadores.

Figura 57. Válvulas y dámpers en HVAC

### 1. Válvula



### 2. Dampers



Fuente: "HVAC Integrated Tool –comprehensive support with simple operation". [En línea]. USA. [Consultado 15 de Enero del 2012]. Disponible desde internet: <[https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/data/assets/hq/Products-for-building-technology\\_A6V10267926\\_hq-en.pdf](https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/data/assets/hq/Products-for-building-technology_A6V10267926_hq-en.pdf)>

La figura anterior muestra algunas válvulas (1) ya mencionadas y además dampers (2) para aplicaciones HVAC, específicamente para sistemas VAV así como para sistemas de protección de humo y fuego.

### 3. DESCRIPCIÓN DEL BAS BASICO IMPLEMENTADO

El sistema de automatización de edificios básico se implementó en la sala de trabajo del laboratorio de Máquinas Térmicas de la escuela de ingeniería mecánica, en la cual se llevan a cabo labores tales como la exposición de los fundamentos teóricos para las prácticas a realizar y el desarrollo de proyectos de clase y de grado relacionados con los sistemas térmicos. La siguiente figura muestra una vista general del recinto.

Figura 58. Sala de trabajo del laboratorio de Máquinas Térmicas



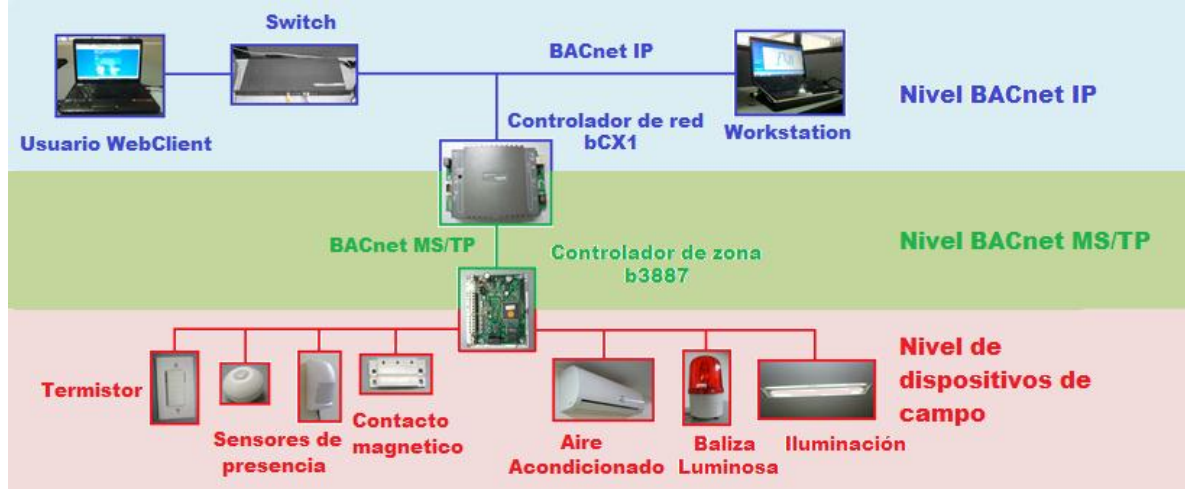
Fuente: Autores

El BAS implementado cuenta con una serie de componentes y características las cuales pueden ser descritas de forma clara de acuerdo a dos puntos de vista:

- Arquitectura de red usada.

Desde el punto de vista de la arquitectura de red usada el sistema puede organizarse de la siguiente manera:

Figura 59. Arquitectura de red del BAS.



Fuente: Autores

- Nivel BACnet IP: En este nivel se hace uso de la red universitaria existente como medio de transporte de datos desde y hacia redes remotas en las cuales pueden existir usuarios conectados al sistema (usuarios webclient), utilizando una interfaz física 10BASE-T; componentes como el controlador de red bCX1 y la Workstation conforman este nivel.
- Nivel BACnet MS/TP: Se establece como el segundo nivel en la jerarquía, existe un único componente en este nivel, controlador de zona b3887, el cual desempeña el rol de esclavo al enlazarse con el bCX1 (controlador maestro) a través del estándar físico RS-485.
- Nivel de dispositivos de campo: Está conformado por todos los dispositivos acoplados al controlador de zona, los cuales permiten el ingreso de información y ejecución de las órdenes de mando de acuerdo a la programación establecida en el b3887, siguiendo este orden de ideas se pueden identificar dos grupos: sensores y preactuadores.

- Dentro de los sensores se encuentran: Termistor, contacto magnético y sensores de presencia; respecto a los preactuadores básicamente son relés, como su nombre lo indica sirven de interfaz para accionar los diferentes dispositivos controlados (Aire acondicionado, Iluminación y Baliza luminosa).
- Descripción física de los elementos.

El BAS básico que se implementó puede describirse de forma más detallada al considerar físicamente cada uno de los elementos que conforman el sistema los cuales a su vez pueden ser agrupados de la siguiente manera:

- Elementos del sistema control (Sensores, unidades de control, Preactuadores, dispositivos de alimentación, elementos de protección, de transmisión de energía y datos y Workstation.
- Sistemas controlados (HVAC, Iluminación, Baliza luminosa).

Tomando como referencia este último punto de vista, a continuación se describe el sistema.

### **3.1 ELEMENTOS CONSTITUYENTES DEL SISTEMA DE CONTROL**

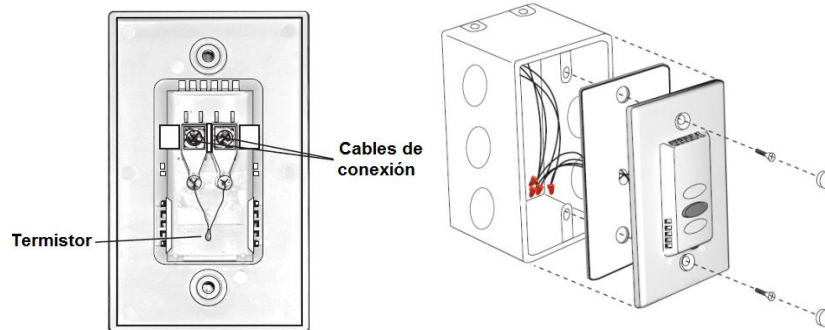
**3.1.1 Sensores.** Los sensores utilizados fueron: de temperatura, de presencia y un contacto magnético.

**3.1.1.1 Sensor de temperatura.** El sensor es de tipo termistor, el cual tiene como función la medición de la temperatura ambiente del cuarto a controlar, su ubicación dentro del recinto es tal que permita una medición adecuada, es decir, lejana del equipo de aire acondicionado, retirada de la puerta de acceso al cuarto, para que la medición no sea afectada por la infiltración de aire del ambiente

exterior en el momento del ingreso de personas y sin perturbación alguna por parte del sol o de paredes expuestas a este.

El sensor adquirido es un termistor 10K tipo 2 (1000 ohms a 25°C) de la marca VERIS INDUSTRIES, correspondiente a la referencia TED00, se instala sobre la pared, cuenta con una precisión de  $\pm 1^\circ\text{C}$ , la respuesta es de coeficiente de temperatura negativo (NTC) y con un rango de temperaturas de  $-25^\circ\text{C}$  a  $105^\circ\text{C}$ , a continuación se muestra una figura de este.

Figura 60. Sensor de temperatura



Fuente: Datasheet Wall Mount Temperature Sensors, VERIS Industries, [en línea]. USA. [Consultado 11 de enero de 2011]. Disponible en internet desde: < [http://www.veris.com/docs/Installs/te\\_i0r2.pdf](http://www.veris.com/docs/Installs/te_i0r2.pdf) >

Se selecciona un termistor debido a que es ampliamente usado en el acondicionamiento de aire en los edificios y además se adecua a las necesidades establecidas para nuestra aplicación en particular, pues no requiere características especiales.

Figura 61. Termistor, Veris Industries.



Fuente: Autores

A continuación se muestra una imagen con los valores de caracterización del sensor, en la cual se puede observar el rango de lectura de temperatura tanto en grados Fahrenheit como en grados Celsius y el valor de la resistencia generada a una determinada temperatura, en la tabla se muestran los valores para diferentes tipos sin embargo la columna a considerar basados en el modelo del termistor es la correspondiente a el 10K Tipo 2.

Figura 62. Valores de caracterización del termistor

°C	°F	100 Ohm	1000 Ohm	2.2k	3k	10k Type 2	10k Type 3	10k Dale	10k 3A221	10k "G" US	20k	20k "D"	100k
-50	-58	80.306	803.06	154,464	205,800	692,700	454,910	672,300	-	441,200	1,267,600	-	-
-40	-40	84.271	842.71	77,081	102,690	344,700	245,089	337,200	333,562	239,700	643,800	803,200	3,366,000
-30	-22	88.222	882.22	40,330	53,730	180,100	137,307	177,200	176,081	135,300	342,000	412,800	1,770,000
-20	-4	92.160	921.60	22,032	29,346	98,320	79,729	97,130	96,807	78,910	189,080	220,600	971,200
-10	14	96.086	960.86	12,519	16,674	55,790	47,843	55,340	55,252	47,540	108,380	122,400	553,400
0	32	100.000	1000.00	7,373	9,822	32,770	29,588	32,660	32,639	29,490	64,160	70,200	326,600
10	50	103.903	1039.03	4,487	5,976	19,930	18,813	19,900	19,901	18,780	39,440	41,600	199,000
20	68	107.794	1077.94	2,814	3,750	12,500	12,272	12,490	12,493	12,260	24,920	25,340	124,900
25	77	109.735	1097.35	2,252	3,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	20,000	20,000	100,000
30	86	111.673	1116.73	1,814	2,417	8,055	8,195	8,056	8,055	8,194	16,144	15,884	80,580
40	104	115.541	1155.41	1,199	1,598	5,323	5,593	5,326	5,324	5,592	10,696	10,210	53,260
50	122	119.397	1193.97	811.5	1,081	3,599	3,894	3,602	3,600	3,893	7,234	6,718	36,020
60	140	123.242	1232.42	561.0	747	2,486	2,763	2,489	2,486	2,760	4,992	4,518	24,880
70	158	127.075	1270.75	395.5	527	1,753	1,994	1,753	1,751	1,990	3,512	3,100	17,510
80	176	130.897	1308.97	284.0	378	1,258	1,462	1,258	1,255	1,458	2,516	2,168	12,560
90	194	134.707	1347.07	207.4	-	919	1,088	917	915	1,084	1,833	1,542	9,164
100	212	138.506	1385.06	153.8	-	682	821	679	678	816.8	1,356	1,134	6,792
110	230	142.293	1422.93	115.8	-	513	628	511	509	623.6	1,016	816	5,108
120	248	146.068	1460.68	88.3	-	392	486	389	388	481.8	770	606	3,894
130	266	149.832	1498.32	68.3	-	303	380	301	299	376.4	591	456	3,006

Fuente: Wall Mount Temperature Sensors, VERIS Industries. [en línea]. USA. [Consultado 11 de enero de 2011]. Disponible en internet desde: <[http://www.veris.com/docs/Datasheets/t-wallmount\\_d07101.pdf](http://www.veris.com/docs/Datasheets/t-wallmount_d07101.pdf)>

Por último hay que mencionar que el cableado de este dispositivo se realizó con cable de cobre calibre 20 AWG, el cual se tendió por el techo del recinto hasta llegar al tablero de control donde se integró a los demás dispositivos.

**3.1.1.2 Interruptor de contacto magnético.** Este sensor tiene como función abrir o cerrar un contacto, es decir, generar una señal de tipo digital la cual es enviada a una entrada del controlador de zona y de acuerdo con esto se ejecuta la lógica ya programada en este; se encuentra ubicado en la puerta de acceso a la sala de trabajo.

Figura 63. Interruptor de contacto magnético.



Fuente: Autores

El interruptor utilizado es de tipo normalmente abierto, de contacto seco y su accionamiento se da a una proximidad de 3cm (aproximadamente) entre las dos partes constituyentes del mismo. El cableado del dispositivo se realizó con cable de cobre calibre 18AWG.

**3.1.1.3 Sensores de presencia.** Se utilizaron tres sensores de presencia, un par de estos se usó en la sala de trabajo para lograr una buena cobertura dentro del recinto en cuestión mientras que el tercero se ubicó en la puerta de acceso principal del laboratorio dedicado a censar e informar de cualquier intrusión. Los sensores de presencia usados dentro de la sala de trabajo son de la marca danilux, son sensores de tipo infrarrojo, y cuentan con un ángulo de detección de

360°, se seleccionó con dicho ángulo de detección puesto que se adaptan de buena manera al recinto a adecuar.

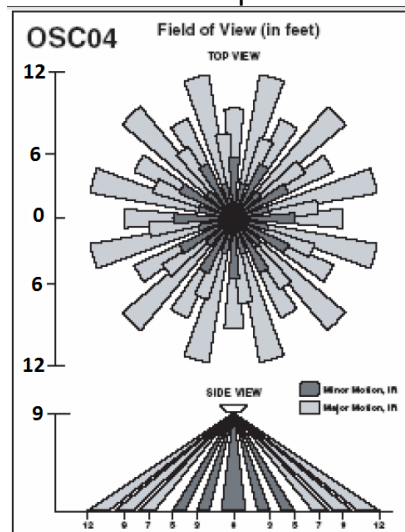
Figura 64. Sensor infrarrojo 360°



Fuente: Autores

Respecto a su rango de detección se tiene un radio de 12 pies (3.6m) a la redonda con un alcance vertical de 9 pies (2.7m).

Figura 65. Rango de detección del sensor para la sala de trabajo.



Fuente: "Datasheet de sensor infrarrojo DANILUX". [En línea]. USA. [Consultado 13 de octubre del 2011]. Disponible desde internet:

<[http://grupobester.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=61&Itemid=52](http://grupobester.com/index.php?option=com_content&task=view&id=61&Itemid=52)>

El otro sensor de presencia utilizado es de marca BOSCH, este pertenece a la familia de detectores infrarrojos pasivos, la referencia es ISN-AP1-T, cuenta con inmunidad a corrientes de aire insectos y tiene un interruptor contra manipulaciones en la cubierta y el ángulo de detección es de 180°, en este sensor no es necesario contar con un ángulo de 360, 180° es suficiente para lograr una medición confiable.

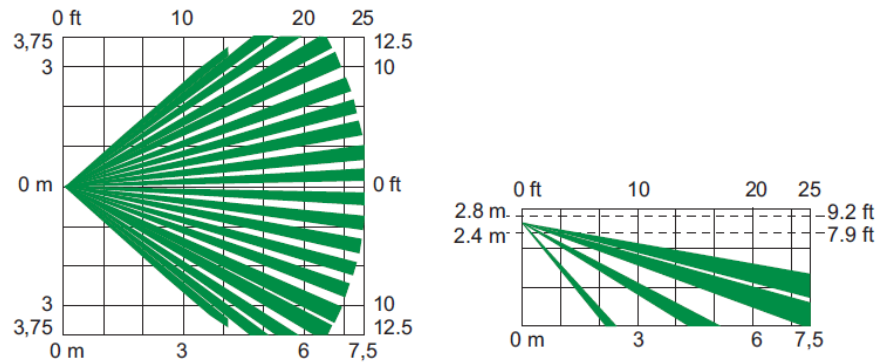
Figura 66. Sensor de presencia para la entrada del laboratorio



Fuente: Autores

El sensor ISN-AP1-T cuenta con una cobertura de 7.5 m x 7.5 m (25 pies x 25 pies) en distancia horizontal y de aproximadamente 2.6 metros medidos verticalmente, tiene un voltaje de funcionamiento de entre 9 a 15 voltios de corriente continua por lo cual se hizo necesario la adecuación de una fuente de alimentación apropiada.

Figura 67. Rango de detección para el sensor de la entrada



Fuente: "Sistemas de Intrusión, Detectores por infrarrojos pasivos ISN-AP1 e ISN-AP1-T".[En línea]. México. [Consultado 10 de enero de 2012]. Disponible desde internet: <[http://www.boschsecurity.com.mx/\\_archivos\\_productos\\_sitios\\_la/documentos/intrusion/SP/isn\\_ap1\\_t\\_description\\_0506\\_es.pdf](http://www.boschsecurity.com.mx/_archivos_productos_sitios_la/documentos/intrusion/SP/isn_ap1_t_description_0506_es.pdf) >

**3.1.2 Unidades de control.** Para el BAS implementado se utilizaron dos dispositivos: el controlador de zona y el controlador de red, a continuación se muestra una descripción detallada de cada una de estos.

**3.1.2.1 Controlador de red.** En un sistema de automatización de edificios este dispositivo permite:

- La administración de los equipos en red, es decir, dirige la familia de controladores de zona BACnet que estén conectados a él mediante la centralización de las señales provenientes de los diferentes dispositivos.
- En aplicaciones más complejas enrutar mensajes BACnet entre redes BACnet IP y BACnet sobre Ethernet.
- Facilitar el monitoreo, supervisión y control del BAS, pues muchas aplicaciones software exigen tener el sistema en el nivel BACnet IP/Ethernet para que funcionen bien, es decir, la estación de trabajo (Workstation) con la interfaz gráfica no se puede implementar en el nivel MS/TP (nivel en el cual residen los controladores BACnet sin el controlador de red), se debe pasar a nivel Ethernet o IP.

- El desarrollo del control, la visualización y el monitoreo del sistema de automatización de forma remota ya que como se ha mencionado anteriormente aumenta el nivel del sistema de control de MS/TP a IP/Ethernet.

**3.1.2.1.1 Proceso de selección.** Este se hizo de la mano con la selección del controlador de zona y el software de aplicación, para llevar a cabo una adecuada selección de este equipo en primer lugar lo que se hizo fue tomar como referencia “BACnet Vendor Gallery” ubicada en sitio web oficial de BACnet, esto con el objetivo de conocer los proveedores oficiales de equipos con este protocolo, estando allí se realizó una revisión exhaustiva uno a uno de sus páginas web, conociendo los dispositivos que ofrecían, para posteriormente realizar el contacto vía e-mail o telefónica; en el proceso de descarte de proveedores se tuvieron en cuenta ciertos factores entre los cuales están:

- Los requerimientos impuestos para lograr el control deseado, es decir, el número de entradas y salidas que debía tener, así como su tipo (Análoga o digital).
- El tipo de aplicación a desarrollar, es decir, basados en la aplicación existen controladores de zona dedicados a estas, diseñados exclusivamente para la realización de tareas o rutinas específicas.
- La amplia gama disponible en el mercado de controladores de zona con comunicación BACnet, para obtener los beneficios dados por este protocolo.
- En la medida de lo posible, disponibilidad en el país, esto con el objetivo de evitar costos adicionales y facilitar asesoramiento por parte del proveedor.

Con base en lo anterior y después de realizar un contacto directo con el vendedor se tuvieron diferentes alternativas, las cuales se muestran a continuación, mostrando tanto las rechazadas como la seleccionada y las razones para realizar esto:

- **Reliable controls:** Esta compañía fue la primera en ser consultada, los productos que ofrecen para llevar a cabo nuestra aplicación en particular son:  
El controlador de zona: MATCH Zone, 8 entradas universales, 8 salidas universales, comunicación con protocolo BACnet MS/TP (EIA-485), PTP (EIA-232) y Protocolo Reliable Controls  
El controlador de red: MACH ProCom, comunicación protocolo BACnet, Modbus, Reliable control, SMTP, SMS, SNMP, hasta 8 módulos de expansión.  
Software de aplicación: para desarrollo de aplicaciones con control a nivel local “RC-Studio” y a nivel remoto “RC-Webview”.  
Esta alternativa fue rechazada, en primera instancia porque los controladores de zona ofrecidos no se ajustaban adecuadamente a los requerimientos, pues contaban con un gran número tanto de entradas como de salidas causando la “perdida” de las sobrantes, de igual manera el controlador de red y el software de aplicación tenían un costo exageradamente alto para los alcances y costos del proyecto (implementación de un BAS básico), además esta compañía no contaba con una sede o un distribuidor autorizado en nuestro país lo que dificultaba la importación y posterior asesoramiento en el manejo de los equipos.
- **Delta Controls:** compañía Canadiense la cual ofrece el siguiente conjunto de controladores:  
El controlador de zona: DAC304, 3 entradas Universales, 4 salidas digitales tipo triac, comunicación con protocolo BACnet MS/TP @ 9600, 19200, 38400 o 76800 bps (predeterminado), máximo 99 dispositivos por BACnet MS/TP; Delta LINKnet (protocolo propietario) @ 76800 bps (máximo 4 dispositivos en LINKnet).  
El controlador de red: DSC-R1616E, comunicación protocolo BACnet IP, BACnet sobre Ethernet, BACnet MS/TP; BACnet PTP, 16 entradas universales, 16 salidas análogas, sin capacidad de módulos de expansión.

Software de aplicación: con control a nivel local “ORCAview” y a nivel remoto “ORCAweb”.

El rechazo de esta alternativa se basó en que el controlador de red contaba con un número exagerado de entradas y salidas inútiles para la aplicación a desarrollar, por otro lado aunque el controlador de zona se ajustaba a los requerimientos la disponibilidad dentro del país es nula pues la compañía no cuenta con alguna sucursal o distribuidor autorizado.

- **KMC Controls:** Esta compañía ofrece los siguientes productos:

El controlador de zona: Flexstat, Controlador con display, Sensor de temperatura, 3 salidas digitales, comunicación con protocolo BACnet MS/TP (EIA-485), modelo BAC-10030C.

El controlador de red: Router BACnet, modelo BASRT, comunicación protocolo BACnet, sin puerto de conexión para módulos de expansión.

Software de aplicación: Total Control OWS para BACnet, soporta hasta 50 controladores, 1 web seat para control remoto, llave de hardware incluida, modelo TC-BAC.

Las razones para el rechazo de esta línea de equipos, fue básicamente el alto costo comparado con la opción seleccionada, pues el controlador de zona se adecuaba bastante bien a los requerimientos, al tipo de aplicación a realizar debido a que era un Flexstat típico en acondicionamiento de locales pequeños y además se tuvo la fortuna de contactar un distribuidor autorizado en nuestro país, específicamente en la ciudad de Medellín, el cual suministro información de forma ágil y amable.

- **TAC:** compañía de Schneider Electric, ofrece una línea de productos que permitió tener varias opciones en cuanto al controlador de zona que se ajustaba a la aplicación, solo se muestra la más económica y la más adecuada, los siguientes son los equipos:

El controlador de zona: MNB-70 TAC MicroNet BACnet Zone Controller, 3 entradas universales, 1 salida universal, 3 salidas digitales tipo triac comunicación con protocolo BACnet® MS/TP (EIA-485).

El controlador de red: MicroNet BACnet Plant Controller, comunicación protocolo BACnet, cuenta con 12 salidas universales, 4 entradas digitales.

Software de aplicación: para desarrollo de aplicaciones con control a nivel local “WorkplaceTech tool software” y a nivel remoto “Enterprise server y WorkplaceTechtool software”.

Basados en el alto precio del controlador de red y que el controlador de zona tenía aplicación específica en control de unidades manejadoras de aire, sistemas con cajas VAV y torres de enfriamiento, es decir, no de propósitos generales ( lo cual no quiere decir que imposibilite la selección) se decidió por rechazar esta alternativa; en cuanto a la disponibilidad de los equipos y las licencias de software en el país afortunadamente se encontró un distribuidor autorizado en la ciudad de Bucaramanga, que facilitaba notablemente los tramites de compra e implementación.

- **Andover continuum:** de la línea de controladores y software para sistemas de automatización de edificios que esta compañía ofrece se tuvieron varias Opciones en cuanto al controlador de zona a adquirir, sin embargo se descartaron los otros debido a que estaban diseñados para aplicaciones específicas (b3867) ó contaban con muchas entradas y salidas (b3800), tomando finalmente el siguiente conjunto de equipos y paquete de software:  
El controlador de zona: Andover Continuum b3887 Terminal Controller, diseñado exclusivamente para ser un controlador de zona de propósitos generales (monitoreo de la temperatura y estado de ocupación del cuarto),3 entradas universales, 1 entrada Smart sensors, 4 salidas digitales tipo triac, 1 salida digital tipo Relé, comunicación con protocolo BACnet® MS/TP (EIA-485).

El controlador de red: BCX1 Network Controller, controlador- enrutador, 10/100bT, puerto para módulos de expansión, 8 nodos MS/TP comunicación protocolo BACnet.

Software de aplicación: para desarrollo de aplicaciones con control a nivel local “Cyberstation Continuum software, hasta 1000 puntos y 5000 usuarios” y a nivel remoto “Web Client y 1 usuario para web.client Pro”.

Andover continuum actualmente empresa de Schneider electric fue la compañía seleccionada para la adquisición de los dispositivos, aunque la gama de productos con protocolo BACnet no es muy amplia los que ofrece abarcan gran parte de las aplicaciones típicas que se hacen, entre ellas las de aplicaciones generales en control de temperatura de cuartos pequeños, por otro lado cumple con los requerimientos de entradas análogas y salidas digitales y cuenta con un distribuidor autorizado en la ciudad de Bucaramanga, que posibilita el asesoramiento en cuanto a configuración, montaje y programación en caso de que sea necesario y agiliza el proceso compra y adquisición.

A continuación se muestra una tabla en donde se evidencian las características que permitieron llevar a cabo el descarte de diferentes compañías en el proceso de selección.

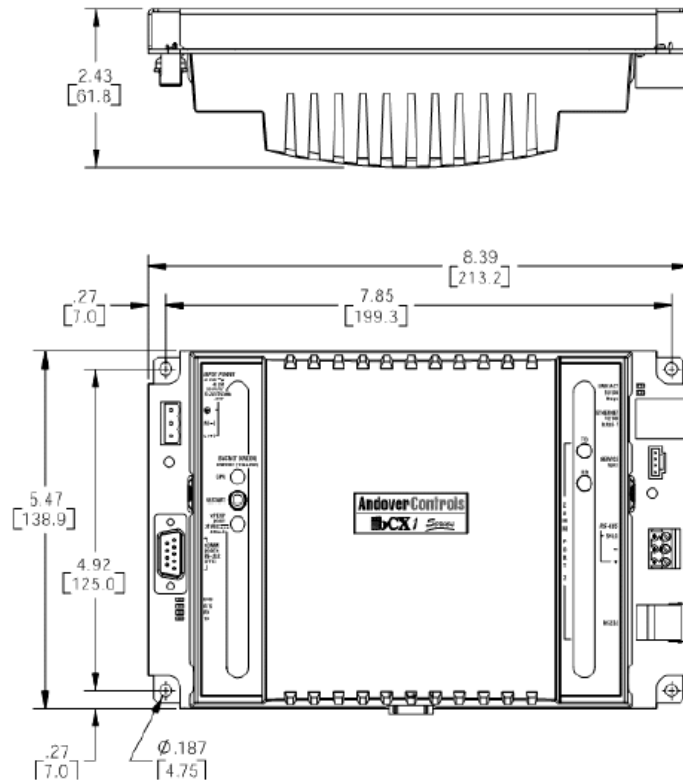
Tabla 1. Características de descarte en el proceso de selección

CARACTERISTICAS	Reliable controls	Delta Controls	KMC controls	TAC	Andover Continuum
Costo moderado					X
Controlador de red ajustado a los requerimientos					X
Controlador de zona ajustado a los requerimientos		X	X		X
Sede o distribuidor autorizado en el país			X	X	X

Fuente: Autores

**3.1.2.1.2 Características generales.** El bCX1 soporta hasta 18 objetos BACnet incluyendo registro de datos (Trends), creación de calendarios (Schedules), y Loops, programados en el software “andover continuum Cyberstation” mediante el lenguaje “Plain English language” tal y como el b3887 (controlador de zona), tiene una memoria SDRAM de 32MB y una FLASH de 16 MB, cuenta con un procesador Motorola 32-bit coldfire, 66Mhz, en la siguiente figura se muestran las medidas en pulgadas y milímetros encerradas por corchetes además de la geometría de este.

Figura 68. Geometría del controlador de red BACnet bCX1



Fuente: “Andover Continuum bCX1 Controllers/Router series”. [En línea]. México. [Consultado 21 de enero de 2012]. Disponible desde internet: <[http://products.schneider-electric.us/products-services/products/building-automation products/](http://products.schneider-electric.us/products-services/products/building-automation-products/)>

El bCX1 de acuerdo al estándar ASHRAE 135-2004 se puede comunicar directamente con lo que se conoce como sistemas “Third party” BACnet IP y BACnet MS/TP así como dispositivos Andover Continuum; está diseñado para fácil configuración, la cual es realizada por medio de un navegador web estándar al establecer una dirección IP y salvarla en la memoria Flash con la que cuenta. Esta memoria flash con la que cuenta sirve para almacenar el sistema operativo y los programas de aplicación y gracias a que dispone de un servidor web embebido es posible crear páginas web HTML que se acomoden a los requerimientos del usuario. La siguiente tabla resume las características del controlador.

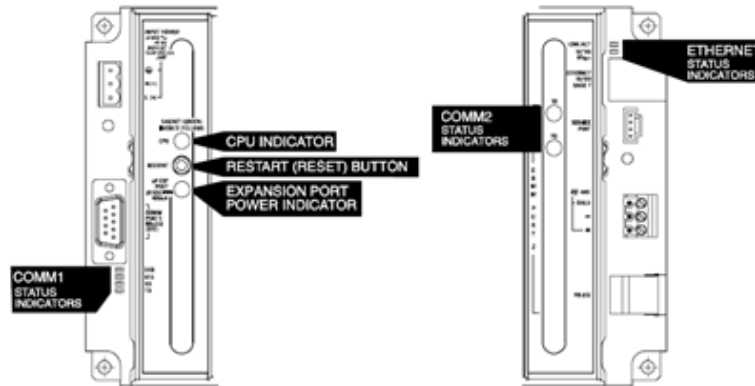
Tabla 2. Características del controlador de red bCX1

<b>Puertos</b>	
Ethernet	10/100
Comm1	Para Modem, Driver para Modbus etc.
Comm2	MS/TP, BACnet inalámbrico, Driver
<b>Enrutamiento</b>	
BACnet IP	
BACnet sobre Ethernet	
MS/TP	
BACnet Inalámbrico	
8 nodos MS/TP	
Memoria Flash	
Módulos I/O	
Lenguaje de programación Plain english	
Soporta Xdriver (driver para otros protocolos)	
<b>Web</b>	
Configuración básica	
Servidor web embebido	

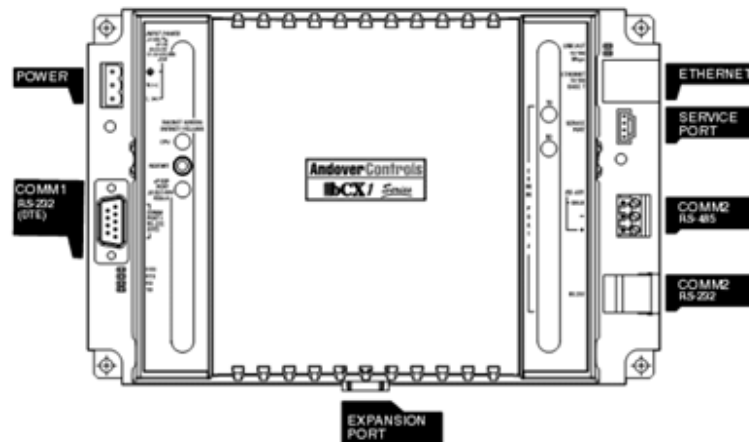
Fuente: "Andover Continuum bCX1 Controllers/Router series".[En línea]. México. [Consultado 21 de enero de 2012]. Disponible desde internet: <[http://products.schneider-electric.us/products-services/products/building-automation products/](http://products.schneider-electric.us/products-services/products/building-automation-products/)>

El bCX1 cuenta con una serie de puertos de conexión necesarios para obtener una funcionalidad adecuada, unos indicadores de estado de las diferentes variables y puertos y un botón de reset; la conexión llamada módulos de expansión permite conectar dispositivos que cuentan con entradas y salidas digitales y análogas según lo que se requiera, a continuación se muestra una figura en donde estos y todo lo demás anteriormente mencionado se puede observar:

Figura 69. Puertos de conexión e indicadores de estado del bCX1



Indicadores de estado y boton reset



Puertos principales de conexion

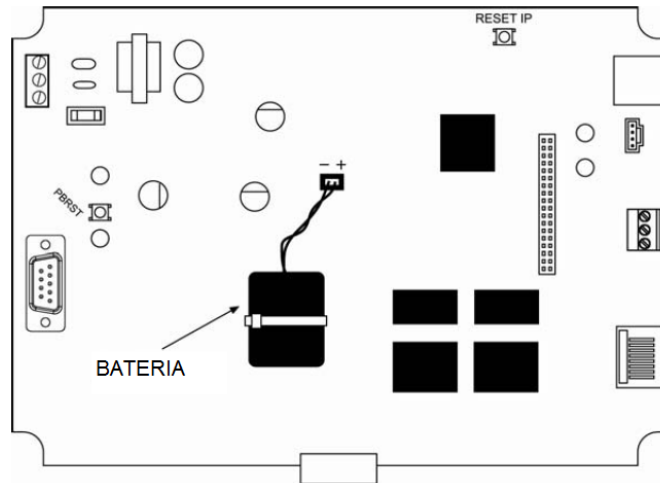
Fuente: “Andover Continuum bCX1 Controllers/Router series”. [En línea]. México. [Consultado 21 de enero de 2012]. Disponible desde internet: <[http://products.schneider-electric.us/products-services/products/building-automation products/](http://products.schneider-electric.us/products-services/products/building-automation-products/)>

**3.1.2.1.3 Características eléctricas.** El bCX1 cuenta con las siguientes especificaciones eléctricas:

- Suministro de potencia a 24V de corriente alterna o 12-28 de corriente directa.
- Consumo nominal de potencia 40VA.
- Fusible de protección de 3 Amperios para sobrecargas.

- Reloj en tiempo real con batería de respaldo (recargable, reemplazable, su ubicación en el controlador se muestra en la imagen de abajo).

Figura 70. Batería del bCX1

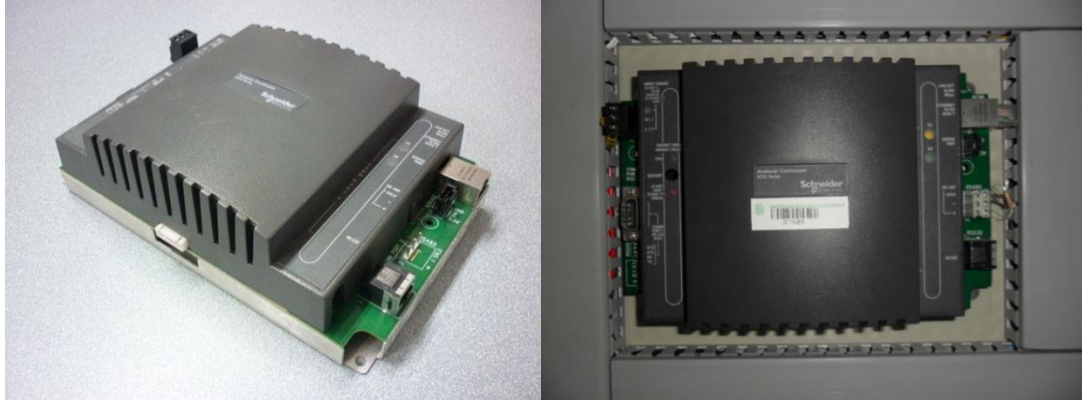


Fuente: "Andover Continuum bCX1 Controllers/Router series".[En línea]. México. [Consultado 21 de enero de 2012]. Disponible desde internet: <[http://products.schneider-electric.us/products-services/products/building-automtion products/](http://products.schneider-electric.us/products-services/products/building-automtion%20products/)>

**3.1.2.1.4 Comunicación.** Las especificaciones de comunicación para este dispositivo son:

- Interfaz de comunicación: BACnet/IP (10/100), BACnet MS/TP (RS-485, máximo 127 dispositivos), BACnet inalámbrico (RS-485, 32 dispositivos).
- Velocidad de Comunicación: BACnet MS/TP (9600,19.2K, 38.4K, 76.8Kbaud).
- Longitud del Bus: RS-485, 4000 Pies (1220 metros), el estándar, sin embargo con el uso de dispositivos repetidores BACnet se logra la extensión a distancias mayores.

Figura 71. Controlador bCX1.



Fuente: Autores

**3.1.2.2 Controlador de zona:** Este elemento del BAS contiene la rutina de programación deseada para llevar a cabo el control de los diferentes subsistemas, es decir, la lógica de control aplicada al aire acondicionado, la iluminación y la señalización luminosa de la sala de trabajo.

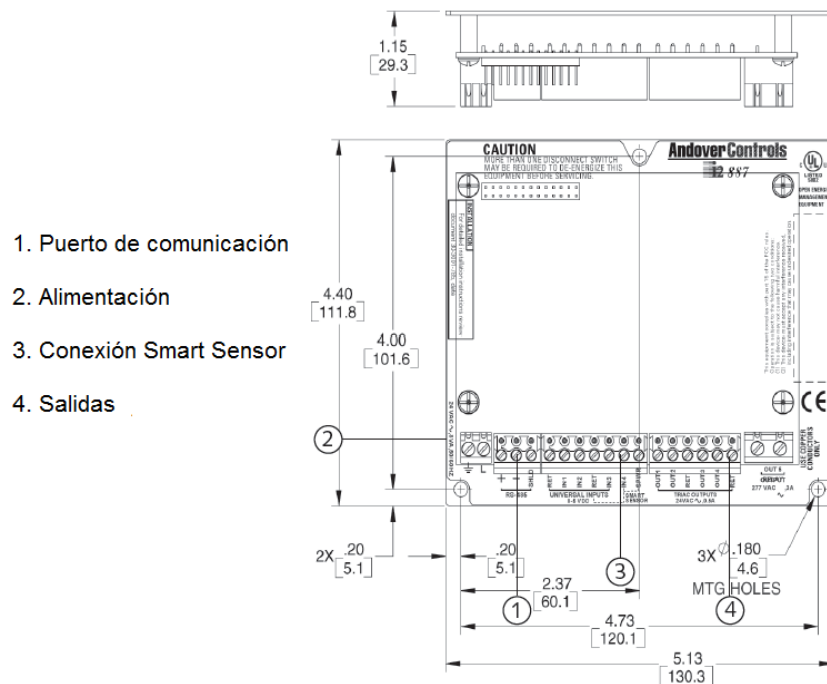
**3.1.2.2.1 Proceso de selección.** Se hizo de forma paralela con la selección del controlador de red, el cual se ha mencionado de forma detallada anteriormente; basados en los criterios expuestos allí, se seleccionó el controlador de zona que ofrece la línea de andover continuum para sistemas de control en red BACnet, esto es, el b3887 Zone Controller.

**3.1.2.2.2 Características generales.** El b3887 soporta hasta 18 objetos BACnet incluyendo registro de datos (Trends), creación de calendarios (Schedules), y Loops, programados en el software “andover continuum Cyberstation” mediante el lenguaje “Plain English language”, de igual manera como controlador con BACnet nativo este permite comunicación con otros dispositivos BACnet conectados en una red MS/TP tal como lo establece el estándar ASHRAE 135-2004.

El equipo es de fácil desmontaje para reprogramación de tareas, cuenta con un puerto de servicio para actividades de revisión rápida y una memoria no volátil

(1MB FLASH, 512K SRAM) que suministra alta confiabilidad en el desempeño del equipo y permite actualizaciones de software on-line. La siguiente figura muestra los puertos de conexión de comunicación (1), de suministro de energía (2), entrada para el Smart sensor (3), las salidas digitales (4), así como su geometría con las dimensiones básicas.

Figura 72. Puertos de conexión del controlador de zona BACnet b3887



Fuente: "Andover Continuum b3887 Terminal Controllers".[En línea]. USA. [Consultado 21 de enero de 2012]. Disponible desde internet: <[http://products.schneider-electric.us/products-services/products/building-automtion products/](http://products.schneider-electric.us/products-services/products/building-automtion%20products/)>

**3.1.2.2.3 Características eléctricas.** El b3887 cuenta con las siguientes especificaciones eléctricas:

- Suministro de potencia a 24V de corriente alterna.
- Consumo nominal de potencia 10VA.
- Fusible de protección de 1Amperio para sobrecargas.
- Reloj en tiempo real.

**3.1.2.2.4 Comunicación.** Dentro de las especificaciones para la comunicación se encuentran:

- Interfaz de comunicación: RS-485, BACnet MS/TP.
- Velocidad de Comunicación: 9600,19.2K, 38.4K, 76.8K baud (la cual es una unidad de medida, usada en telecomunicaciones, que representa la cantidad de veces que cambia el estado de una señal en un periodo de tiempo).
- Longitud del Bus: 4000 Pies (1220 metros), el estándar, sin embargo con el uso de dispositivos repetidores BACnet se logra la extensión a distancias mayores.

**3.1.2.2.5 Canales.** Para la conexión de dispositivos de entrada y de salida, el B3887 cuenta con los siguientes canales:

- **Entradas**

3 Entradas universales con voltaje (0-5.115VDC), de Temperatura de -30°F a 230°F (-34°C a 110°C), Digitales (ON/OFF), Entrada de corriente (0 - 20 mA) utilizando un resistencia externa de 250 Ohm.

1 entrada para el sensor inteligente de temperatura de 32°F a 105°F (0°C a 41°C), resolución de las entradas: 0.5mV, precisión: ±15mV (±0.56°C de -23°C a +66°C ó ±1°F de -10°F a +150°F).

- **Salidas**

4 salidas digitales tipo TRIAC, single pole single throw (SPST) Forma A con máximo 0.3A a 24 VAC y mínimo 30mA AC.

1 salida digital tipo relé Forma A de 277 VAC @3A, no se permiten cargas con corriente directa, y la precisión es de 0.1 segundo por pulso de ancho de modulación.

Figura 73. Controlador de zona BACnet b3887



Fuente: Autores

**3.1.3 Preactuadores y dispositivos de salida.** Los preactuadores son elementos que reciben las diversas señales eléctricas de comando y sirven a modo de interfaz para la posterior activación de los diversos dispositivos de salida (actuadores) como lo son motores eléctricos, resistencias eléctricas, balizas luminosas etc.; físicamente pueden tener diversas formas y principios de operación.

**3.1.3.1 Relés** Estos elementos electromecánicos son los dispositivos de salida y tienen como función dentro del sistema de automatización de edificios el accionamiento de los circuitos de potencia de acuerdo a la lógica programada en los controladores. En la siguiente figura se muestra uno de los relés adquiridos y el conjunto de relés instalados en el tablero eléctrico

Figura 74. Relés de 8 pines VRPL08 y LR86957.



Fuente: Autores

Para este caso en particular (implementación de un BAS básico) se hizo uso de 5 relés marca VCP y 1 relé marca Relpol cuyas referencias son VRPL08 y LR86957 respectivamente. Respecto a la selección de estos elementos se tuvo en cuenta dos factores bien definidos:

- Especificaciones de manejo de carga: se seleccionaron de tal manera que las condiciones de voltaje y corriente que la carga iba a manejar no excedieran los valores nominales del dispositivo.
- Especificación de voltaje de accionamiento: se seleccionaron los VCP con bobina de 24VAC (pues así lo requería el controlador de zona) y el LR86957 con bobina de 110VAC (para poder realizar un ajuste en el accionamiento de la iluminación basados en la señal enviada por el sensor de presencia)

A continuación se muestra una tabla en donde se puede visualizar la función dentro del BAS básico y las especificaciones técnicas para cada uno de estos elementos.

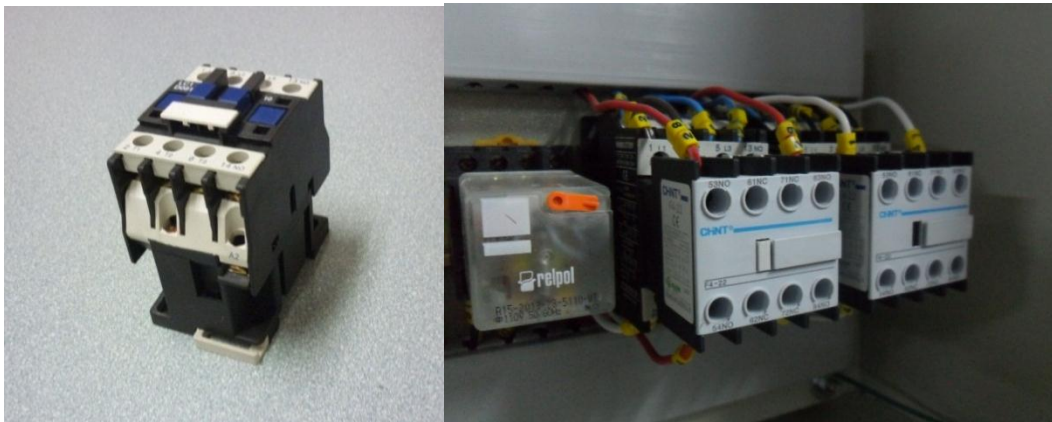
Tabla 3. Función y especificaciones eléctricas de los relés

RELE	FUNCION	ESPECIFICACIONES TECNICAS
1. VRPL08 de 8 pines Marca VCP	Accionamiento del ventilador de la unidad condensadora del aire acondicionado, lo cual a su vez enciende el compresor.	Tensión de control: 24VAC Tensión de Línea: 250VAC Corriente de Línea: 10 A Potencia de accionamiento de la bobina: 2.7 VA
2. VRPL08 de 8 pines Marca VCP	Accionamiento del ventilador de la unidad evaporadora del aire acondicionado en velocidad baja.	Tensión de control: 24VAC Tensión de Línea: 250VAC Corriente de Línea: 10 A Potencia de accionamiento de la bobina: 2.7 VA
3. VRPL08 de 8 pines Marca VCP	Accionamiento del ventilador de la unidad evaporadora del aire acondicionado en velocidad alta.	Tensión de control: 24VAC Tensión de Línea: 250VAC Corriente de Línea: 10 A Potencia de accionamiento de la bobina: 2.7 VA
4. VRPL08 de 8 pines Marca VCP	Accionamiento de baliza luminosa de personas en la entrada del laboratorio.	Tensión de control: 24VAC Tensión de Línea: 250VAC Corriente de Línea: 10 A Potencia de accionamiento de la bobina: 2.7 VA
5. VRPL08 de 8 pines Marca VCP	Accionamiento de la iluminación en la sala de trabajo.	Tensión de control: 24VAC Tensión de Línea: 250VAC Corriente de Línea: 10 A Potencia de accionamiento de la bobina: 2.7 VA
6. LR86957 de 8 pines Marca Relpol	Permite la correcta adaptación del sensor de presencia de la sala de trabajo al controlador de zona por medio de un contacto normalmente abierto.	Tensión de control: 120VAC Tensión de Línea: 250VAC Corriente de Línea: 10 A

Fuente: Autores

**3.1.3.2 Contactores.** Son elementos electromecánicos marca SASSIN con módulos de expansión CHINT que permiten o interrumpen el paso de corriente en el circuito, para este caso en particular se adquirieron dos dispositivos con sus respectivos módulos de expansión lo cual habilita un total de seis contactos normalmente abiertos, tienen como función el accionamiento de los dos modos con los que cuenta el BAS implementado (modo manual y modo automático) los cuales serán descritos con más detalle posteriormente.

Figura 75. Contactores



Fuente: Autores

**3.1.3.3 Baliza Luminosa.** Este elemento es un dispositivo de salida (actuador) del sistema de automatización, tiene como función detectar intrusión en la entrada del laboratorio, su referencia es la 16110 marca EBCHQ, funciona a 220 voltios, es de tipo licuadora, consume 10W de potencia, sus dimensiones geométricas son 100X160mm.

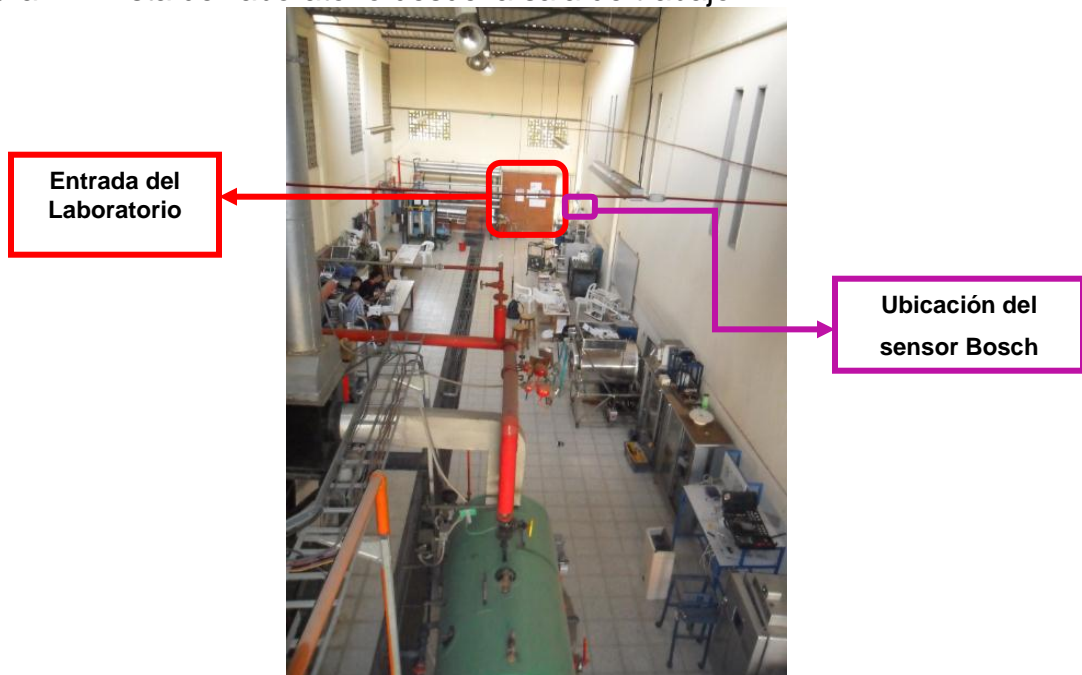
Figura 76. Baliza luminosa



Fuente: autores

En la siguiente figura se muestra una vista del laboratorio de máquinas térmicas, se puede notar la puerta de acceso y la ubicación del sensor de presencia Bosch el cual envía una señal al controlador que por medio de una lógica ya establecida acciona la baliza.

Figura 77. Vista del laboratorio desde la sala de trabajo

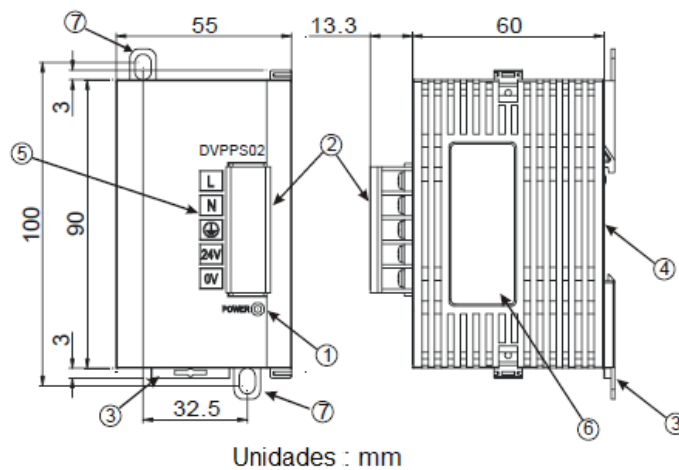


Fuente: Autores

**3.1.4 Dispositivos de alimentación.** Los dispositivos de alimentación eléctrica utilizados para el BAS básico implementado son básicamente tres: Una fuente regulada de 24VDC, dos transformadores y un adaptador a corriente continua.

**3.1.4.1 Fuente regulada.** Con el objetivo de no someter a sobretensiones, que en un momento dado pudieran llegar a ocasionar problemas, se decidió llevar a cabo la alimentación del bCX1 (controlador de red) con una fuente regulada que arrojará un valor de voltaje constante en el tiempo.

Figura 78. Fuente regulada a 24VDC



Unidades : mm

1	Led indicador de encendido
2	Terminales de entrada y salida
3	Pestaña para el montaje
4	Ranura para montaje sobre riel
5	Etiqueta
6	Placa de datos
7	Agujeros de montaje

Fuente: “DVPPS01 y DVPPS02 power output module”. [En línea]. USA. [Consultado 21 de enero de 2012]. Disponible desde internet: <  
<http://http://www.delta.com.tw/product/em/control/plc/download/manual/5011619600-PE00.pdf> >

La fuente regulada utilizada es fabricada por la compañía DELTA, modelo DVPPS02, cuenta con una alimentación a 100- 240 VAC y genera una salida de 24 VDC hasta de 2 Amperios de corriente.

Figura 79. Fuente de voltaje regulada



Fuente: Autores

A continuación se muestra de forma más detallada los datos técnicos de esta, esto es: voltaje y corriente de entrada, voltaje y corriente de salida, eficiencia, peso, etc.

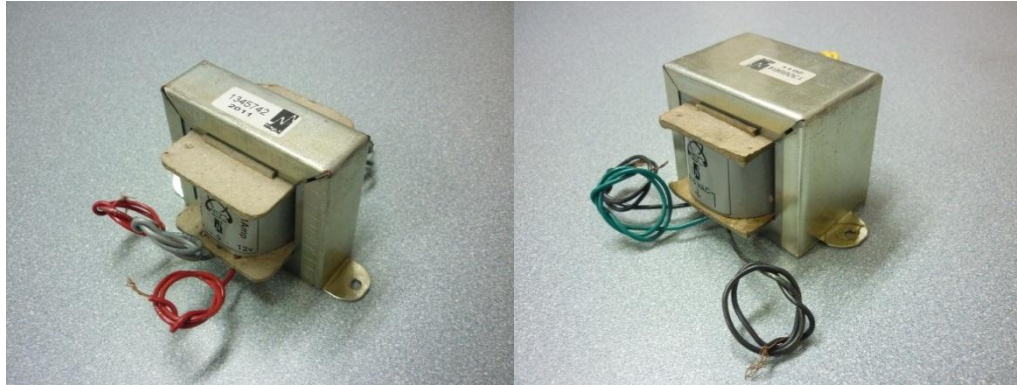
Tabla 4. Especificaciones eléctricas de la fuente regulada.

ITEM	DVPPS02
Entrada	100-240VAC (-15%,+10%) 50 /60 Hz
Salida	24VDC(+3%), máximo 2 A (corriente)
Eficiencia	78-87% (a full carga)
Condiciones de operación/ almacenamiento	0°C-55°C (temperatura), 50%-95% (Humedad)/ -25°C-70°C (temperatura), 5%-95% (Humedad)
Peso	250 gramos

Fuente: Autores

**3.1.4.2 Transformadores.** En el BAS básico implementado se cuenta con dos transformadores de voltaje, ellos tienen la función de suministrar la energía eléctrica con las características adecuadas, uno para el controlador de zona B3887 y el otro para los relés que funcionan a 24VAC, es decir, los 5 relés VRPL08 de 8 pines Marca VCP.

Figura 80. Transformadores de voltaje



Fuente: Autores

Los transformadores adquiridos son de la marca MAGOM y distribuidos por ASC electrónica, las especificaciones técnicas para cada uno de estos se muestran a continuación.

Tabla 5. Especificaciones técnicas de los transformadores.

MODELO	FUNCION	VOLTAJE DE ENTRADA PRIMARIO	VOLTAJE DE SALIDA SECUNDARIO	CORRIENTE NOMINAL DE SALIDA
M1	Suministrar energía al controlador de zona	110 VAC	24VAC	1 A
M5	Suministrar energía a los relés VCP	110 VAC	24VAC	3 A

Fuente: Autores

**3.1.4.3 Adaptador de corriente directa.** Este dispositivo básicamente es el encargado de alimentar el sensor Bosch ubicado en la entrada del laboratorio, en la siguiente tabla se puede ver sus especificaciones.

Tabla 6. Especificaciones técnicas del adaptador.

ITEM	MW 1250
Voltaje de entrada	100-240VAC 50 /60 Hz
Voltaje de salida	12VDC (+-3%)
Corriente de salida máxima	0.5A

Fuente: Autores

**3.1.5 Elementos de protección (Breakers).** Elementos de seguridad que hacen corte de energía por exceso de corriente, básicamente son un interruptor termo magnético monopolar (interruptor limitador) fabricado por Schneider electric modelo C60N con una corriente de disparo por temperatura de 1 Amperio, con una tensión de empleo de 120VAC y disparo magnético entre 5 y 10 amperios (en caso de que haya corto circuito); los otros dos son marca SASSIN modelos 3SB1-63N C16 y 3SB1-63N C6 para soportar hasta 415V y 240V respectivamente.

Figura 81. Breakers



Fuente: Autores

**3.1.6 Elementos de transmisión de energía y datos.** Los tipos de cable utilizados para la implementación de este BAS básico fueron: cable calibre 18, Cable UTP y cable para comunicación MS/TP.

**3.1.6.1 Cable UTP.** Este elemento fue utilizado para llevar a cabo la transmisión de datos entre el controlador de red bCX1 y el servidor del sistema de control (Workstation).

Figura 82. Cable UTP.



Fuente: Autores

**3.1.6.2 Cable y alambre.** El cable fue utilizado para llevar a cabo todas las conexiones del sistema control (entre controlador de zona y relés, entre sensores y controlador, entre transformadores y controlador etc.), por otro lado el alambre permitió la conexión y ajuste de los circuitos de potencia intervenidos para lograr la implementación del BAS, como bien se sabe el cobre es un excelente conductor así que por sus bondades y amplio uso se empleó elementos de cobre. Para lograr dicho fin se usó cable calibre 18AWG y alambre calibre 14AWG.

Figura 83. Cable calibre 18AWG y alambre calibre 14AWG



Fuente: Autores

**3.1.6.3 Cable de comunicación MS/TP.** Para lograr comunicación entre el controlador de zona y el controlador de red fue necesario utilizar un cable de comunicación MS/TP con resistencia de 120 Ohmios en cada extremo con el objetivo de mejorar la comunicación, esto siguiendo recomendaciones del fabricante.

Figura 84. Cable de comunicación MS/TP



Fuente: Autores

**3.1.7 Workstation.** Este es un elemento fundamental porque contiene la plataforma software encargada de la integración, puesta en marcha del sistema, monitoreo de variables, control de alarmas, supervisión de puntos, obtención de reportes, en el presente proyecto no se contó con grandes servidores o múltiples workstations, simplemente se adaptó un equipo de cómputo que contara con

ciertos requerimientos de hardware y de software, a continuación se muestran estos.

Tabla 7. Requerimientos hardware para la Workstation

REQUERIMIENTOS HARDWARE	
Mínimos	Recomendados
Intel Core 2, duo, 1.66 GHz	Quad core, 2 Ghz o mejor
2 Gb Ram	4 Gb ram
15 Gb de espacio libre en el disco	30 Gb de espacio libre en el disco
Lector de CD-ROM	Lector de CD-ROM
Resolución de video 1024 x 768 pixeles	Resolución de video 1024 x 768 pixeles
Puerto paralelo o USB	Puerto paralelo o USB
Tarjeta gráfica con directX 9.x con 256Mb de ram dedicada	Tarjeta gráfica con directX 10 y WDDM 1.0 con 512Mb de ram dedicada
REQUERIMIENTOS SOFTWARE	
Sistema operativo (alguno de los mencionados)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Microsoft Windows XP professional Workstation (SP3)</li> <li>Microsoft Windows server 2003 (SP2)</li> <li>Microsoft Windows server 2003 R2 (SP2)</li> <li>Microsoft Windows vista Ultimate (SP2)</li> <li>Microsoft Windows vista business (SP2)</li> <li>Microsoft Windows server 2008 using SQI 2008</li> <li>Microsoft Windows server 2008 R2</li> <li>Microsoft Windows 7 professional</li> <li>Microsoft Windows 7 ultimate</li> </ul>
Browser	<ul style="list-style-type: none"> <li>Para Microsoft Windows Xp, vista y server 2003 : internet Explorer 7.0 ó internet explorer 8.0</li> <li>Para Microsoft Windows 7: internet explorer 8.0</li> </ul>
Base de datos	<ul style="list-style-type: none"> <li>SQL server 2000 (SP4)</li> <li>SQL server 2005 (SP3)</li> <li>SQL server 2008 (SP1)</li> <li>SQL server 2008 R2</li> </ul>
Otros	<ul style="list-style-type: none"> <li>Microsoft .NET framework versión 2.0 y Microsoft .NET Framework versión 3.5 (SP1)</li> </ul>

Fuente: Autores

El software utilizado por andover continuum, Schneider electric es el “andover continuum cyberstation” para control local y “Web client” para control remoto, complemento de este último. A continuación se muestran dos imágenes: la de la izquierda el equipo de cómputo adecuado y la de la derecha un Print Screen de la interfaz de usuario implementada.

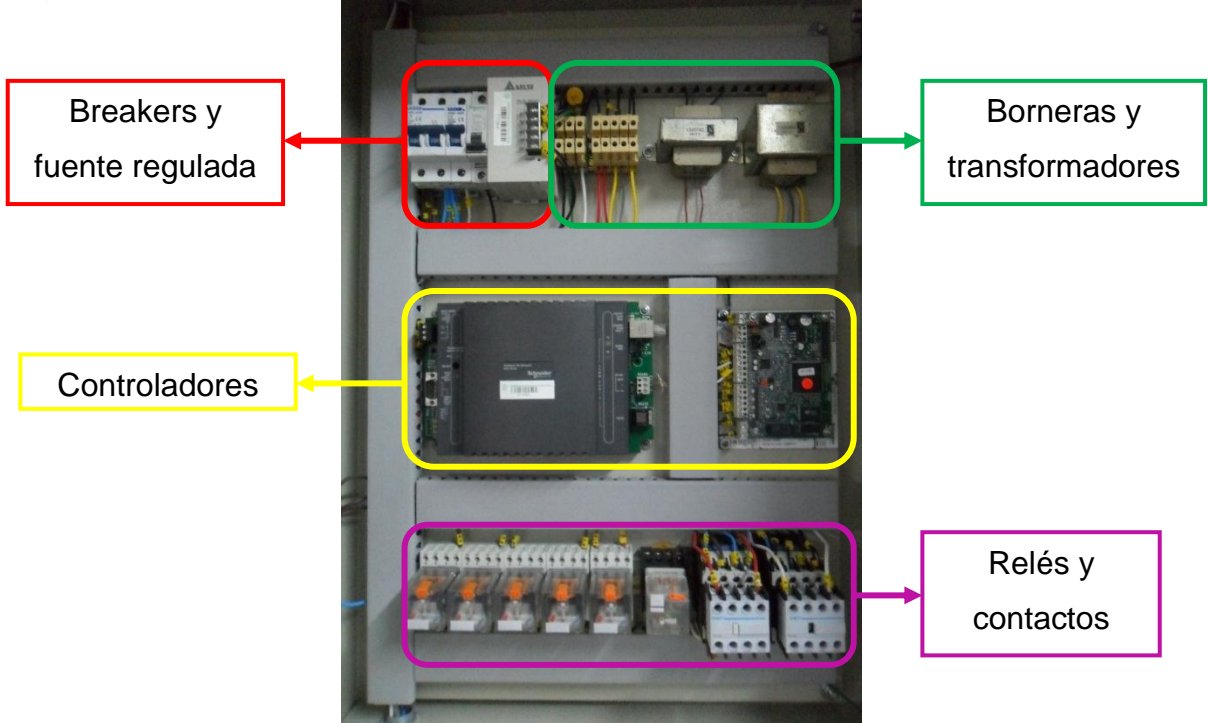
Figura 85. Workstation e interfaz gráfica.



Fuente: Autores

**3.1.8 Tablero eléctrico.** Su función principal es permitir el montaje de diversos elementos que hacen parte de este sistema de control (relés, fuentes de voltaje, controladores, etc.), en él se pueden distinguir varias zonas en donde se agrupan los elementos con características y funciones similares tal como se puede apreciar en la siguiente figura. En la primera fila se encuentran los breakers, borneras y dispositivos de alimentación (Fuente, regulada y transformadores), en la segunda los controladores de red y de zona (el cerebro del sistema de control) y finalmente en la tercera los relés y contactores.

Figura 86. Tablero eléctrico.



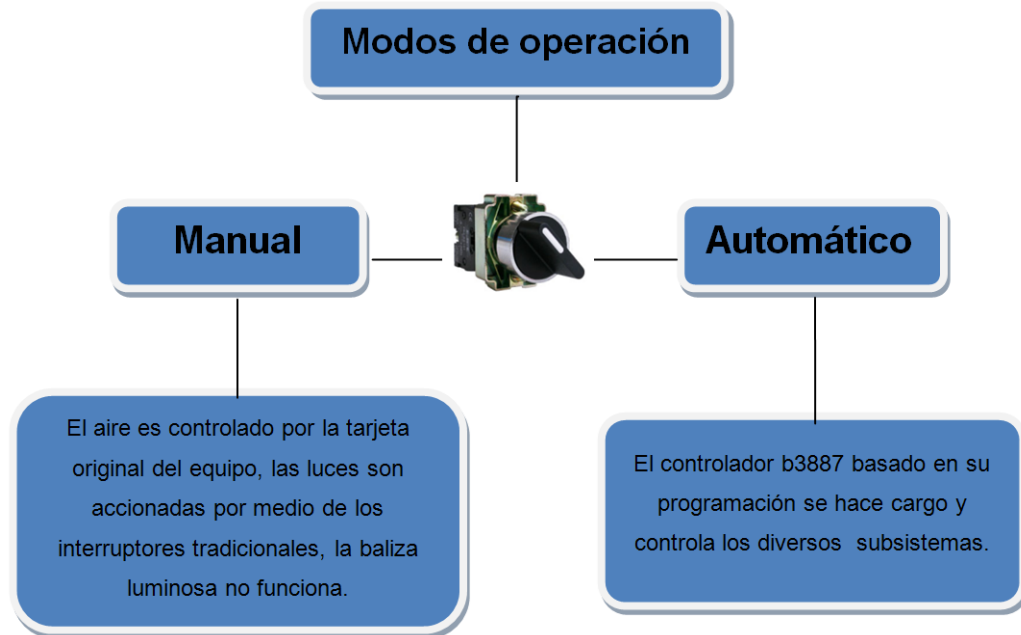
Fuente: Autores

### 3.2 INTEGRACION DE ELEMENTOS Y CREACION DE SUBSISTEMAS

Realizada una extensa descripción de los elementos fundamentales usados en el sistema de control, se hace necesario entregar los últimos detalles que permitieron la integración y puesta en marcha del BAS y sus subsistemas: HVAC, Iluminación y alarmas y sensores.

Antes de empezar la descripción de la implementación del sistema es necesario dar a conocer que dentro de la concepción del BAS se decidió habilitar un selector con el fin de activar o desactivar el sistema de forma manual y de ese modo tener un plan de contingencia ante cualquier eventualidad.

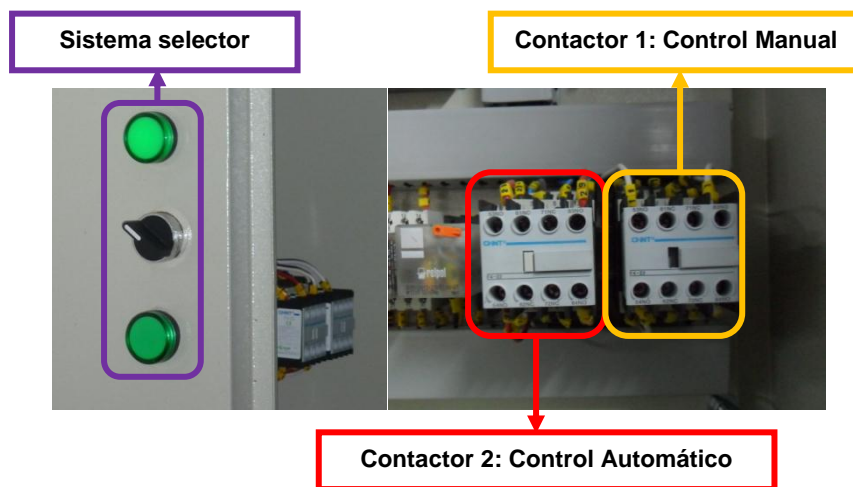
Figura 87. Modos de operación del BAS.



Fuente: Autores

El sistema selector cuenta con dos contactores que se energizan de manera alternada, el primero de ellos es el encargado de conectar todas las líneas desviadas tanto del aire acondicionado como del circuito eléctrico de la iluminación a sus destinos iniciales y de este modo no afectar el desempeño original de los subsistemas (control manual).

Figura 88. Sistema selector.



Fuente: Autores

El segundo contactor conecta todas las líneas desviadas a las salidas de los relés VCP que son gobernados por el controlador de zona BACnet y de este modo permite el control automático de los subsistemas. Un detalle importante de mencionar es que si en el sistema selector, el botón luminoso superior está encendido quiere decir que el contactor número 1 está activado y por consiguiente se tiene el control manual.

**3.2.1 HVAC.** Este subsistema está compuesto por el equipo de aire acondicionado de la sala de trabajo, el cual se adecuó para que los controladores pudiesen gobernarlo directamente; el termistor mencionado anteriormente (en la descripción de los componentes) complementa el componente HVAC del BAS y está conectado en la cuarta entrada del controlador.

**3.2.1.1 Generalidades.** El equipo de aire acondicionado con el cual cuenta la sala de trabajo es de tipo SPLIT, modelo YJCA24FSA-ADA de la marca YORK, lo que corresponde al modelo YJEA24FSA-ADA para la unidad interior (unidad evaporadora) y YJDA24FSA-ADA (unidad condensadora) para la unidad exterior, las cuales se muestran a continuación:

Figura 89. Unidad exterior y unidad interior



Fuente: "Minisplit high wall air conditioner Installation & Owner's Manual". [En línea]. USA. [Consultado 21 de Febrero de 2012]. Disponible desde internet:<  
[http://www.york.com.ua/files/Atlas\\_EN-J263.1181139313.pdf](http://www.york.com.ua/files/Atlas_EN-J263.1181139313.pdf) >

**3.2.1.2 Especificaciones técnicas.** Este modelo utiliza el refrigerante R22, tiene una capacidad de 24.000 BTU/hora y su alimentación eléctrica se realiza a 220-240 VAC, y 60Hz, las especificaciones técnicas se muestran de forma detallada en la siguiente Figura 91.

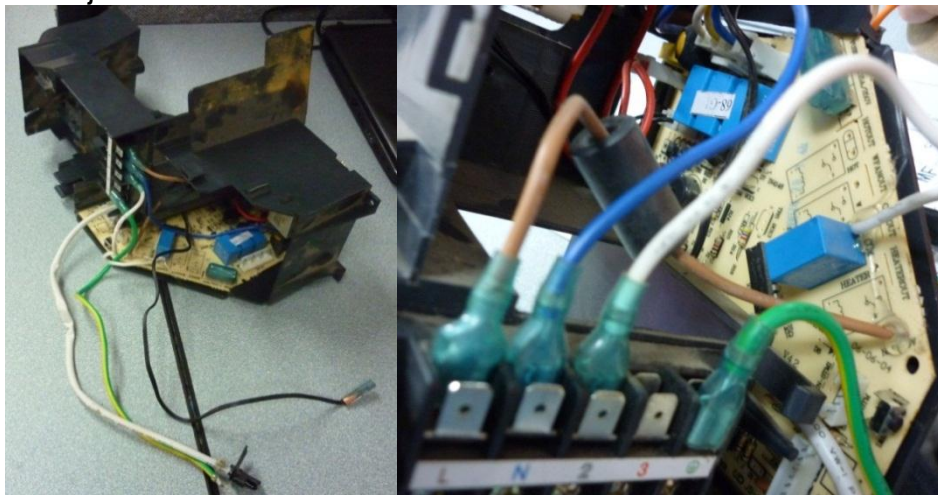
Figura 90. Especificaciones Técnicas

<b>Modelos</b>		<b>Unidad Interior</b>	<b>YJEA</b>	
			<b>24HP</b>	
		<b>Unidad Exterior</b>	<b>YJDA-24HP</b>	
<b>Fuente de Alimentación</b>		<b>V/Ph/Hz</b>		
		<b>Ph</b>	<b>1</b>	
<b>Consumo de Energia</b>		<b>kw</b>	<b>2,80</b>	
<b>Corriente de funcionamiento</b>		<b>A</b>	<b>12,5</b>	
<b>Carga de Refrigerante</b>				
<b>Carga de Refrigerante</b>		<b>gr</b>	<b>1750</b>	
<b>Nivel de ruido</b>		<b>Interior</b>	<b>dB(A)</b>	
		<b>Exterior</b>	<b>60</b>	
<b>Unidad Interior</b>	<b>Fuente de Alimentación</b>		<b>V/Ph/Hz</b>	
			<b>Ph</b>	
			<b>1</b>	
	<b>Ventilador</b>	<b>Flujo de aire</b>	<b>m³/h</b>	<b>1000</b>
		<b>Alimentación de entrada</b>	<b>W</b>	<b>70</b>
		<b>Corriente de funcionamiento</b>	<b>A</b>	<b>0,45</b>
	<b>Dimensiones</b>		<b>Altura</b>	<b>mm</b>
			<b>Ancho</b>	<b>mm</b>
			<b>Profundidad</b>	<b>mm</b>
	<b>Peso</b>		<b>kg</b>	<b>15</b>
<b>Controles Para el Manejo del Sistema</b>				
<b>Unidad Exterior</b>	<b>Fuente de Alimentación</b>		<b>V/Ph/Hz</b>	
			<b>Ph</b>	
			<b>1</b>	
	<b>Compresor</b>		<b>Cantidad</b>	<b>1</b>
			<b>Tipo de compresor</b>	
	<b>Dimensiones</b>		<b>Altura</b>	<b>mm</b>
			<b>Ancho</b>	<b>mm</b>
			<b>Profundidad</b>	<b>mm</b>
	<b>Peso</b>		<b>kg</b>	<b>70</b>
	<b>Tuberías</b>	<b>Tipo</b>		
<b>Tamaño del tubo</b>		<b>Succión</b>	<b>pulgada</b>	
		<b>Líquido</b>	<b>pulgada</b>	
			<b>5/8</b>	
			<b>3/8</b>	

Fuente: "Minisplit high wall air conditioner Installation & Owner's Manual". [En línea]. USA. [Consultado 21 de Febrero de 2012]. Disponible desde internet:<  
[http://www.york.com.ua/files/Atlas\\_EN-J263.1181139313.pdf](http://www.york.com.ua/files/Atlas_EN-J263.1181139313.pdf) >

**3.2.1.3 Modificaciones y adecuación de la unidad de aire acondicionado.** La unidad de aire acondicionado cuenta con una tarjeta electrónica de fábrica la cual puede ser catalogada como el cerebro de la unidad, esta recibe las instrucciones desde un panel receptor instalado en el frente de la unidad evaporadora, como se puede notar en la siguiente figura es un sistema muy compacto y depurado, la idea desde un principio no fue remover esta tarjeta sino ofrecer un sistema de mando en paralelo por esta razón surgió la perilla selectora que es la encargada de activar uno u otro sistema como ya se ha mencionado anteriormente. A continuación se muestra una imagen de la tarjeta electrónica de fábrica ya desmontada.

Figura 91. Tarjeta electrónica de fábrica

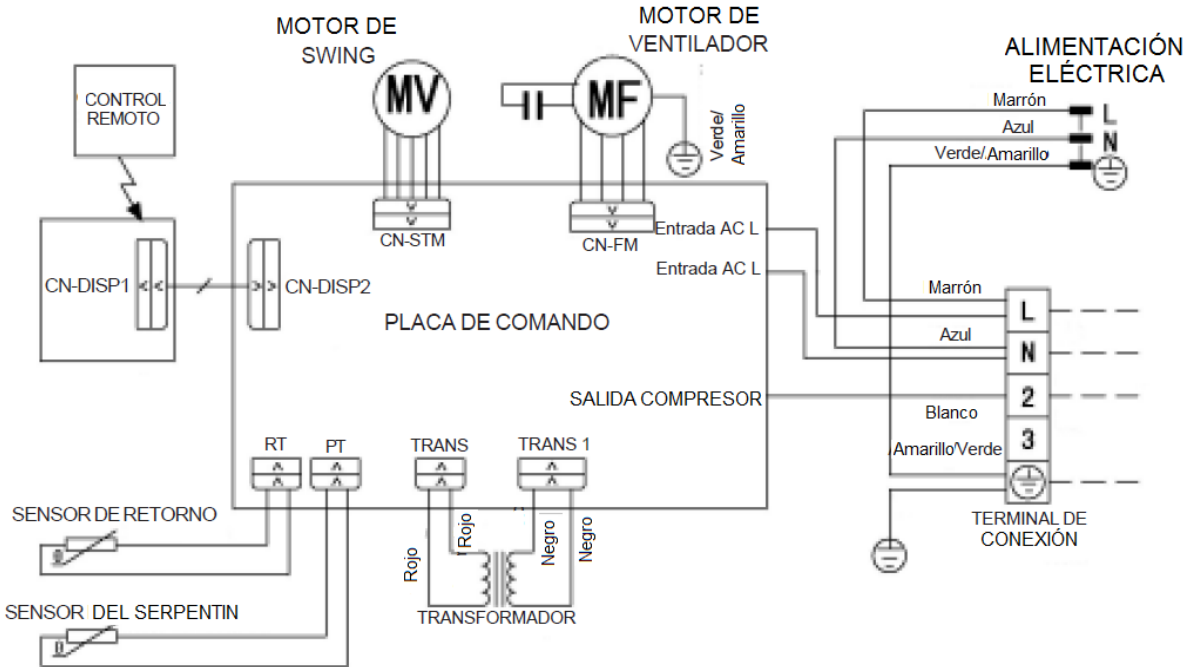


Fuente: Autores

En la imagen se pueden apreciar muchos detalles entre los que se destacan la presencia de los relés electromecánicos y el espacio dejado para la instalación del sistema de control de calefacción tanto en la tarjeta (marcado como “heater” en la baquelita) como en el pequeño barraje de alimentación (conexión numero 3), al cual llegan las dos fases: L de color marrón y N de color azul (alimentación eléctrica de la tarjeta); para una mejor comprensión del sistema de control original

se presentan a continuación los diagramas eléctricos tanto de la unidad interior como de la unidad exterior.

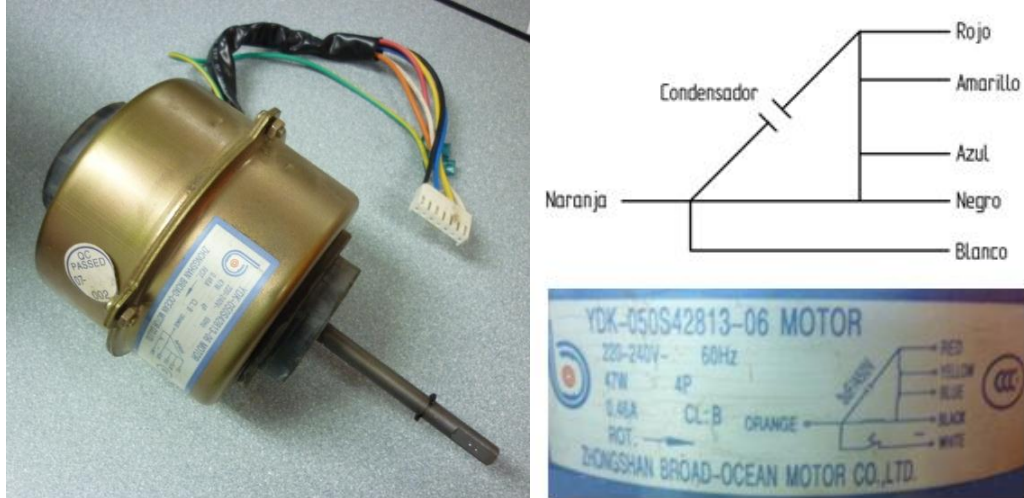
Figura 92. Diagrama eléctrico de la unidad interior



Fuente: Autores

La unidad evaporadora cuenta con dos motores eléctricos, uno de ellos es el encargado de mover un ventilador el cual permite el intercambio de calor entre el aire ambiente que succiona y el fluido refrigerantes que fluye por los tubos, este se conoce como motor del ventilador, el otro es un pequeño motor paso a paso encargado de mover las persianas a la salida del aire simplemente denominado como motor de swing; dado que es fundamental tener control sobre el motor del ventilador debido a que este regula el flujo de aire acondicionado al ambiente, como primera medida se intervino la alimentación de dicho elemento.

Figura 93. Motor del ventilador en la unidad evaporadora



Fuente: Autores

Como se puede ver en su diagrama eléctrico el motor posee un condensador (terminales rojo y naranja) que facilita el arranque además de otras cuatro líneas de color amarillo, azul, negro y blanco que al combinarse de determinada manera aumentan o disminuyen la velocidad de giro. Para energizar el motor hay que tener en cuenta que una fase debe ir siempre por la línea de color blanco y la otra fase se conecta a una de las líneas restantes, así se obtienen tres combinaciones que se reflejan en tres velocidades de giro.

Tabla 8. Conexión eléctrica para las velocidades del motor del evaporador

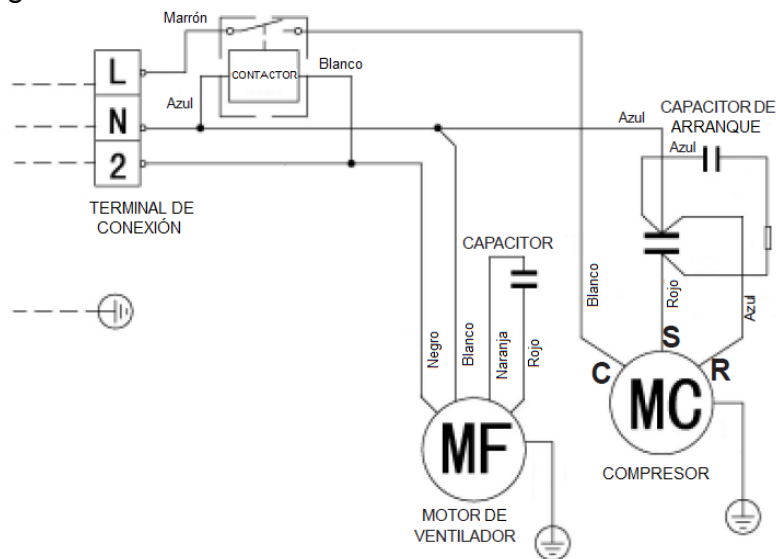
Líneas conectadas	Velocidad de giro
Blanca + Amarilla	Baja
Blanca + Azul	Media
Blanca + Negra	Alta

Fuente: Autores

Aunque se manipularon las cuatro líneas de alimentación desviándolas hasta el tablero eléctrico solo es posible activar dos velocidades cuando esta activo el controlador de zona BACnet (control automático) con la ayuda de un par de relés VCP, esto debido a la cantidad de salidas disponibles en el controlador de zona.

Así mismo se puede apreciar como de la tarjeta electrónica se desprende la línea numerada como dos (2), dicha línea es fundamental para el correcto funcionamiento de la unidad exterior porque permite el accionamiento del motor del ventilador y posteriormente con ayuda del contactor el accionamiento del compresor como se puede apreciar en la siguiente figura, la señal de la línea dos es enviada por la tarjeta dependiendo de la lógica establecida en este y las señales capturadas por los sensores.

Figura 94. Diagrama eléctrico unidad exterior



Fuente: Autores

la unidad exterior al igual que la interior cuenta con dos motores eléctricos, el primero de ellos mueve un ventilador que propulsa aire en un segundo intercambiador de calor para condensar el fluido de trabajo (ventilador del condensador) y el segundo motor se encarga de mover el compresor y aumentar la presión del refrigerante, pues bien cuando la línea dos es energizada automáticamente se enciende el motor del ventilador y se inicia una pequeña secuencia para encender el motor del compresor esta es comandada por un contactor que al dispararse cierra el circuito y permite el paso de corriente. Basta con reemplazar adecuadamente la línea dos con la fase L para activar la unidad

exterior es por eso que esta también se desvió hacia el tablero eléctrico en donde el controlador de zona y un relé VCP se encargan de hacer dicha sustitución. Controlada la unidad exterior y el ventilador de la unidad evaporadora el equipo de aire acondicionado queda adecuado para que el controlador de zona lo gobierne.

### 3.2.2 Iluminación

**3.2.2.1 Descripción general.** El sistema de iluminación que se tiene utiliza lámparas fluorescentes, en total son 8 lámparas situadas en 4 plafones (2 lámparas por plafón), tienen un consumo de 32W cada una, dando en total 256W.

Figura 95. Sistema de Iluminación

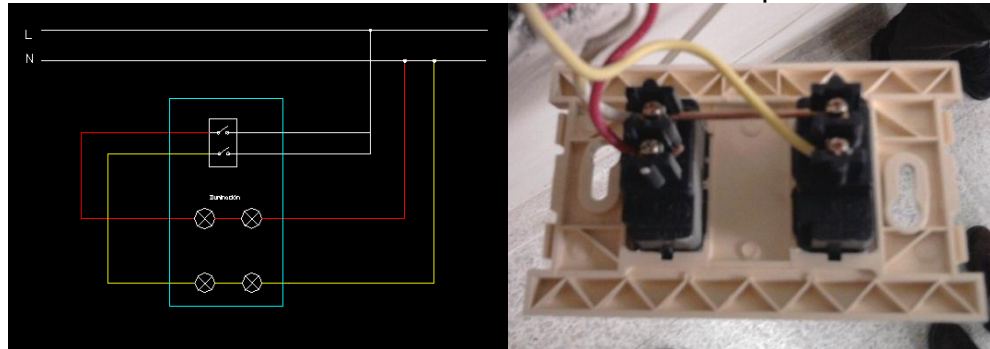


Fuente: Autores

Como ya se mencionó y al igual que el aire acondicionado, el control de la iluminación se puede hacer de manera automática usando los sensores de presencia y el controlador de zona, en cuyo caso los encendedores tradicionales quedan completamente deshabilitados o bien puede funcionar de forma normal todo depende de la perilla selectora instalada en el tablero eléctrico.

**3.2.2.2 Circuito eléctrico.** El circuito de conexión inicialmente encontrado es el que se muestra a continuación:

Figura 96. Circuito eléctrico sistema de iluminación e interruptor tradicional



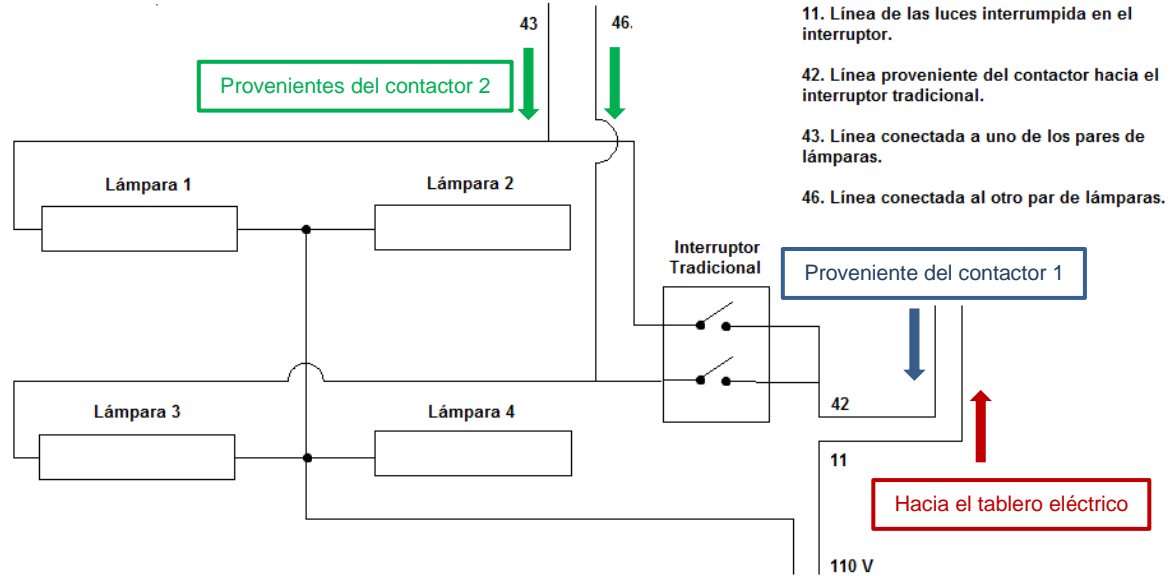
Fuente: Autores

El cable blanco corresponde a la línea L (línea viva), los cables amarillo y rojo corresponden a cada interruptor y son los encargados del accionamiento de cada par de lámparas.

### **3.2.2.3 Modificaciones y adecuación del circuito eléctrico en la iluminación.**

Para lograr completa autonomía en el control de la iluminación se desvió la línea de 110V antes de su paso por el interruptor tradicional hacia el tablero eléctrico (numerado como 11 en el tablero), donde es canalizada por un breaker y un contactor antes de retornar casi al mismo punto donde se interrumpió originalmente (numerado como 42 en el tablero), esto puede ser visto literalmente como alargar la línea de transmisión pero con la ventaja de poder interrumpir el circuito a conveniencia.

Figura 97. Adecuación del circuito eléctrico de iluminación.



Fuente: Autores

Cuando la perilla selectora gira y el modo automático entra en funcionamiento el primer contactor es desenergizado e inhabilita el circuito eléctrico original pero automáticamente el segundo contactor se energiza y permite el paso de corriente eléctrica a través de él (salidas numeradas como 43 y 46), la corriente solo es suministrada si el controlador de zona activa uno de los relés VCP, el proceso descrito anteriormente se puede apreciar en la siguiente figura.

**3.2.3 Alarma y sensores de presencia.** Conceptualmente un BAS está conformado por tres subsistemas tal como se ha mencionado en repetidas ocasiones: HVAC, Iluminación y seguridad, sin embargo el presente proyecto no cuenta con un subsistema de seguridad consolidado debido a los altos costos que exige implementar uno de estos, en lugar de ello se decidió instalar una serie de dispositivos (baliza luminosa y sensor de presencia) que generan una alarma de intrusión en el laboratorio, brindando al personal que se encuentra en la sala de trabajo una notificación de ingreso de personas al recinto.

**3.2.3.1 Descripción general.** Como se ha descrito anteriormente el controlador de zona BACnet tiene capacidad para administrar hasta cuatro entradas ya sean binarias o análogas, la primera de ellas se asignó al contacto magnético instalado en la puerta de acceso a la sala de trabajo del laboratorio, es así como podemos determinar en cualquier instante si la puerta se encuentra abierta o cerrada. La segunda de ellas se destinó para el censado de presencia dentro de la sala de trabajo, objetivo que se alcanzó usando un conjunto conformado por dos sensores y un relé tal como se explica en el siguiente párrafo.

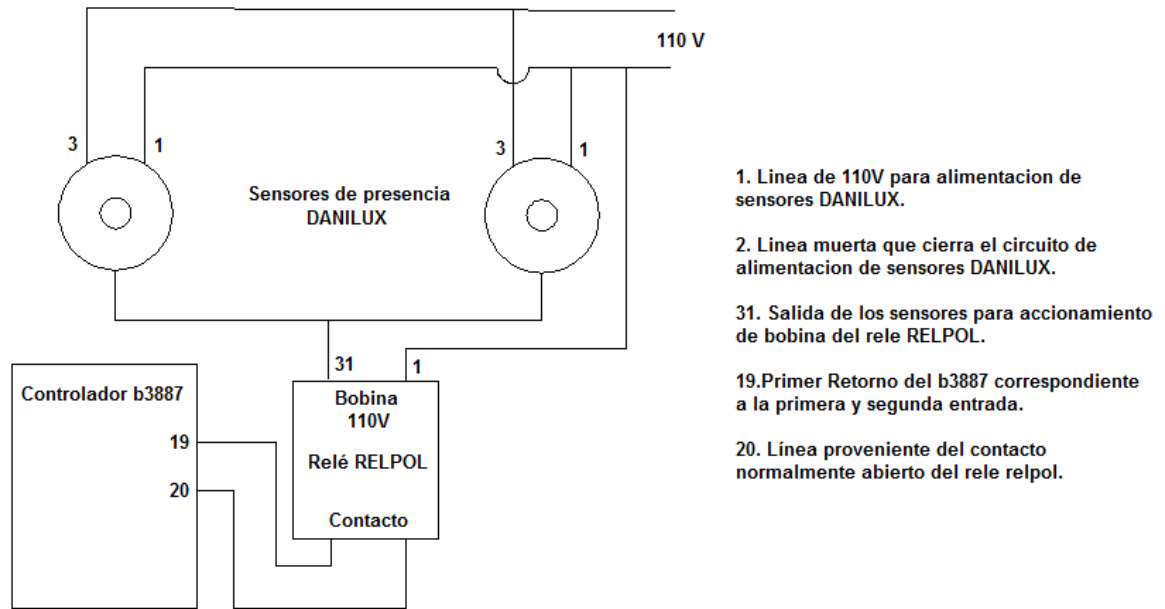
Tabla 9. Asignación de entradas al controlador b3887

Entrada	Dispositivo conectado
1	Contacto Magnético
2	Sensores de presencia DANILUX
3	Sensor Bosch
4	Termistor

Fuente: Autores

Dado que los típicos sensores de presencia requieren una fuente de alimentación entre 9 y 15 VDC para su correcto funcionamiento, en lugar de estos, se implementaron dispositivos diseñados para ser instalados directamente en las líneas de 110V disponibles, vale recalcar que estos últimos no cuentan con una salida apta para ser conectada directamente al controlador de zona BACnet así que se adiciono un relé electromecánico cuya bobina se alimenta a 110V sirviendo de interfaz a la señal que finalmente es entregada al controlador por uno de los contactos del relé, es decir, al tenerse la señal del sensor, la salida (31) se activa generando con esto el accionamiento de la bobina del relé, al accionarse la bobina, el contacto normalmente abierto se cierra, lo que finalmente causa que el controlador detecte este cambio y por tanto se muestre la presencia de personas en la sala de trabajo.

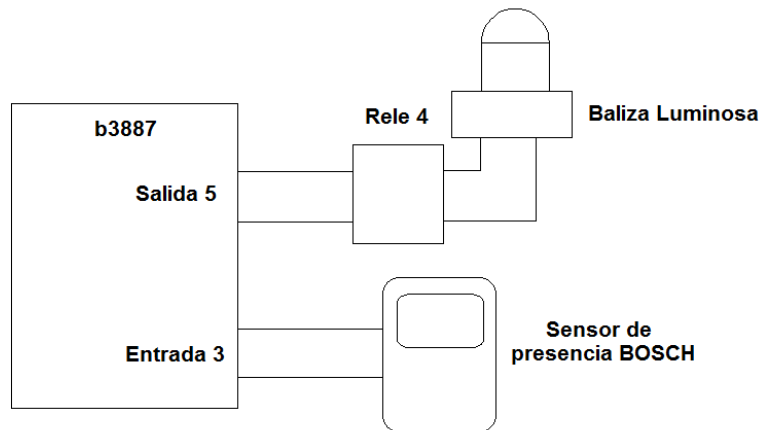
Figura 98. Esquema del conjunto sensores DANILUX y el relé electromecánico RELPOL.



Fuente: Autores

La tercera entrada del controlador (importante en este apartado) corresponde al otro sensor de presencia instalado en la entrada del laboratorio, este dispositivo es alimentado por una fuente de 12VDC y cuenta con su propio relé conectado directamente al controlador; lo interesante aquí es lo que realiza el controlador basado en la señal dada por este sensor, ya que si se tiene una señal de presencia y el programa destinado a controlar la baliza luminosa (alarma) se encuentra activo, el controlador energiza uno de los relés VCP (relé 4, específicamente) y enciende esta, la cual está instalada en la parte superior del tablero eléctrico y de este modo alerta sobre cualquier intrusión.

Figura 99. Diagrama de conexión baliza luminosa y sensor BOSCH.



Fuente: Autores

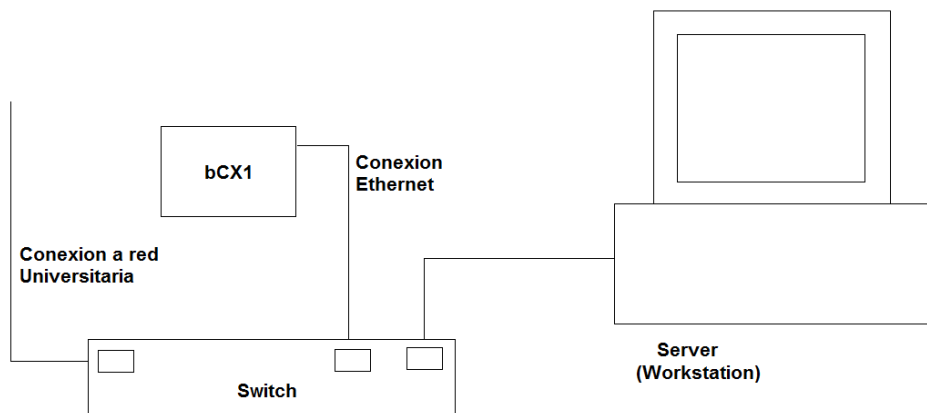
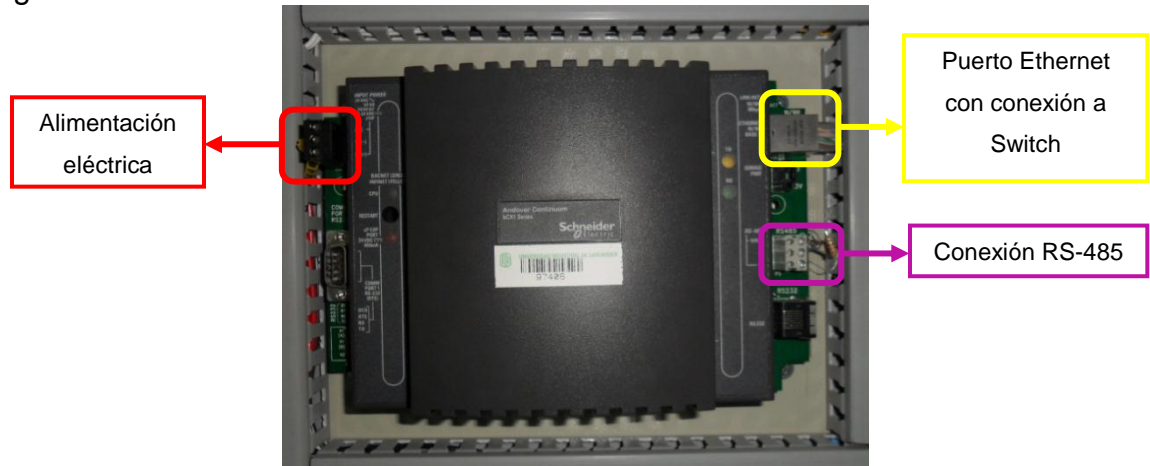
**3.2.4 Instalación de los controladores.** Los dos controladores con los cuales se cuenta se encuentran instalados en la parte central de tablero, cada uno de ellos con un sistema de alimentación independiente, a continuación se detalla el cableado de cada uno de ellos.

**3.2.4.1 Controlador de red.** El controlador bCX1 cuenta con diversos puertos de comunicación, característica que le da versatilidad a la hora de servir como puerta de enlace a los demás dispositivos. Dentro del desarrollo del BAS implementado solo el puerto Ethernet con interfaz RJ-45 y el puerto de comunicación 2 con estándar RS485 ubicados en la parte derecha del controlador fueron usados. El primero de ellos está conectado a un switch, suministrado amablemente por la oficina de servicios de información, mediante un cable UTP crossover, de este modo se enlaza directamente a la red universitaria. El segundo es usado para enlazar el controlador de zona directamente y así lograr un intercambio de información tal como lo dispone la arquitectura de red maestro-esclavo.

Hay dos cables de alimentación provenientes de la fuente de 24VDC y un cable con conexión de polo a tierra que se conectan en el extremo izquierdo del

controlador, hecho lo anterior el controlador queda listo para cumplir su función dentro del BAS.

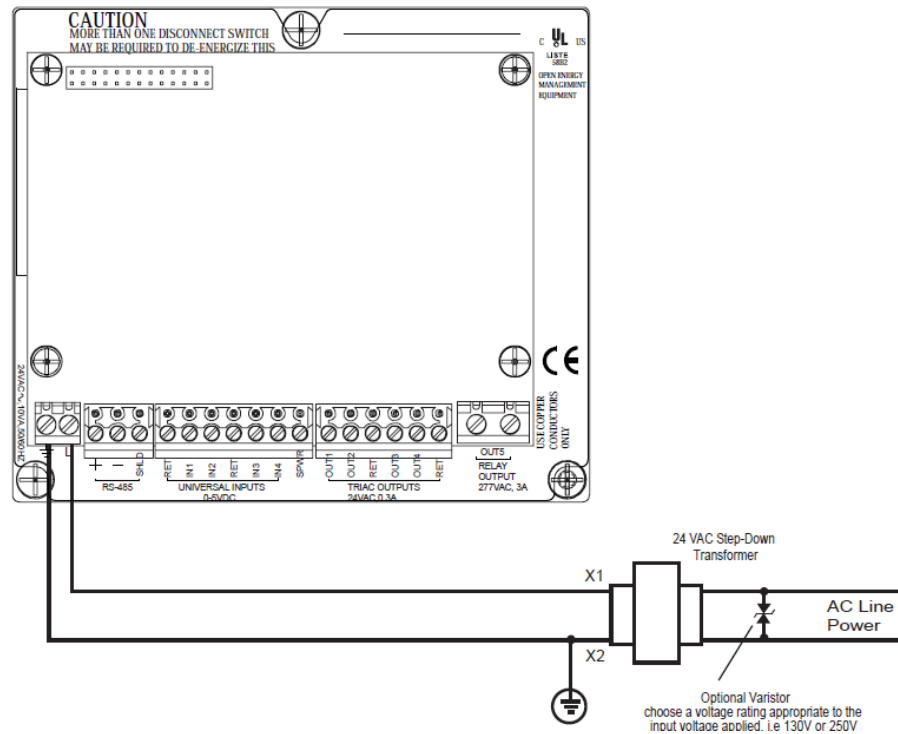
Figura 100. Conexiones realizadas en el bCX1.



Fuente: Autores

**3.2.4.2 Controlador de zona.** El controlador b3887 es un controlador múltiple propósito algo restringido pero aprovechado al máximo dentro del BAS implementado, como primera característica hay que destacar que su único puerto de comunicación con estándar RS-485 permite la conexión directa con el controlador bCX1, así mismo su alimentación se realiza a partir de un transformador de voltaje justo como se aprecia en la siguiente figura:

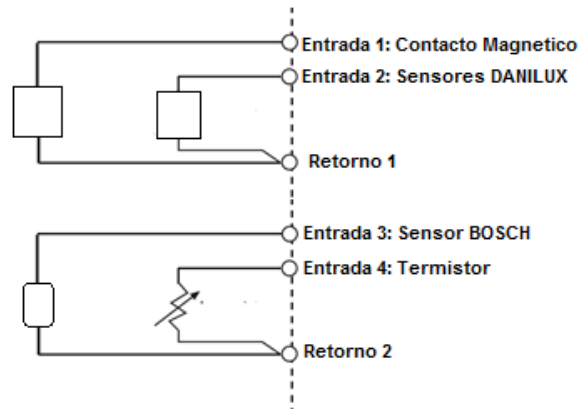
Figura 101. Conexión de la alimentación para el controlador b3887



Fuente: “Andover Continuum b3887 Terminal Controllers”, [En línea]. USA. [Consultado 10 de Febrero de 2012]. Disponible desde internet: <<http://products.schneider-electric.us/products-services/products/building-automation-products/>>

Cabe indicar que el varistor mostrado en la figura anterior también se instaló en la entrada del transformador para un voltaje de 120VDC. Respecto a la conexión de las entradas universales es importante mencionar que se comparte un retorno por cada par de entradas, esto se tuvo que tener muy claro a la hora de hacer el cableado de los sensores, la siguiente figura indica como se conectaron las entradas del controlador.

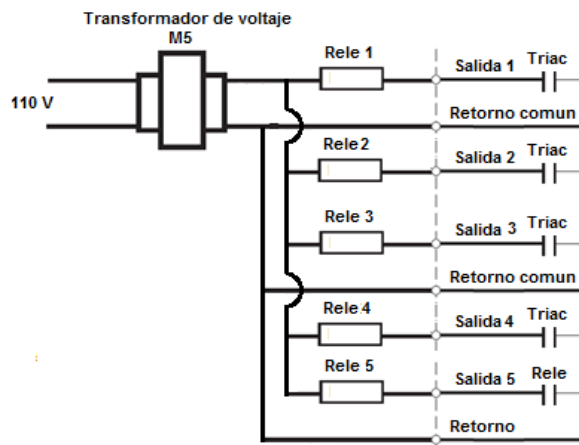
Figura 102. Conexión de entradas en el controlador b3887



Fuente: Autores

Finalmente para la conexión de las salidas hay que tener presente que el controlador no es el encargado de energizar los relés, esto lo hace un transformador de voltaje directamente, el controlador cuenta con elementos llamados triacs, los cuales solo funcionan con corriente alterna y son los que realmente son accionados por el controlador, estos pueden configurarse de varias formas, por pares o de manera individual, dependiendo de la aplicación para la cual serán usados, cuando son usados de forma individual los triacs pueden ser interpretados como un interruptor más dentro de determinado circuito, en la siguiente figura se puede observar cómo se realizó dicha conexión.

Figura 103. Conexión y cableado de las salidas digitales tipo Triacs

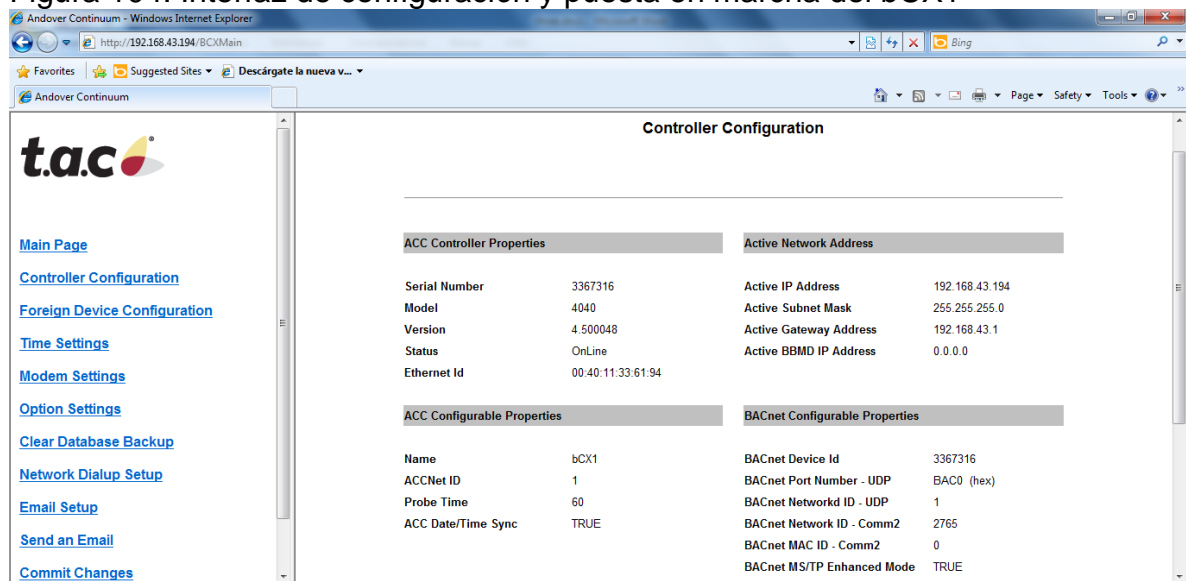


Fuente: Autores

La lógica programada en el controlador determina que el momento en el cual se debe cerrar un triac, al producirse esto se energiza la bobina del relé correspondiente, accionando los contactores para poner en funcionamiento el aire acondicionado, las lámparas o la baliza dependiendo de la salida que se active. Respecto a la última salida del controlador de zona que no cuenta con un triac y en lugar de ello si con un pequeño relé se puede decir que no hubo variación en el cableado.

**3.2.5 Puesta en marcha o commissioning del controlador de red** El controlador de red también cumple la labor de enrutador y como tal hay parámetros que deben ser establecidos por medio de un procedimiento de puesta en marcha, este no otra cosa que la configuración de ciertas características de red por medio de un navegador web estándar como el internet explorer.

Figura 104. Interfaz de configuración y puesta en marcha del bCX1



Fuente: Autores

Como primera medida se conecta directamente el controlador a la tarjeta de red de cualquier computador por medio de un cable Ethernet y una interfaz RJ45, se inicia el navegador de preferencia el internet explorer y se digita la dirección IP

actual del controlador dentro de la barra de dirección del navegador, al realizar dicha acción emerge un cuadro de dialogo exigiendo nombre de usuario y contraseña, existe una combinación predeterminada para completar estos campos, la palabra ACC tanto para usuario como para contraseña, de esta forma se puede acceder a la configuración del controlador como se puede apreciar en la Figura 104.

La página principal ofrece un resumen de la configuración actual del controlador y ciertas características como su modelo y número de serie. La puesta en marcha permite configurar muchos parámetros como el reloj interno del controlador o la gestión del respaldo de la base de datos pero existen otros que se destacan por su importancia, estos son los parámetros de red tales como: dirección IP activa, la máscara de subred y dirección del Gateway y del servidor DNS los cuales son indispensables para lograr una conexión exitosa entre el sistema de control y cualquier usuario conectado a la red.

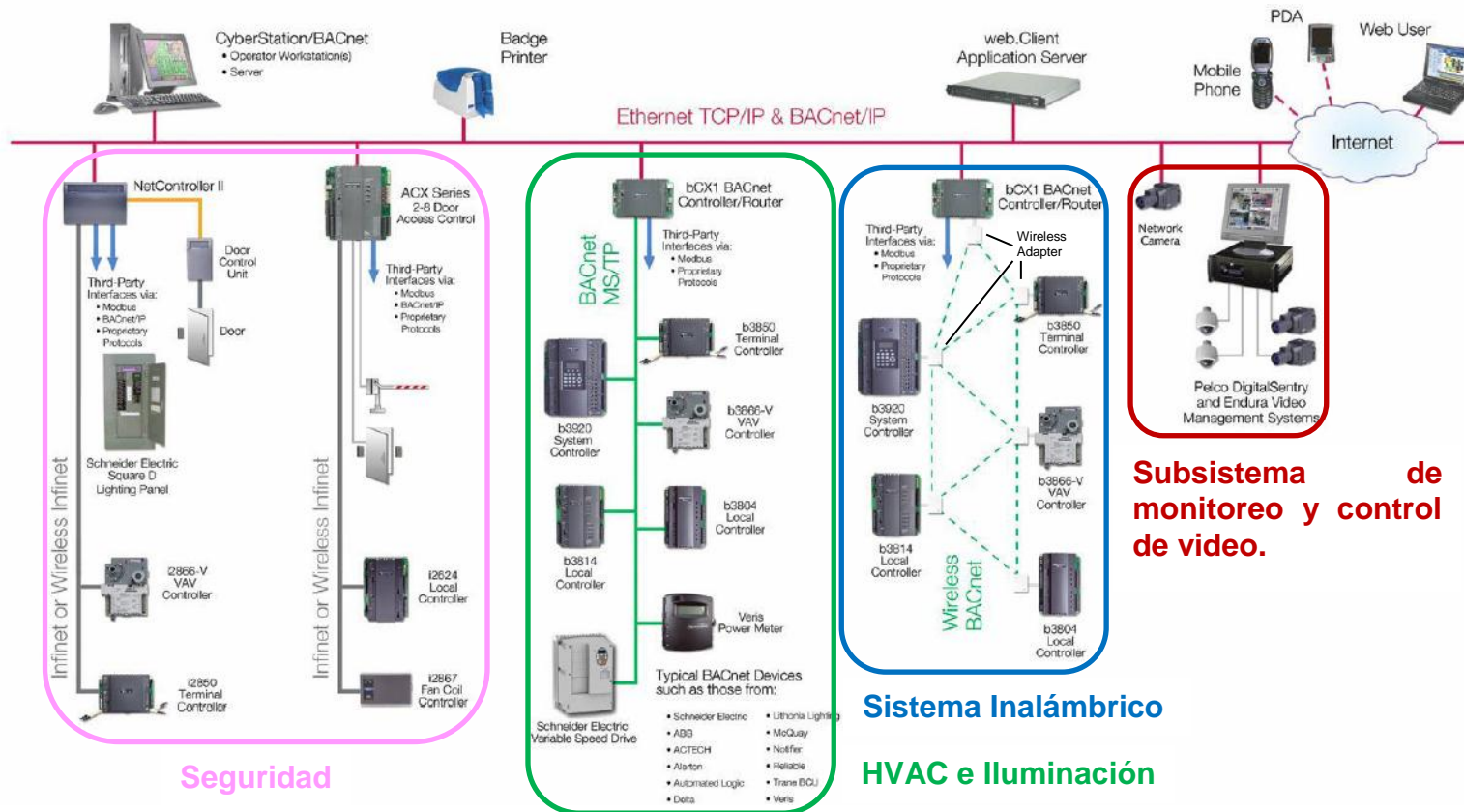
#### **4. IMPLEMENTACION DE LA PLATAFORMA SOFTWARE ANDOVER CONTINUUM**

Andover continuum es una empresa de origen norteamericano adquirida por Schneider electric, esta empresa se dedica a la creación e implementación de sistemas de automatización en edificios, en donde los subsistemas de HVAC, Iluminación y seguridad, presentes en una edificación, son unificados bajo un único sistema de control distribuido, con una arquitectura tal como se muestra en la figura 105.

La solución de andover continuum para la automatización de edificios incluye el uso de los controladores bCX1 para subsistemas de HVAC e Iluminación, estos controladores usan ya sea Infinet (protocolo de comunicación propietario) o BACnet MS/TP para enlazar los dispositivos acoplados en niveles inferiores de la arquitectura; Y como protocolo de comunicación para los niveles superiores de la red se usa el estándar TCP/IP o el estándar BACnet IP dependiendo de si el protocolo usado en los niveles inferiores es Infinet o BACnet MS/TP respectivamente.

Respecto al subsistema de seguridad Andover Continuum incluye el uso de controladores dedicados a los sistemas de seguridad, ya sea el ACX1 de la serie ACX o el Netcontroller II, estos controladores usan solo el protocolo de comunicación propietario (Infinet) para enlazar los dispositivos acoplados en niveles inferiores de la arquitectura, mientras que para los niveles superiores de la red de comunicación usan como base la red Ethernet y la familia de protocolos de internet TCP/IP.

Figura 105. Arquitectura expandida del sistema de automatización de edificios de Andover Continuum.



Fuente: "Andover Continuum Product Catalogue"[En línea]. USA. [Consultado 29 de marzo del 2011]. Disponible desde internet: <[http://www.global-download.schneider-electric.com/852577A4005D7372/all/6F33D0D6E5485F48852578070068500F/\\$File/andover%20continuum\\_product\\_catalogue\\_uk-emea-asia-pacific.pdf](http://www.global-download.schneider-electric.com/852577A4005D7372/all/6F33D0D6E5485F48852578070068500F/$File/andover%20continuum_product_catalogue_uk-emea-asia-pacific.pdf)>

La red Ethernet expande las posibilidades respecto a los elementos que se pueden acoplar en un sistema de automatización de edificios, pues permite ensamblar subsistemas de monitoreo y control de video. Por otro lado andover continuum ha incorporado a su oferta de soluciones la línea de productos inalámbricos, fácil de instalar y utilizar, tanto para subsistemas HVAC e iluminación como para subsistemas de seguridad; para implementar un sistema inalámbrico se requiere del uso de un adaptador (wireless Adapter) el cual se conecta a cada controlador permitiendo la comunicación con los otros controladores a través de una red inalámbrica de topología tipo malla.

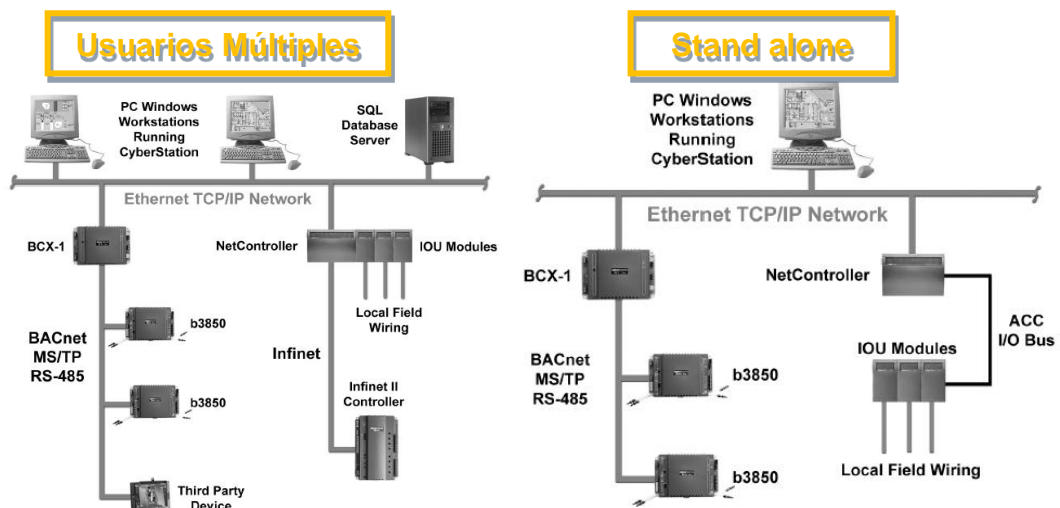
Como bien se sabe todo elemento hardware debe disponer de su complemento software para funcionar y cumplir con las tareas asignadas, andover continuum como tal ha desarrollado e implementado su propia plataforma software dedicada a la comunicación y administración de la amplia línea de productos con la que cuenta o inclusive de elementos desarrollados por otros fabricantes siempre y cuando cuenten con comunicación BACnet. Esta plataforma en su versión 1.93, fue adquirida e implementada durante el desarrollo de este proyecto de grado.

#### **4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PLATAFORMA SOFTWARE.**

La plataforma software de andover continuum al igual que todos sus productos está encaminada a la automatización de edificios tanto en instalaciones de gran tamaño como en pequeñas instalaciones.

Dependiendo de la necesidad del cliente los sistemas instalados pueden variar desde un sistema de usuarios múltiples con servidores dedicados hasta sistemas con un solo equipo de cómputo a modo de Workstation conocido como sistema stand alone tal como se puede apreciar en la figura 107.

Figura 106. Sistema de usuarios múltiples y stand alone



Fuente: "Andover Continuum CyberStation Configurator's Guide for Version 1.8" [En línea]. USA. [Citado 29 de marzo del 2011]. Disponible desde internet:<  
<http://es.scribd.com/doc/58481713/Continuum-Manual>>

El presente proyecto por tratarse de una aplicación a pequeña escala usa la configuración de un sistema stand alone, donde un computador portátil que se ajusta a las especificaciones y requerimientos es usado como Workstation. La plataforma de Andover Continuum está compuesta por las siguientes aplicaciones:

- Continuum analyzer
- Continuum
- Database Initialization
- Message window
- Video Administrator

Andover continuum cyberstation (Continuum) se destaca entre las anteriores al interactuar directamente con el sistema de control y servir como puerta de acceso a otras aplicaciones como: Explorador de Continuum, Editor de Plain English,

Editor de Pinpoint, etc., en resumen es la piedra angular de la plataforma por tanto se brindará una descripción más detallada posteriormente.

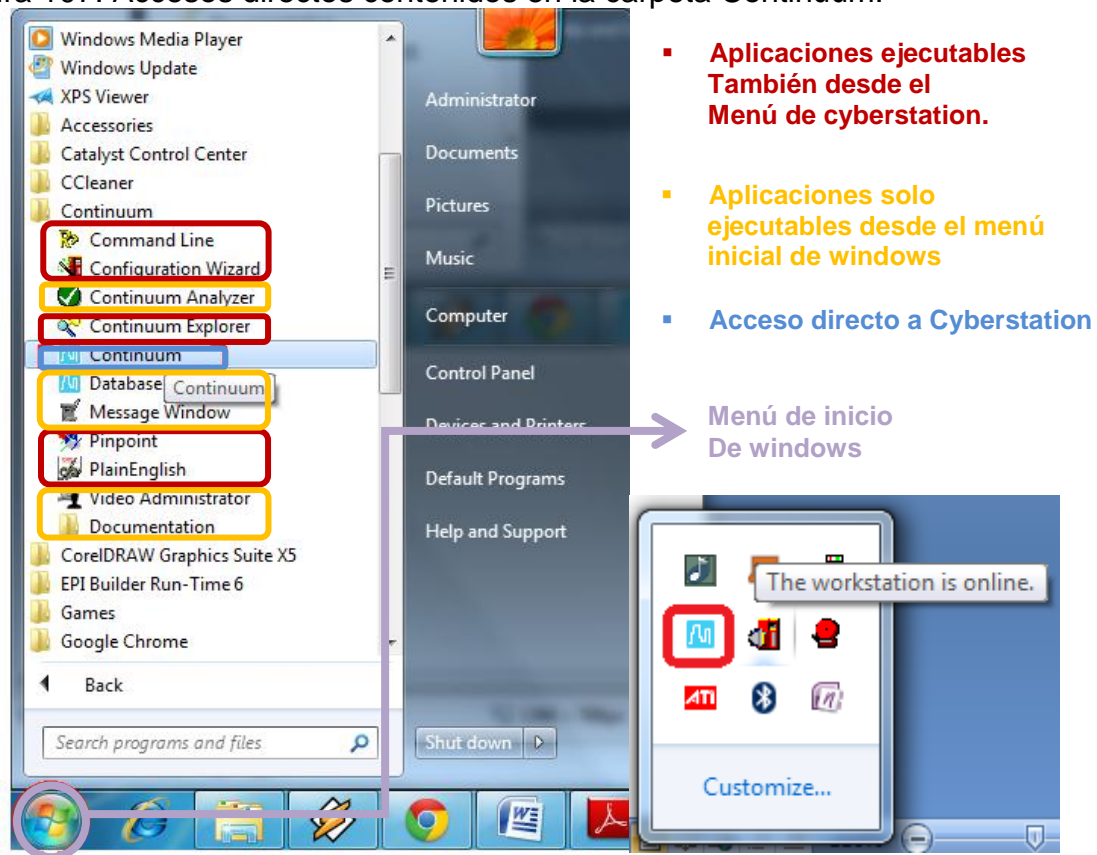
Así mismo hay que tener en cuenta es que la plataforma de andover continuum hace uso constante de la tecnología de Microsoft en todo sentido, es decir usa muchos de los programas desarrollados por Microsoft para desplegar su plataforma, uno de los casos, tal vez el de mayor importancia, es el de Microsoft SQL server el cual es un programa destinado a la creación y gestión de base de datos, es requisito tener instalado este programa en la Workstation dado que es allí donde se almacenará toda la información vital referente al sistema de control, el otro caso de importancia es el de internet information services (IIS) usado para crear un servidor web y habilitar el complemento Web.client de la plataforma andover continuum esto es descrito de manera más amplia en los capítulos siguientes.

Todos los componentes asociados con un sitio tal como sensores, controladores, workstations y redes son creados, monitoreados y controlados como objetos dentro de la aplicación cyberstation, los objetos no solo se limitan a elementos físicos, sino también pueden representar pequeñas compilaciones de información como calendarios, horarios o listas de personal, estos últimos son denominados objetos software. Cada objeto cuenta con un número de atributos, algunos de ellos sirven como descripción del objeto mientras que otros afectan directamente el desempeño del objeto, muchos de los atributos pueden ser modificados por el administrador o personal autorizado a través de cyberstation.

**4.1.1 Andover continuum cyberstation.** Una vez instalada la plataforma software en el equipo destinado a ser la Workstation y servidor, tal como es costumbre las aplicaciones quedan registradas en el menú de inicio de Windows en la carpeta continuum, en la cual se agrupan algunos accesos directos tanto a aplicaciones que dependen directamente de cyberstation y a las cuales también se puede

acceder desde el menú inicial de cyberstation (Explorador de Continuum, Editor de Plain English, Editor de Pinpoint, etc.) como a aplicaciones que si bien dependen de cyberstation solo pueden ser ejecutadas desde menú inicial de Windows (Video Administrator, Database Initialization y Continuum Analyzer). Para iniciar cyberstation basta con dar clic en el icono “Continuum”.

Figura 107. Accesos directos contenidos en la carpeta Continuum.

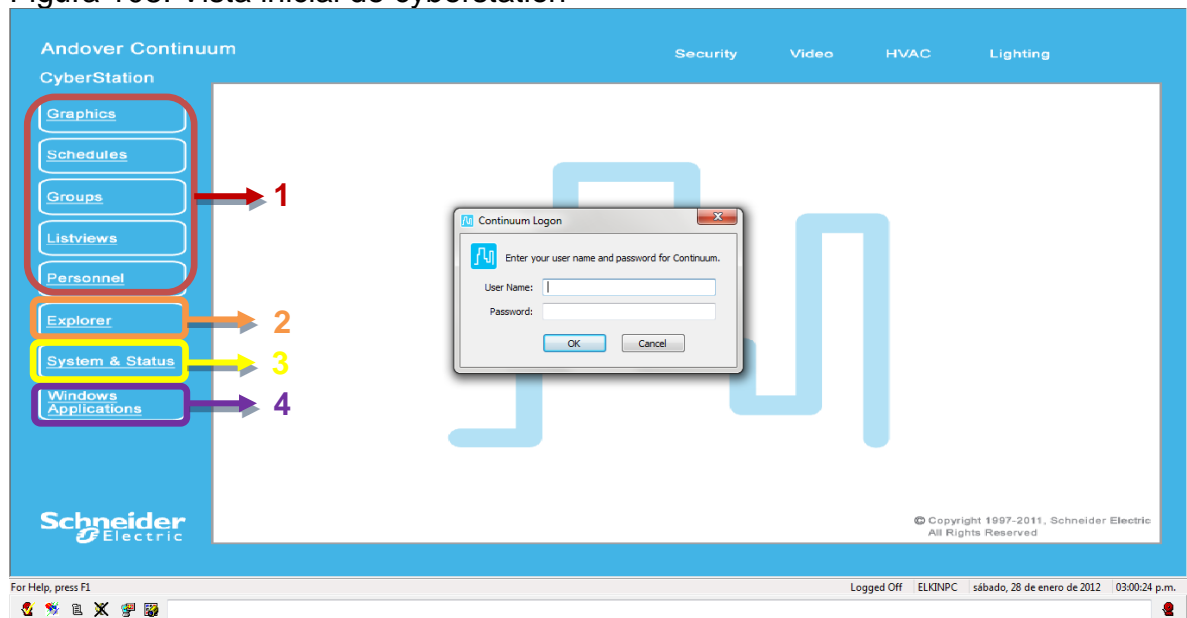


Fuente: Autores

Así como se aprecia en la figura 107 cuando se inicia la aplicación hay varios iconos que se activan en la barra de herramientas de forma automática, estos iconos aparte de servir como señalización pueden resultar de gran ayuda en especial el icono de continuum que funciona como acceso directo para configurar preferencias tanto generales como del mismo protocolo BACnet o simplemente para cerrar la aplicación software de manera segura.

Como se mencionó antes cyberstation es la principal aplicación de la plataforma andover continuum y cuenta con una colección de herramientas y aplicaciones que son usadas de manera conjunta para administrar el sistema de control, a continuación serán discutidas sus herramientas más importantes.

Figura 108. Vista inicial de cyberstation



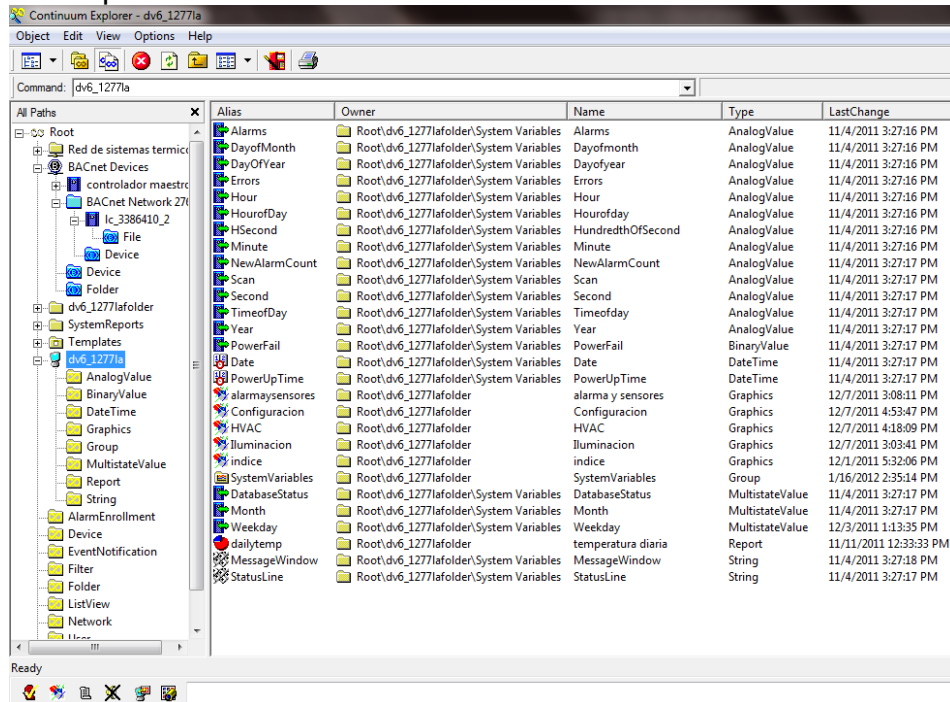
Fuente: Autores

Cada vez que iniciamos el cyberstation lo primero que debemos hacer es ingresar una combinación de nombre de usuario y contraseña válida para acceder a la aplicación software, existe una combinación por defecto tal como se menciona en la puesta en marcha del controlador bCX1.

Cyberstation agrupa en ocho iconos todas las aplicaciones a la cuales este brinda acceso, los primeros cinco iconos (1), es decir gráficas, calendarios, grupos, listas de vistas y personal se reducen a compilaciones y accesos directos a cada una de los temas en cuestión. El sexto icono en orden descendente (2) inicia el explorador de continuum, una compleja aplicación en donde gran parte de la integración de

los dispositivos se lleva a cabo, también es aquí en donde se crean y modifican los objetos dentro de cyberstation, esta aplicación se caracteriza por exhibir una vista jerárquica de todos y cada uno de los dispositivos acoplados en la plataforma software.

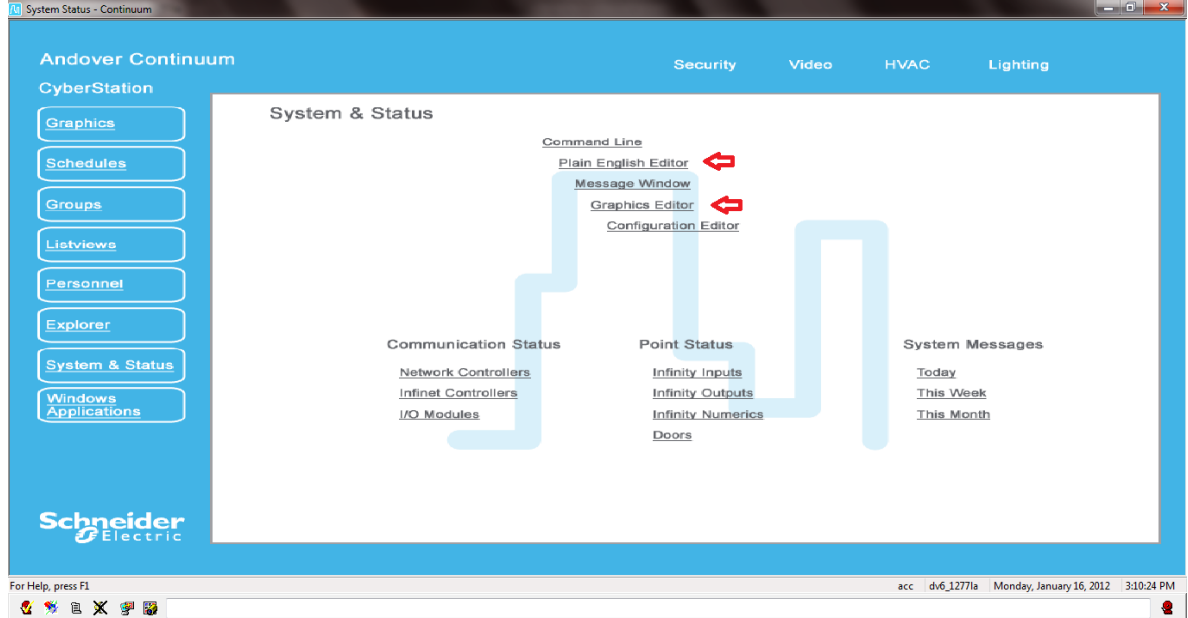
Figura 109. Explorador del continuum



Fuente: Autores.

El séptimo icono (3, en la figura 108) sistemas y estatus despliega un nuevo menú donde podemos encontrar herramientas fundamentales como el editor del plain english (aplicación usada para escribir y modificar los programas o instrucciones básicas delegadas a cada controlador), también podemos hallar el editor gráfico encargado de crear cada uno de los pinpoint que no son más que paneles gráficos usados como interfaz de usuario, este editor no es exactamente un software depurado de diseño gráfico, debido a esto se recurre a otros paquetes software para la creación de imágenes y de esta manera complementarlo.

Figura 110. Menú sistemas y estatus de cyberstation



Fuente: Autores

En el submenú de sistemas y estatus como es de esperarse también hay múltiples iconos que informan directamente acerca del estado o estatus de elementos como los controladores, puertos de entrada y salida, la red implementada y los módulos de expansión instalados.

El octavo y último icono (4, en la figura 108) contiene algunos accesos directos a aplicaciones de Windows como el internet explorer, notepad o paintbrush.

## 4.2 CONFIGURACIÓN DE LA PLATAFORMA SOFTWARE DE ANDOVER CONTINUUM.

Después de realizar todas las conexiones físicas, cableado y adecuación de la Workstation, la puesta en marcha y configuración de la plataforma es el siguiente paso a dar. Existe amplia documentación por parte del fabricante que trata de abarcar todos los escenarios de implementación posibles y de este modo facilitar cualquier integración. El proceso en cuestión sigue un orden lógico el cual se describe en la siguiente gráfica.

Figura 111. Tareas para configurar la plataforma software.



Fuente: Autores

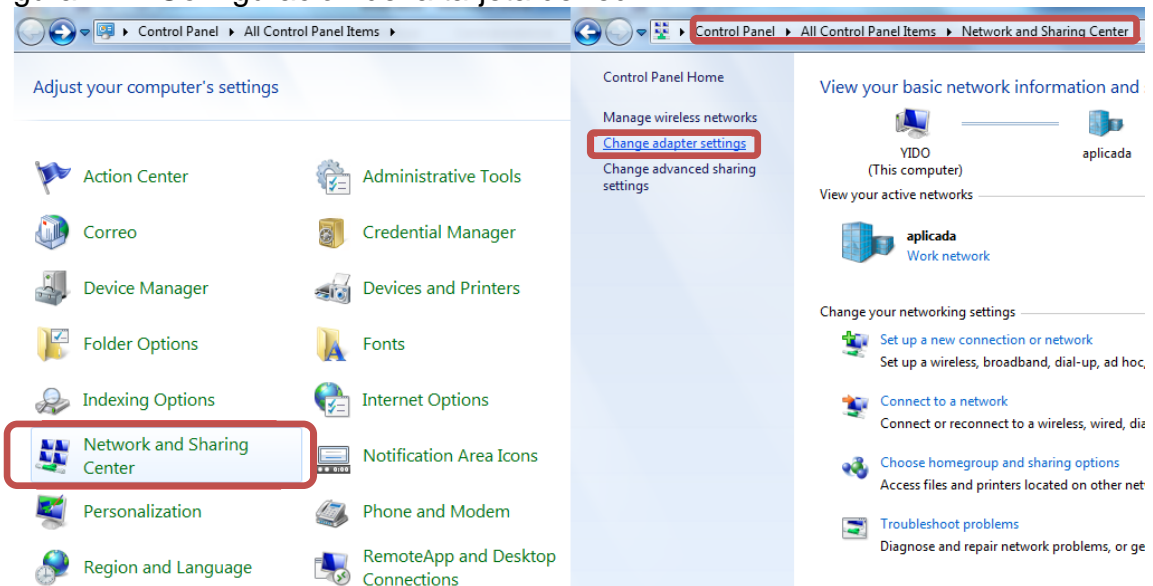
Antes de encaminarse a realizar las tareas planteadas hay que dos detalles que no se deben menospreciar, el primero de ellos es usar un perfil de Windows que cuente con todos los permisos y tenga libertad para hacer cualquier cambio en el sistema operativo o en su defecto activar el perfil de administrador y hacer uso del mismo, el segundo detalle es siempre conectar la llave USB que hace parte del paquete adquirido ya que esta es la única licencia que se tiene para la plataforma software y brinda acceso ilimitado a todas sus aplicaciones y características.

**4.2.1 Configuración de la Workstation.** La primera tarea mencionada, está enfocada principalmente a la configuración de la tarjeta de red del equipo de

cómputo con la dirección IP y la supervisión del objeto creado automáticamente para la Workstation dentro de la plataforma software de andover continuum.

Para configurar la tarjeta de red del equipo hay que ingresar al panel de control y clicar en el icono “centro de redes y recursos compartidos” y a continuación ingresar por medio del enlace “cambiar configuración del adaptador” ubicado en el panel izquierdo, este procedimiento se ilustra en la siguiente figura.

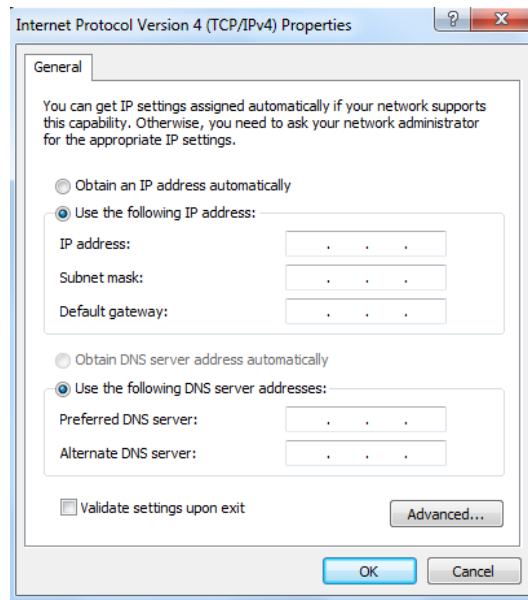
Figura 112. Configuración de la tarjeta de red



Fuente: Autores

Una vez abierto el centro hay que se debe dar click derecho sobre la tarjeta de red a modificar, ingresar por propiedades y seleccionar la opción protocolo de internet versión 4 (TCP/Ipv4), hecho esto debe aparecer una interfaz tal como se muestra en la figura 113.

Figura 113. Configuración de la tarjeta de red propiedades del protocolo TCP/ipv4

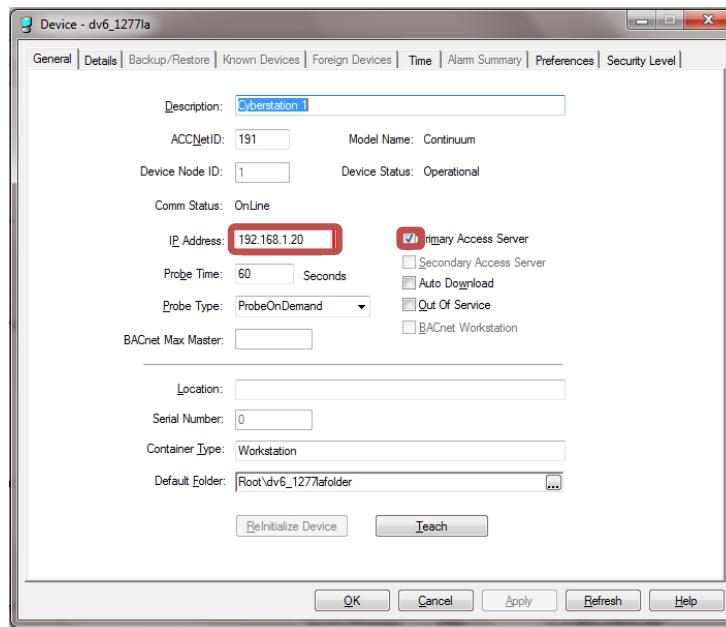


Fuente: Autores

Hay que usar una dirección IP fija por eso debemos ingresar la información adecuada para llenar los campos de forma manual, cuando se finalice el proceso basta con dar click en el botón OK.

Para modificar y administrar todo tipo de objetos creados dentro de la plataforma de continuum, el explorador del continuum es la herramienta idónea, así que se accede a esta aplicación en busca del objeto que representa la Workstation, efectuado esto se da click derecho sobre este objeto, luego en el menú desplegable se ingresa a la opción open, hecho esto debe aparecer la siguiente interfaz:

Figura 114. Objeto Workstation

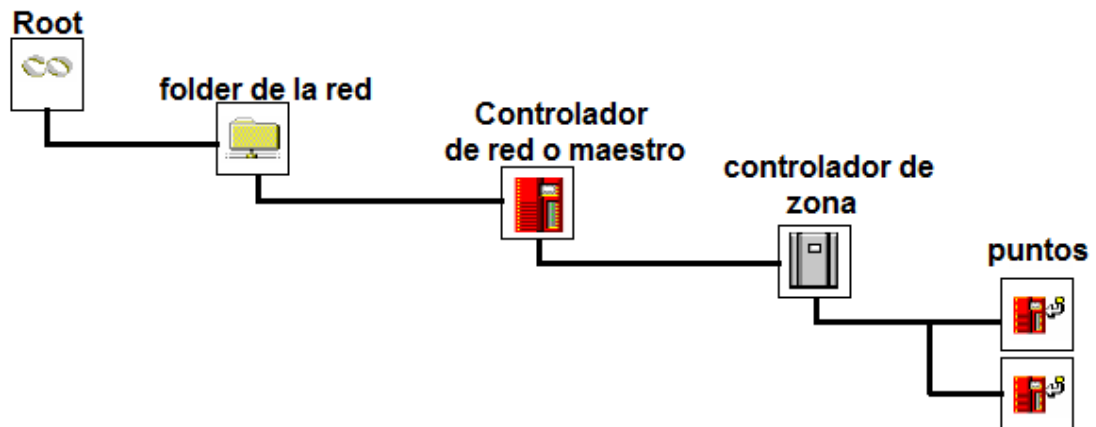


Fuente: Autores

Hay que revisar los atributos actuales, sobretodo la casilla de la dirección IP la cual debe contener una dirección en la cual los tres primeros campos sean idénticos a los de la dirección asignada al controlador bCX1 de este modo se asegura que tanto la Workstation como el controlador se puedan comunicar efectivamente, así mismo la casilla que representa la Workstation como servidor de acceso primario debe estar seleccionada, para guardar los cambios realizados se cliquea sobre la opción “OK”.

Completada la primera tarea y antes de continuar es bueno aclarar ciertos detalles, por ejemplo, el método usado por el explorador del continuum para organizar los dispositivos acoplados a la red, el cual es un método jerárquico tal como se acostumbra a usar en el típico explorador de Windows, esto implica que habrá una relación de pertenencia entre los distintos dispositivos dependiendo de su nivel de aplicación, en otras palabras unos objetos contienen a otros dependiendo de su jerarquía tal como se aprecia en la siguiente figura:

Figura 115. Organización jerárquica

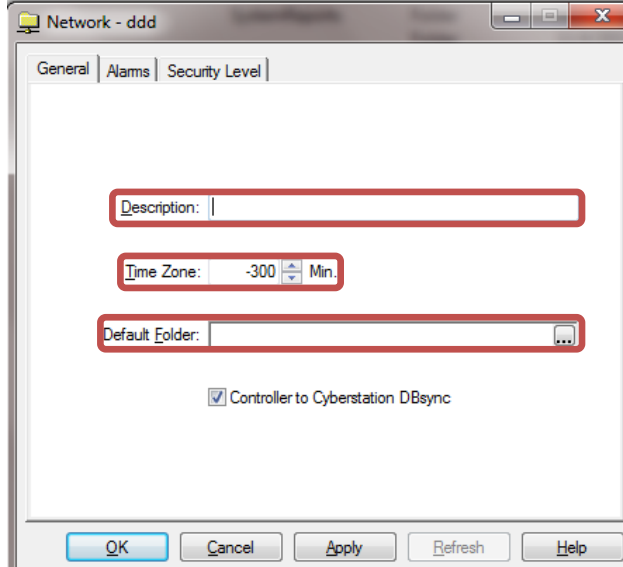


Fuente:Autores

El otro detalle a aclarar es respecto a los atributos, nombre y alias, los cuales son necesarios para la creación de un nuevo objeto, mientras el nombre referencia al objeto con respecto al explorador del continuum, el atributo alias es el usado por los controladores y el editor del plain english para referirse a cualquier objeto.

**4.2.2 Creación de la red BACnet.** Para efectuar la segunda tarea, la creación del objeto que representa la red, se procede desde el explorador del continuum una vez más, hay que ubicar el objeto “root” y dar click derecho sobre este, en el menú desplegable se navega hasta la opción “new” en donde más opciones aparecerán, entre ellas hay que seleccionar “network”, un cuadro de dialogo para la creación del nuevo objeto emergerá, hay que llenarlo con un nombre y una alias adecuado para el objeto en cuestión, luego se podrá acceder a los demás atributos (descripción, Zona horaria, carpeta por default) a través de una interfaz igual tal como se muestra en la figura 116.

Figura 116. Atributos del objeto red

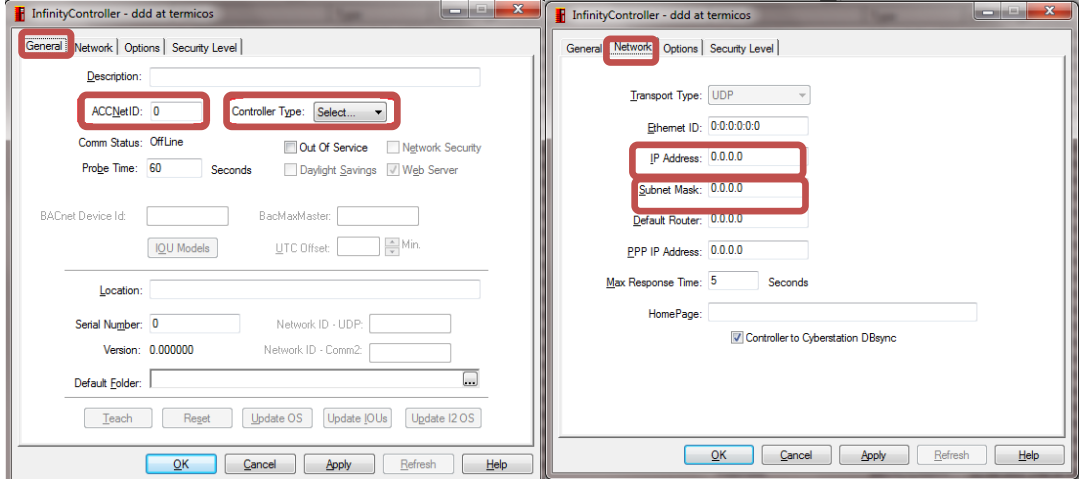


Fuente: Autores

En este cuadro de dialogo se puede dar una pequeña descripción del objeto no mayor a 32 caracteres, para la selección de la zona horaria hay que tener en cuenta que los minutos representan el desfase respecto al meridiano cero. Por último se debe clicar en el botón OK para completar esta tarea.

**4.2.3 Configuración del controlador de red.** De manera análoga para crear el objeto que representa al controlador de red se inicia desde el explorador del continuum pero esta vez se da click derecho sobre el objeto recientemente creado que representa la red, una vez más se busca la opción "new" y en el menú desplegable se opta por "Infinitycontroller", el cuadro de dialogo que emerge se debe llenar con un nombre y un alias pertinente, hecho lo anterior se procede a configurar los demás atributos del objeto a través de una interfaz como la siguiente:

Figura 117. Atributos del objeto controlador de red



Fuente: autores

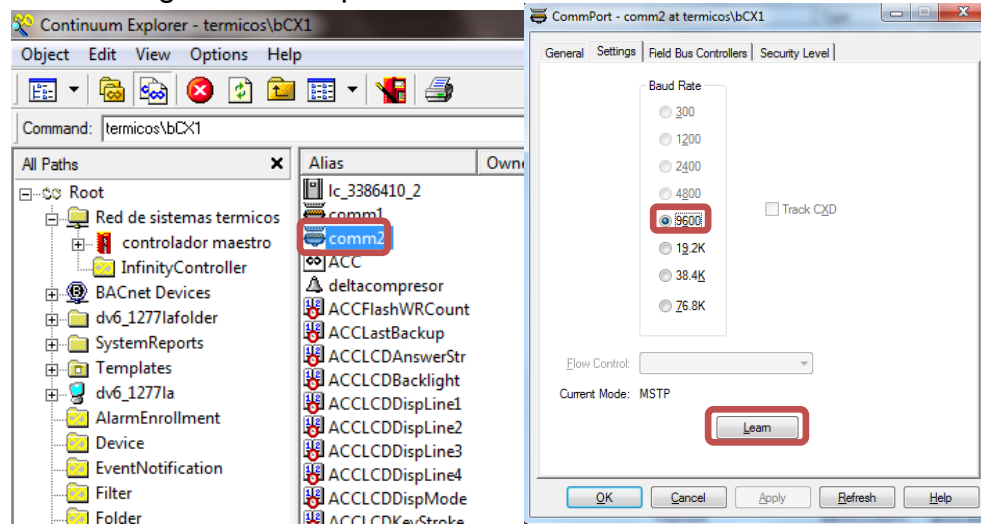
En la pestaña “general” es fundamental seleccionar la referencia del controlador e indicar su “ACCNetId” este debe ser un número único para cada controlador, en la pestaña “network” se debe ingresar los datos correspondientes a la dirección IP del controlador así como la máscara de subred, estos son los atributos fundamentales los demás serán completados en base a los mencionados, el proceso se finaliza cliqueando en la opción “OK”.

Una vez creado el punto es inevitable ver la cantidad de objetos que cyberstation crea por defecto para representar todo tipo de características del controlador estos son clasificados como variables del sistema y pueden referirse desde la fecha hasta las veces que se ha usado la memoria flash entre otros.

**4.2.4 Configuración del controlador de zona.** La creación del objeto que representa el controlador de zona puede ser efectuada de dos maneras, el primer método muy similar a lo realizado hasta el momento, requiere que se dé click derecho sobre el objeto que representa el controlador de red, se seleccione la opción “InfinetController” y se ingresen los datos que se requieren, este método es llamado en la documentación como “método manual” y no es recomendable para

personal inexperto. El segundo método se basa en la configuración del puerto de comunicación 2 del controlador de red, para lograr esto en el explorador se selecciona el objeto del controlador de red y a continuación se da doble click sobre el atributo comm2, una interfaz similar a la siguiente se desplegará.

Figura 118. Configuración del puerto de comunicación 2 del bCX1

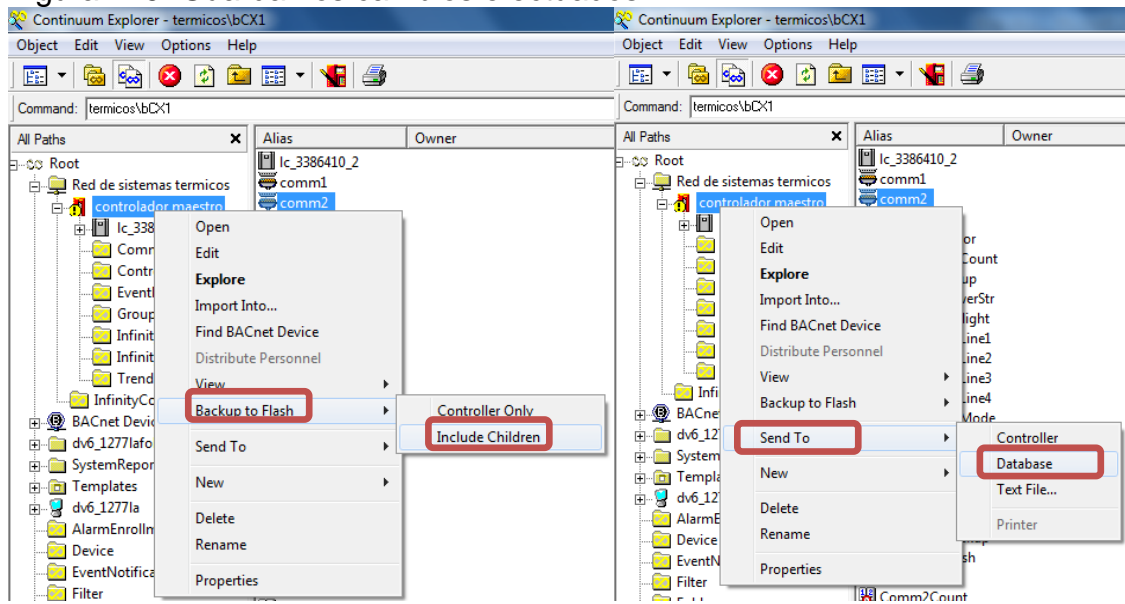


Fuente: Autores

En este menú se requiere especificar el modo que corresponde a MS/TP y la velocidad de transmisión de datos en bauds siendo 9600 la tasa predeterminada, hecho esto se cliqueea en el botón “learn”, esto hace que el controlador de red detecte automáticamente todos los dispositivos enlazados al puerto de comunicación, la operación puede tardar alrededor de cinco minutos pero es la forma más fácil y segura de configurar la conexión MS/TP.

Cada vez que se modifique la configuración de un controlador o se instale un nuevo dispositivo es necesario guardar los cambios tanto en la base de datos como en la memoria flash, estas operaciones se puede efectuar dando click derecho sobre el objeto del controlador de red y seleccionando del menú desplegable la opción “send to” seguido por “database” y “backup to flash” seguido por “include children” respectivamente.

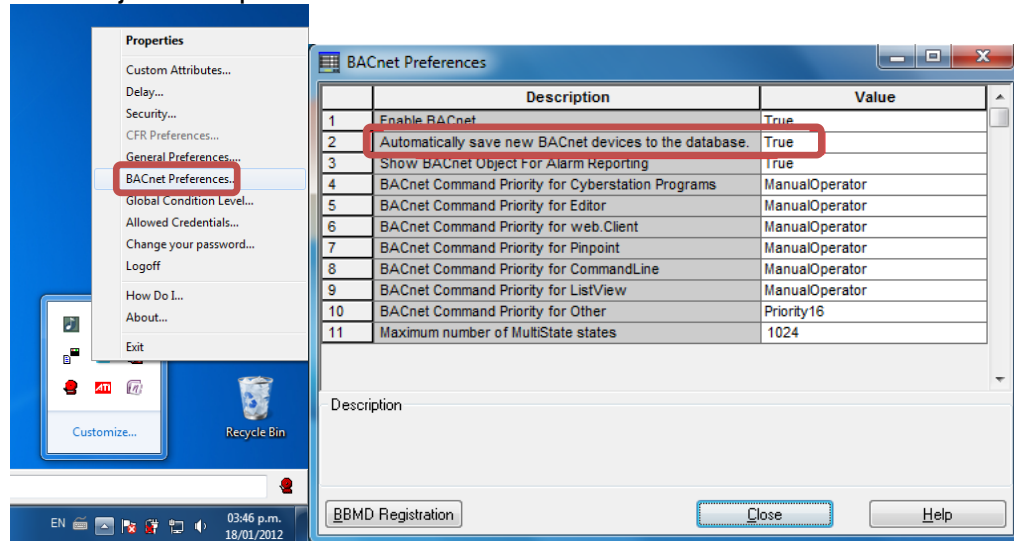
Figura 119. Guardar los cambios efectuados



Fuente: autores

También existen ciertas características que pueden ser activadas para que los dispositivos sean almacenados de manera automática una vez reconocidos por el controlador de red, para hacer esto se necesita buscar el icono de continuum en la barra de herramientas de Windows dar click derecho sobre este y seleccionar "BACnet preferences". Allí se cambia el valor de la preferencia dos tal como se aprecia en la figura.

Figura 120. Ajuste de preferencias BACnet



Fuente: Autores

**4.2.5 Creación de objetos BACnet.** La plataforma software de andover continuum no está diseñada para manejar exclusivamente objetos BACnet, esta también maneja puntos infinity, estos son creados para todos los productos de andover continuum. De hecho la única manera de crear un objeto BACnet es previamente crear un punto Infinity el cual a su vez generará de manera automática los objetos BACnet correspondientes.

Con los controladores en línea y respondiendo es momento de pensar en la lógica que se va a implementar, los sensores y los preactuadores a energizar para lo cual también es indispensable crear objetos para cada una de las entradas o salidas. Los objetos BACnet son los equivalentes a los puntos Infinity los cuales pueden ser organizados tal como lo muestra la siguiente tabla:

Tabla 10. Objetos BACnet y puntos Infinity

INFINITY	Equivalencia en BACnet	Valor del punto
Infinityinput	BinaryInput	Propiedad digital
	analogInput	Voltaje, temperatura corriente.
	multistateInput	Contador, propiedad supervisada
InfinityOutput	BinaryOutput	Propiedad digital
	AnalogOutput	Voltaje, corriente
	MultistateOutput	Tri-estado
InfinityNumeric	AnalogValue	
	BinaryValue	
	MultistateValue	
InfinityString	No existe	Alarmas y mensajes
InfinityDateTime	No existe	Fechas y horas

Fuente:Autores

Las casillas sombreadas en azul representan puntos basados en hardware o que físicamente deben existir así como su conexión con los controladores; las casillas sombreadas en rojo por su parte representan puntos basados en Software y solo existen dentro de la memoria de los controladores pero no físicamente. Para el caso del BAS implementado se usaron los siguientes objetos BACnet los cuales fueron creados y almacenados en la memoria flash del controlador b3887.

Tabla 11. Objetos BACnet basados en Hardware

Alias	Tipo de objetoBACnet	Tipo eléctrico	Canal asignado
Contacto	Binaryinput	Digital	1
Sensor360	Binaryinput	Digital	2
Sensor180	Binaryinput	Digital	3
termistor	Analoginput	ACCtemp(DEGC)	4
Rele1	Binaryoutput	Digital	1
Rele2	Binaryoutput	Digital	2
Rele3	Binaryoutput	Digital	3
Rele4	Binaryoutput	Digital	4
Rele5	Binaryoutput	Digital	5

Fuente: Autores

La columna “Tipo eléctrico” hace referencia a un importante atributo usado por la plataforma software para crear los objetos, este y otros atributos se apreciarán de mejor manera cuando se describa la creación de los objetos.

Tabla 12. Objetos BACnet basados en Software

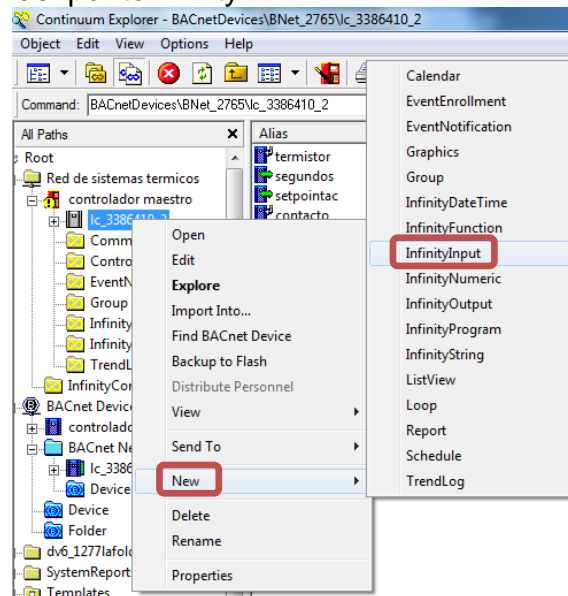
Alias	Tipo de objeto BACnet
Segundos	Analogvalue
setpointac	Analogvalue
Balizamanual	Binaryvalue
Alta	Binaryvalue
manuals	Binaryvalue

Fuente: Autores

Como bien se indicó antes, los objetos basados en software no necesitan ningún tipo de canal para ser conectados porque físicamente no existen, solo son variables personalizadas.

El proceso para la creación de un punto es bastante sencillo, primero se detallará la creación de un punto de entrada; inicialmente se debe ubicar el controlador que contendrá el punto dentro del explorador del continuum, hecho esto se da click derecho y se selecciona la opción “New”, en el menú desplegable se selecciona “Infinityinput” tal como se puede apreciar en la figura.

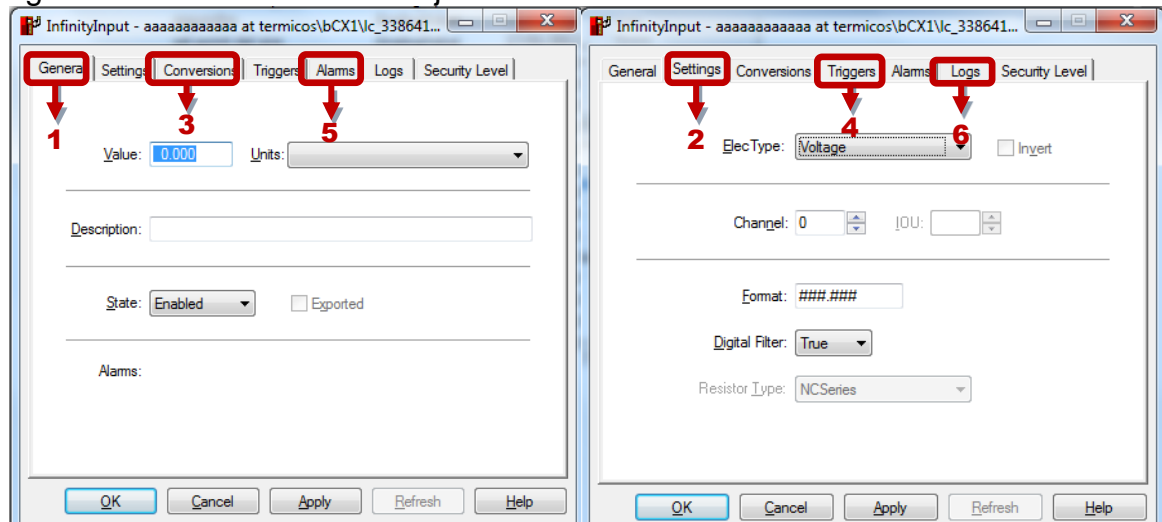
Figura 121. Creación del punto infinity



Fuente: Autores

Tal como sucede con los controladores lo primero es dar un nombre y un alias adecuado al punto en creación, hecho esto los demás atributos aparecen en un cuadro de dialogo con múltiples pestañas de selección, cada una de ellas con ciertas funciones como se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura 122. Atributos de los objetos.

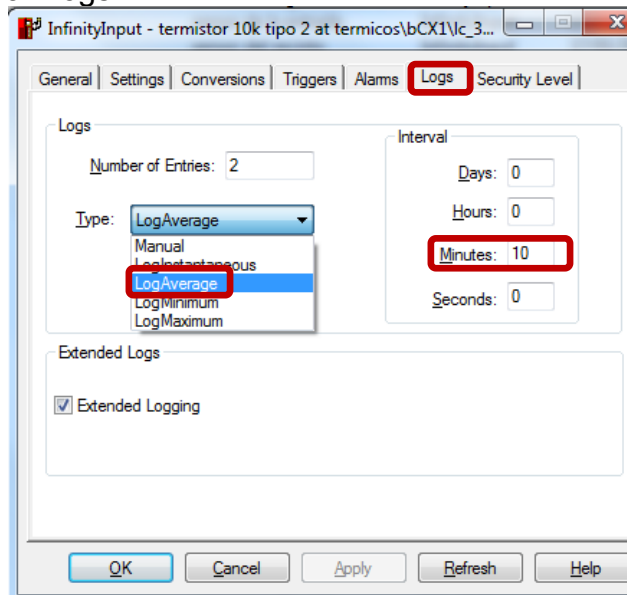


Fuente: Autores

Existen atributos que son inmodificables pero existen otros que se pueden y se deben modificar adecuadamente, la pestaña “general”(1) básicamente está destinada a recibir y almacenar información básica referente a la naturaleza del punto, la pestaña “settings” (2) tiene gran importancia porque es aquí donde se debe especificar el tipo eléctrico, el canal a usar y el formato que representa la cantidad de dígitos que se desea registrar en el valor del objeto, por ejemplo un valor de 22.21v necesita un formato igual a `##.##`, el formato `$###` es usado solo para el caso en el cual el objeto representa una entrada digital. La tercera pestaña “conversions”(3) sirve para crear conversiones personalizadas de las variables registradas, un ejemplo típico es la caracterización de algún sensor, el termistor usado afortunadamente está cubierto por un tipo eléctrico especial “ACCTemp” que se encarga de configurarlo automáticamente. La pestaña “triggers” (4) sirve para configurar una acción que se ejecuta de manera automática al detectar cierto cambio en el objeto, pero dado que existen los programas, tema sobre el cual se profundizara en los capítulos posteriores, no se usara ningún trigger. La pestaña de “alarma”(5) como se puede suponer de su nombre, enlaza el objeto con cualquier alarma creada. La pestaña de “logs” (6) tiene como papel principal el almacenamiento de los valores tomados por el objeto a través del tiempo, estos

valores pueden ser almacenados durante un tiempo en la memoria del controlador antes de ser borrados o descargarse directamente a la Workstation cada tanto tiempo lo que es conocido como “extended logging”, todo depende de la configuración, esta pestaña fue usada en el objeto termistor tal como se aprecia en la siguiente figura.

Figura 123. Pestaña “Logs”



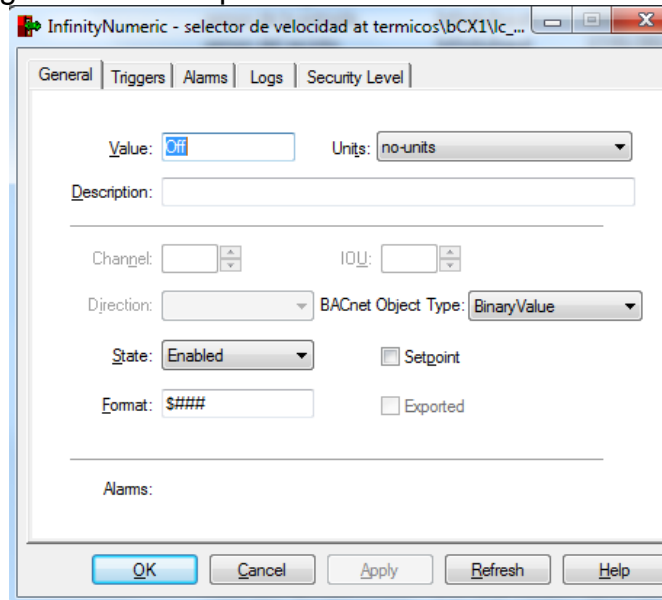
Fuente: Autores

El tipo de log usado fue “Logaverage” lo que implica que se almacenará el valor promedio entre cada intervalo en este caso compuesto de 10 minutos. Finalmente la última pestaña, “securitylevel”, está destinada a restringir el acceso a cierto objeto por parte de otros usuarios.

Hechas todas las modificaciones en el objeto se cliquea en el botón ok y finalmente se crea el objeto. Los puntos que representan las salidas son creados siguiendo el mismo procedimiento descrito para los puntos que representan entradas. Respecto a los puntos basados en software el proceso a seguir para su creación tampoco se modifica pero a la hora de agregar los atributos el cuadro de

dialogo si sufre algunas alteraciones, estas se pueden apreciar en la siguiente figura:

Figura 124. Configuración de un punto basado en software



Fuente: Autores

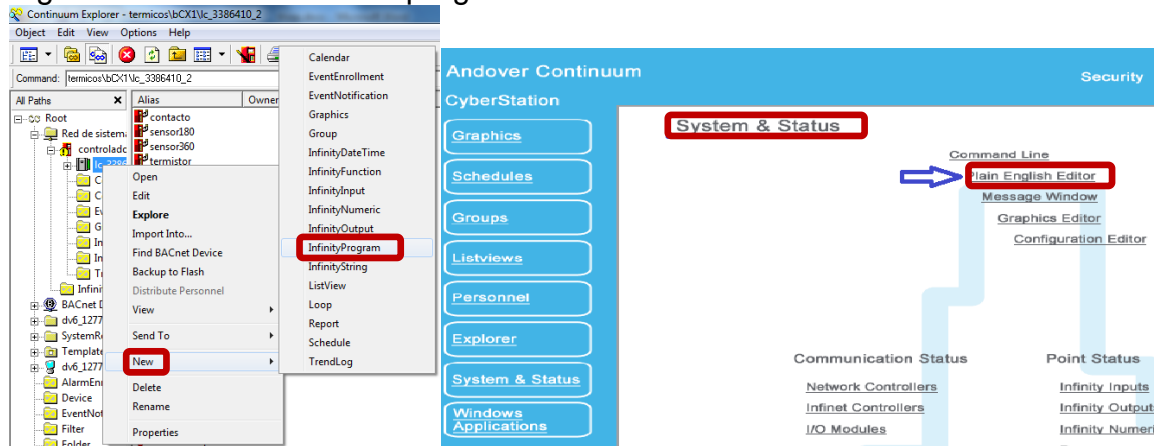
Ya completada la configuración de los puntos el siguiente aspecto a configurar son los programas

#### 4.2.6 Programas de control

**4.2.6.1 Creación de programas.** Los programas también son tratados como un punto infinity o su análogo objeto BACnet y pueden ser almacenados tanto en la Workstation como en cualquiera de los controladores, para el BAS implementado los dos programas se almacenaron dentro de la memoria flash del controlador b3887. La orden de creación de los programas puede ser lanzada desde el explorador de continuum dando click derecho sobre el controlador y seleccionando desde el menú desplegable la opción “infinityprogram” momento en el cual emerge el editor del plain english, como es normal se debe agregar un nombre y alias,

también se puede acceder al editor desde la pantalla inicial del cyberstation, tal como se puede apreciar en la siguiente figura.

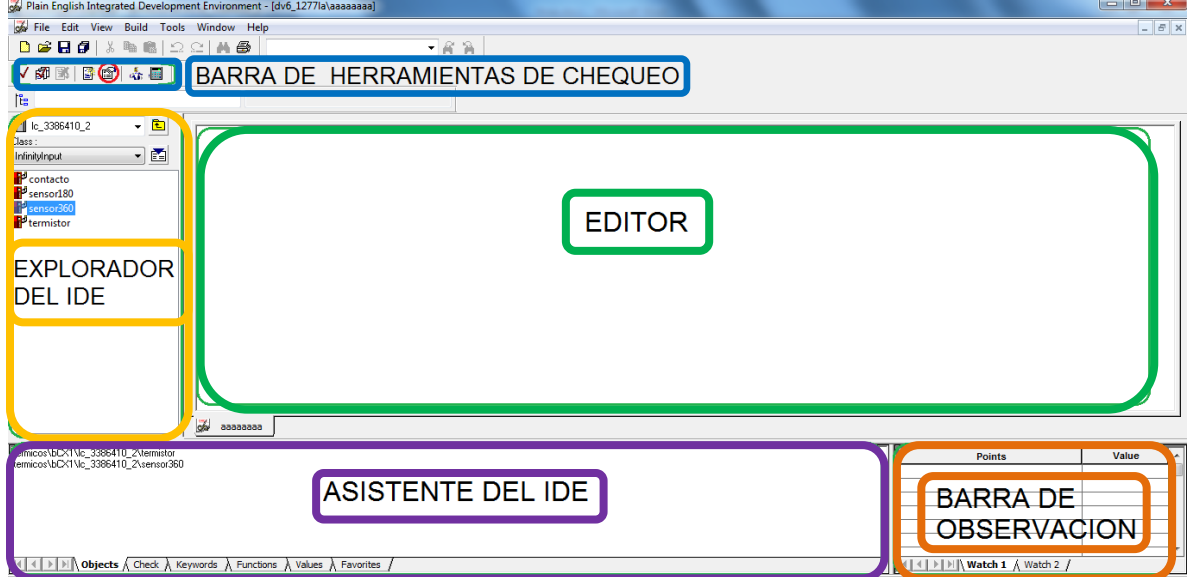
Figura 125. Creación de un programa



Fuente: Autores

El ambiente de desarrollo integrado (IDE, por sus siglas en inglés) del plain english es una aplicación algo compleja diseñada explícitamente para crear los programas de control. Existe documentación detallada por parte del fabricante que explica hasta el más mínimo detalle de los tópicos tratados en este documento y ante cualquier inquietud estos documentos son la mejor opción para resolver dichas dudas. El IDE del plain english luce de la siguiente forma y se destacan ciertas zonas como se puede apreciar en la siguiente figura:

Figura 126. Ambiente de desarrollo integrado del plainenglish



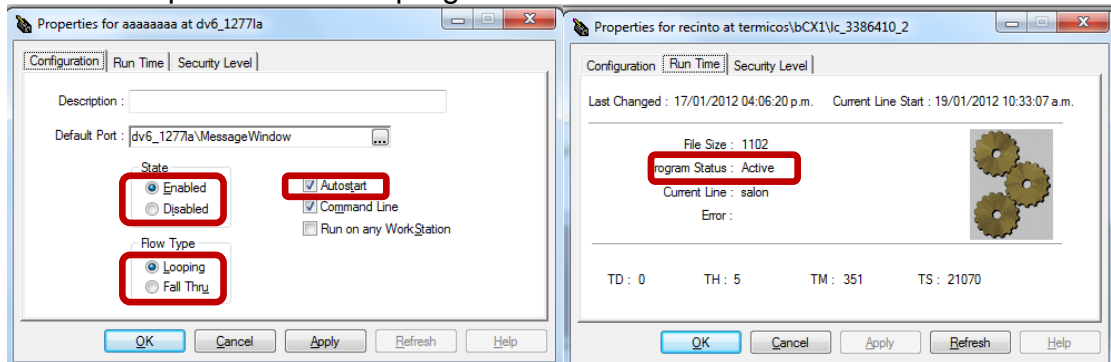
Fuente: Autores

Cada componente del IDE tiene ciertas funciones y características especiales como se describe a continuación:

- Editor: es el área principal donde los programas son escritos y editados
- Asistente del IDE: es una colección de ventanas organizadas por pestañas las cuales brindan información útil desde la ruta de los objetos descritos por su jerarquía dentro del sistema hasta las diferentes funciones disponibles para un programa.
- Barra de observación: permite como su nombre dice observar los efectos causados sobre ciertos objetos durante el funcionamiento de un programa determinado.
- Explorador del IDE: puede describirse como una versión miniatura del explorador del continuum, permite navegar por el árbol de jerarquía ya preestablecido y agregar ciertos objetos a los programas en desarrollo.
- Barra de herramienta de chequeo: es un conjunto de herramientas muy útiles al momento de verificar la validez de un programa, así mismo permite consultar

ciertas propiedades del programa al clicar en icono encerrado en el círculo rojo en la figura anterior, el cual despliega el siguiente cuadro de dialogo:

Figura 127. Propiedades de un programa



Fuente: Autores

Aquí es posible deshabilitar el programa (enabled, disabled) o verificar si esta funcionando (Active), así como determinar si este iniciará automáticamente una vez encendido los controladores (Autostart). Dentro de las propiedades observadas anteriormente hay una que toca un tema esencial respecto a los programas escritos usando el “plain english program”, esta es “flowtype”, y es que estos programas pueden ser divididos en dos grupos los que usan el “fallthru” o los que usan el “looping”. “Fallthru” traduce literalmente “caer hasta el fin” esto describe casi a la perfección dicho comportamiento donde el programa es escaneado desde el origen hasta el final sin interrupción cada tanto tiempo, mientras que los programas que usan “looping” cuentan con ciertos marcadores de línea que dividen el programa en sectores, el proceso de escaneo de un programa que usa looping puede iniciar en una línea y quedarse en este sector de manera indefinida hasta encontrar algún comando como “goto line” que le indique el camino hasta la próxima línea. De hecho los dos pequeños programas escritos para la integración usan “looping” como flowtype.

El lenguaje de programación usado para crear los programas se denomina “plain english”, este se basa en C++ y por tanto posee ciertas similitudes con el

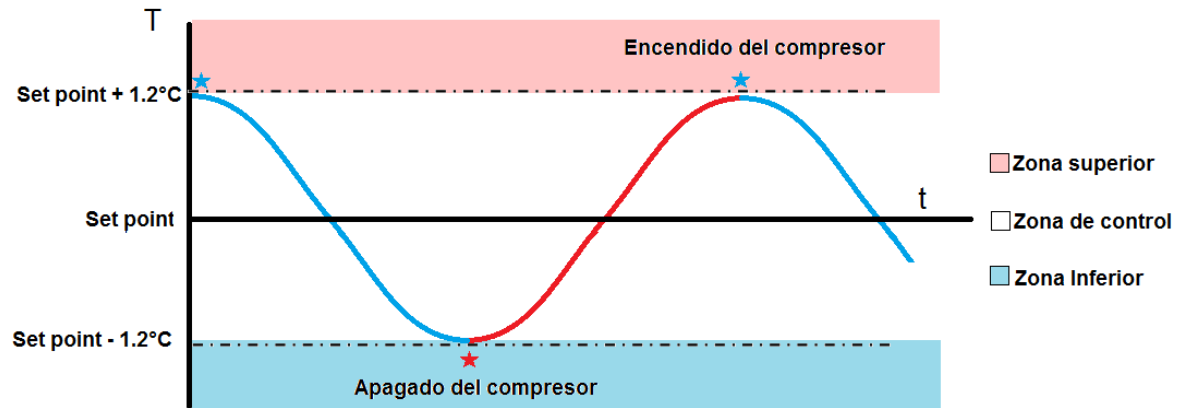
reconocido lenguaje de programación, así mismo se puede decir que el “plain english” es un lenguaje simplificado, por ejemplo no es necesario cargar ninguna librería al inicio del programa o cerrar cada frase con punto y coma, pero sin duda la característica que destaca sobre el resto es el hecho de poder plantear frases simples como ordenes de mando en una misma línea de código por ejemplo: “**if** the fan is off **then** turn on the pump”, en este ejemplo se pueden identificar elementos como fan y pump que representan el alias de los objetos involucrados y “turn on” que es un keyword definido para el lenguaje Plain English. Para casos de programación en los que existen múltiples condiciones o que afectan varios objetos se cuenta con una sintaxis que se asemeja más a la usada en C++.A continuación se describen los parámetros tenidos en cuenta para crear los pequeños programas almacenados en el controlador de zona así como sus códigos.

**4.2.6.2 Programas implementados.** Aunque la teoría dice que todas las ordenes de comando debería condensarse en un solo programa por controlador para evitar cualquier tipo de conflicto, en el caso particular del control implementado la situación se manejó al disponer de dos pequeños códigos, el primero de ellos encargado de comandar la unidad de aire acondicionado y la iluminación y el segundo destinado para el control de la baliza luminosa, esta disposición brinda mayor flexibilidad a la hora de desactivar dichos programas.

**4.2.6.2.1 Programa para el control del Aire acondicionado e iluminación.** Para el aire acondicionado se implementó un control On-Off debido a que el compresor de la unidad no posee ningún elemento que permita variar su velocidad y con ello poder implementar una estrategia de control más precisa como la ampliamente utilizada PID; en general se puede hablar del control On-off como un conjunto de ciclos de encendido y apagado del sistema durante los cuales la temperatura del recinto varía entorno a una temperatura de “setpoint” y unas temperaturas máxima

y mínima (designadas por el delta de temperatura) que conforma el ancho de banda del control, esta situación se representa en la siguiente figura.

Figura 128. Estrategia de control On-Off



Fuente: Autores

Con la elección de 1.2°C como delta de temperatura con respecto al setpoint se pretende evitar que el compresor se accione de manera excesiva y evitar cualquier daño sobre este elemento, un ancho de banda menor puede crear dichos inconvenientes y un ancho de banda mayor desembocar en una estrategia de control deficiente.

Con respecto a la iluminación esta fue condicionada usando como referencia el contacto magnético y el conjunto de sensores de presencia dentro de la sala de trabajo, aclarados estos detalles se presenta a continuación el código del primer programa llamado “recinto”:

```

Numeric inferior, superior, historia
historia = 0
setpointac = 25
Gotosalon

```

Linesalon'linea principal del programa en el cual se debe quedar censando el controlador b3887

```

If sensor360 isOnthen'detectar la presencia es fundamental para activar el evaporador y el conjunto outdoor
de la unidad york
inferior = setpointac - 1.2

```

superior = setpointac + 1.2

```
If termistor isgreaterthanorequalto superior then'gobierna el conjunto outdoor en la región de mayor temperatura
Turn On rele1
historia = 1
Endif
```

```
If inferior islessthantermistorand superior isgreaterthantermistorandhistoria = 1 then' gobierna en la region media
Turn On rele1
Endif
```

```
Iftermistorislessthanorequalto inferior then'gobiernaen laregión de menortemperatura
Turn Off rele1
historia = 0
Endif
```

```
If alta is Off then' si la variable alta permanece apagada, como por defecto lo esta, se activa el evaporador con la velocidad baja
Turn On rele2
Turn Off rele3
Endif
```

```
If alta isOnthen'si se activa la velocidad alta los relees deben a su vez ser invertidos
Turn On rele3
Turn Off rele2
Endif
```

```
Else
Turn Off rele1
Turn Off rele2
Turn Off rele3
```

Endif

'para activar las luces se hace un juego entre el sensor de presencia y el contacto magnetico

```
If sensor360 isOnandcontactois On thenTurn On rele5
If sensor360 isOnandcontactois Off thenTurn On rele5
If sensor360 isOffandcontactois On thenTurn Off rele5
If sensor360 isOffandcontactois Off thenTurn On rele5
```

'dado que los clientes no pueden modificar programas se realiza una rutina extra con una variable que establece el mando manual

```
If manuals isOnthen
Turn Off rele1
Turn Off rele2
Turn Off rele3
Turn Off rele5
Goto basal
Endif
```

Line basal

If manuals isOffthenGoto salon

Lo primero que se puede notar en este código es la presencia de variables locales solo definidas dentro del programa, estas variables son de tipo numérico, la función que cumple cada una de estas variables es definida en la siguiente tabla.

Tabla 13. Variables locales

Variable local	Función
Inferior	Almacena el valor del límite inferior de temperatura del ancho de banda de control
Superior	Almacena el valor del límite superior de temperatura del ancho de banda de control
Historia	Permite identificar en qué punto del ciclo se encuentra el sistema de aire acondicionado

Fuente: Autores

Los objetos ya definidos tanto los basados en software como los basados en hardware funcionan como variables globales y no necesitan ser definidos dentro del código, y dado que tanto el programa como los objetos se encuentran almacenados en un mismo controlador basta con el alias propio de cada objeto para referenciarlos dentro del código, en caso de que los programas se almacenen en otros dispositivos como el controlador de red o la Workstation habrá que adicionar una ruta jerárquica al alias para poder referenciar cada objetos dentro de los códigos.

Tal como se enuncio antes el programa está configurado con tipo de flujo “looping” y cuenta tan solo con dos líneas, “salón” y “basal”, el contenido de la primera línea establece las instrucciones lógicas a seguir durante el funcionamiento normal del sistema mientras que la segunda línea permite que el programa sea puesto en un estado de inactividad sin llegar a deshabilitarlo

completamente esto como resultado de una orden del usuario quien altera la variable digital “manuals”, del mismo modo el programa retornará a la línea salón tras recibir la respectiva orden por parte del usuario.

La línea “salón” está compuesta por múltiples sentencias condicionales anidadas dedicadas al control de la unidad de aire acondicionado , la sentencia principal es referida al sensor de presencia de la sala de trabajo ya que todas las ordenes de control solo deben llevarse a cabo si se detecta presencia dentro del recinto, las siguientes tres condiciones internas se refieren al control On-Off del compresor, retomando la idea del control On-Off se pueden identificar tres zonas de control según la temperatura del recinto, la zona superior donde la temperatura excede el límite superior del ancho de banda establecido por el “setpoint”, la zona inferior donde ocurre lo contrario y la temperatura se encuentra por debajo del límite del ancho de banda y la zona de control como tal donde la temperatura se encuentra dentro del rango del ancho de banda demarcado por los limites, dependiendo de la zona de la temperatura el compresor es activado o desactivado tal como lo muestra la tabla.

Tabla 14. Zonas de control y acciones a ejecutar

ZONA DE CONTOL	ACCION DEL COMPRESOR	VALOR DE LA VARIABLE HISTORIA
Superior	Se activa el compresor.	uno
Control e Historia igual a uno	Se activa el compresor.	uno
Inferior	Se desactiva el compresor.	cero
Control e Historia igual a cero	Se desactiva el compresor.	cero

Fuente: Autores

Como se observa existe una dualidad en la zona de control como tal, esta característica es necesaria para que tanto el ciclo de calentamiento como el de enfriamiento se completen y la temperatura varié dentro de los rangos establecidos, el cambio en la variable “historia” es el factor que hace esto posible. Si la orden de control fuese única en la zona cubierta por el ancho de banda el compresor acabaría encendiéndose y apagándose continuamente en torno a uno de los límites de temperatura de la zona en cuestión. Dentro del condicional principal también se pueden identificar dos sentencias anidadas que cambian la velocidad del ventilador del evaporador basado en las órdenes del usuario quien modifica la variable “alta”.

Continuando con la descripción de la línea “salón” luego de las sentencias condicionales anidadas destinadas al control del aire acondicionado hay otras cuatro sentencias condicionales pero estas vez escritas usando la sintaxis compacta del plain english, dichas líneas están encargadas del control de la iluminación, la lógica de estas se resume en la siguiente tabla.

Tabla 15. Lógica de iluminación sala de trabajo

Estatus del sensor sala de trabajo	Estatus del contacto magnético	Estatus del la iluminación
ON	ON	ON
ON	OFF	ON
OFF	ON	OFF
OFF	OFF	ON

Fuente: Autores

Como aclaración cabe recordar que un estatus del contacto magnético en “Off” físicamente está representado como la puerta abierta y un estatus del sensor de presencia en “Off” significan que no se ha detectado presencia alguna. Por último en la línea salón existe un condicional mas que tiene como argumento la variable

“manuals”, la cual como ya se dijo se encarga de cambiar de línea no sin antes desenergizar todos los relés controlados por el programa.

**4.2.6.2.2 Programa para el control de la baliza luminosa.** El segundo programa almacenado en el controlador fue escrito para el control de la baliza luminosa, este programa creció en complejidad al implementar un control sobre la duración de la alarma, su código se describe a continuación:

```
Numeric tope, captura, residuo, centinela, delay, tiempo 'define las variables a usar
centinela = 0
segundos = 6
Gotoactivacion
```

```
Lineactivacion
If sensor180 isOnthen
centinela = 1
delay = 3
captura = Second' capturo la variable del controlador
tiempo = segundos - delay
tope = captura + tiempo 'aumento el tiempo de la alarma
Endif
```

```
Ifcentinela = 1 then
```

```
If tope isgreaterthan 59 then
residuo = 59 - captura
```

```
IfSecondiscapturathru 59 or Second islessthan (tiempo - residuo) then
Turn On rele4
Else
Turn Off rele4
centinela = 0
Endif
```

```
Else
IfSecondislessthan tope then
Turn On rele4
Else
Turn Off rele4
centinela = 0
Endif
```

```
Endif
```

```
Endif
```

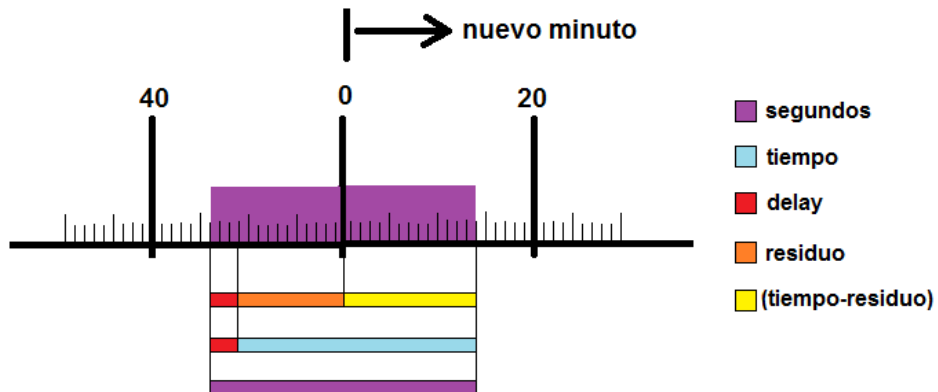
'dado que los clientes no pueden modificar programas se realiza una rutina extra con una variable que establece el mando manual

```
IfbalizamanualisOnthen
Turn Off rele4
Goto basal
Endif
Line basal
IfbalizamanualisOffthenGotoactivacion
```

El programa comienza con la creación de las variables locales y la inicialización de algunas de ellas, con el uso de la variable “centinela” se pretende disminuir los cálculos innecesarios, para ajustar la duración de la alarma se creó el objeto “segundos” el cual se modifica desde los paneles gráficos; tal como ocurre con el otro programa este utiliza el tipo de flujo looping y cuenta con dos líneas la primera llamada “activación” donde se encuentra toda la lógica y la segunda llamada “basal” para desactivar el programa sin llegar a deshabilitarlo por completo.

Respecto al control de duración de la alarma se usa una variable del sistema llamada “second” la cual es actualizada automáticamente por el controlador de zona, el único inconveniente que se presenta al usar esta variable es que existen problemas para controlar la duración de la alarma cuando el rango de duración se encuentra distribuido entre dos minutos aledaños, otro detalle a tener en cuenta es que el que el sensor de presencia se mantiene encendido durante algunos segundos (Delay) luego de una intrusión, este lapso de tiempo hace que el último valor almacenado en la variable local “captura” no sea un valor fiable ya que la alarma ya ha sido activada desde casi el mismo instante que se activa el sensor, estas consideraciones se describen en la siguiente figura.

Figura 129. Distribución de la duración de la alarma

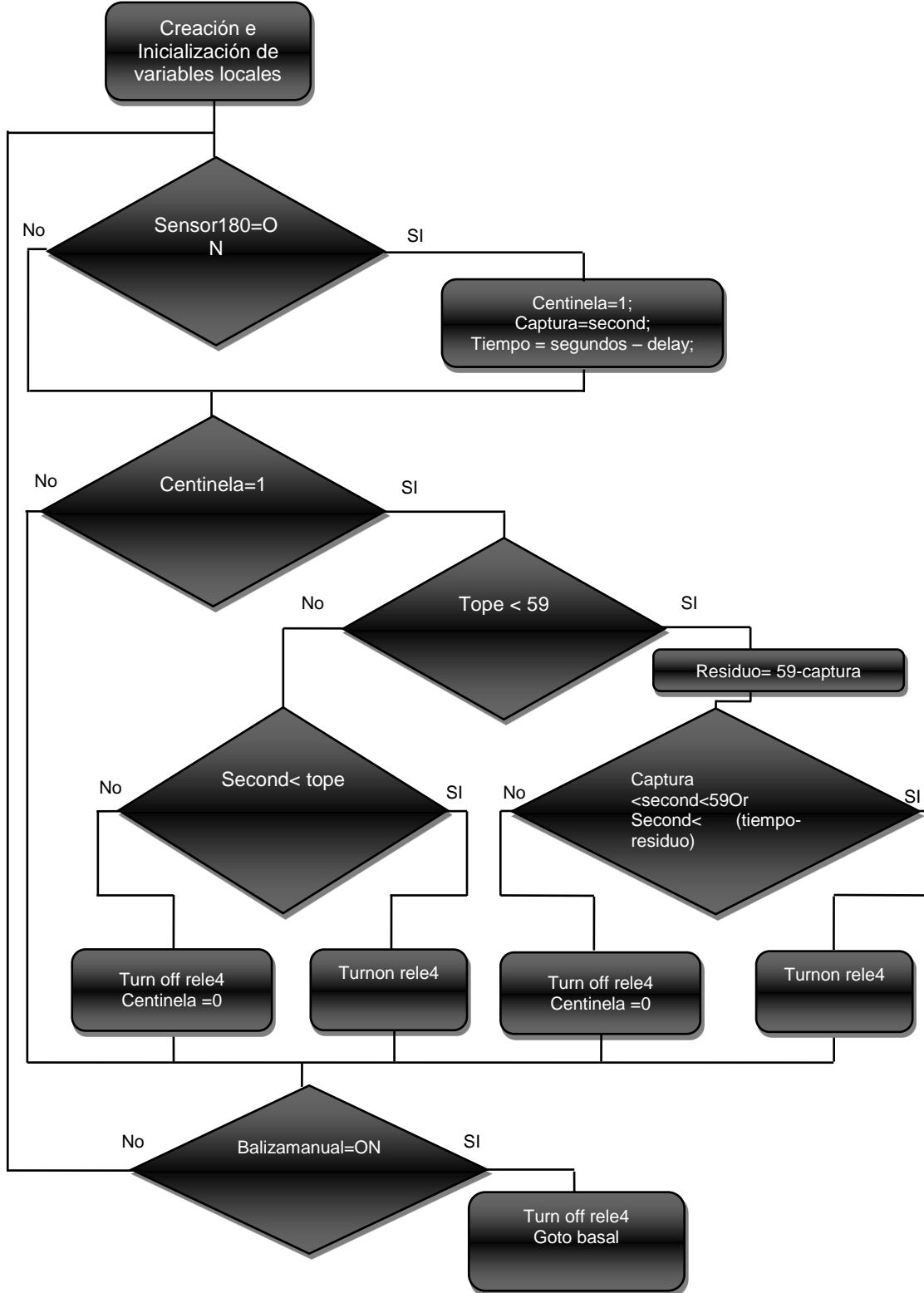


Fuente: Autores

Aunque la duración de la alarma configurada desde los paneles gráficos es representada por la variable global “segundos”, el programa usa como base la variable interna “tiempo” la cual es el resultado de descontar “delay” directamente sobre “segundos”. La variable local “tope” sirve como identificador de la situación actual respecto al reloj interno del controlador, si “tope” es mayor a 59 es porque la duración de alarma se distribuye en dos minutos aledaños, como solución a esta situación particular se plantea la división del periodo de alarma en dos lapsos, el primer lapso de tiempo va desde la última captura de la variable “segundos” hasta el segundo 59 del primer minuto la cantidad de segundos que confirman este lapso se denomina “residuo”, el segundo lapso de tiempo comienza desde el segundo cero (0) del segundo minuto y termina en el segundo calculado apartir de sustracción entre las variables locales “tiempo” y “residuo”.

La secuencia lógica de la línea “activación” se representa de forma clara en el siguiente diagrama de flujo:

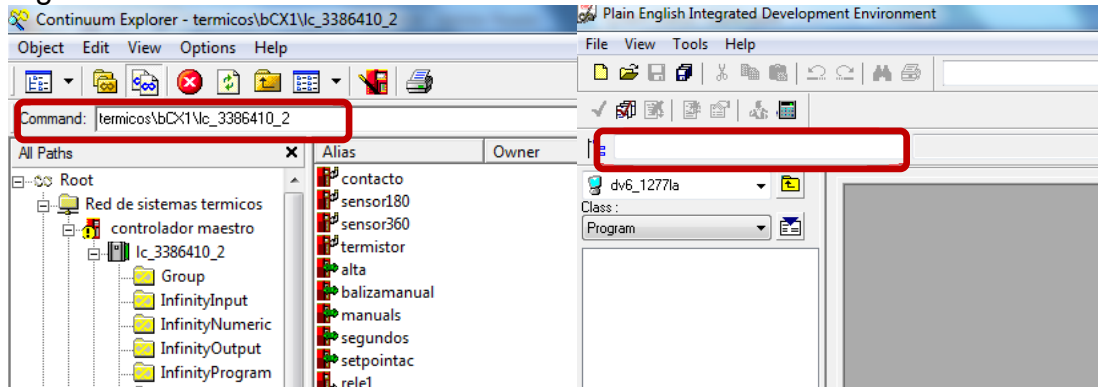
Figura 130. Diagrama de flujo de la línea "Activación"



Fuente: autores

**4.2.6.3 Command line.** Esta es una sencilla y útil interfaz de comando la cual puede ser usada tanto para probar puntos como programas, dicha interfaz se encuentra presente tanto en el explorador de continuum como en el IDE, su ubicación se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura 131. Ubicación del “command line”

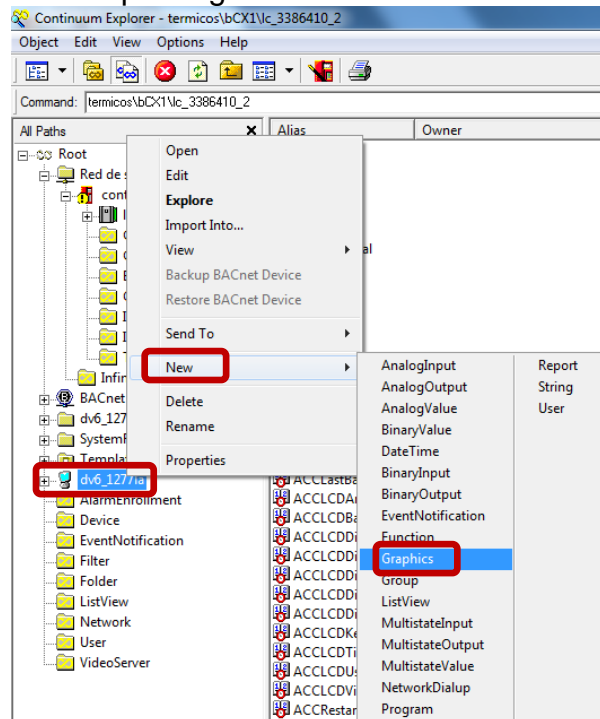


Fuente: Autores

Los comandos que se ingresan en el “command line” están compuestos básicamente por un verbo que indica una acción y el objeto sobre el cual la acción es efectuada, “turn on” y “turn off” son tal vez de los comandos más usados ya que estos pueden encender y apagar directamente los dispositivos de salida, “turn on pump” es un ejemplo valido para encender el dispositivo representado por el objeto “pump”. Así mismo existen dos comandos fundamentales a la hora de probar los programas como lo son “Run” y “Stop” usados para activar y desactivar cualquier programa respectivamente, estos son escritos en el command line seguidos por el programa sobre el cual recae la acción, son ejemplos validos las siguientes sentencias: “Run program1”, “Stop Program1”. Si se desea saber el valor actual de un objeto el comando a usar es “print” seguido del objeto, por ejemplo “print termistor”, esto si el objeto no fue modificado en la pestaña “conversions” como ya se indicó en un apartado anterior, en caso contrario se debe usar la palabra “elecvalue” como complemento al comando “print”, respecto al ejemplo anterior esto se vería reflejado como “print termistor elecvalue”.

**4.2.7 Paneles gráficos.** La creación de los paneles gráficos es una tarea algo tediosa pero extremadamente útil para simplificar el control y facilitar el uso por parte de personas que ingresen al aplicativo sin conocer nada de la plataforma. Nuevamente se insiste en el hecho de que existe documentación por parte del fabricante que exhibe mayor detalle y que debe ser esta la fuente que solventa cualquier duda. Los paneles gráficos solo son almacenados en la Workstation, para ingresar al editor gráfico se debe dar click derecho sobre la Workstation (dv6\_12771a, para el presente proyecto) y seleccionar del menú desplegable la opción “new” seguido de “graphics”, tal como se ve en la siguiente figura, hecho esto y como es costumbre se debe ingresar un nombre para nuevo panel grafico e inmediatamente este es creado y almacenado en la Workstation, los paneles gráficos son denominados “pinpoints” en la plataforma de Continuum.

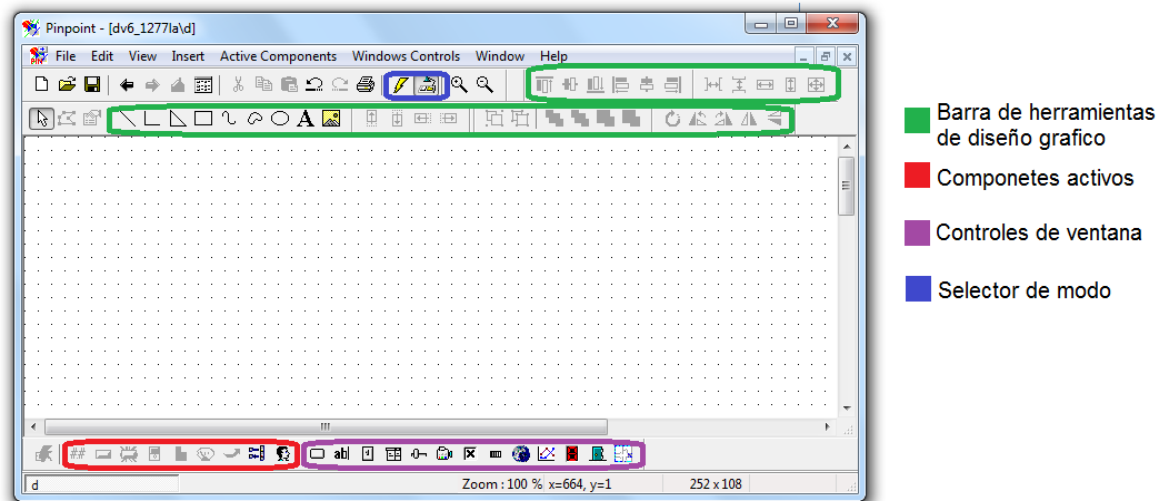
Figura 132. Creación de un panel grafico



Fuente: Autores

También es posible ingresar al editor gráfico desde la pantalla principal del cyberstation. El editor gráfico cuenta con múltiples herramientas agrupadas en barras, algunas de estas herramientas son usadas para el diseño gráfico, es decir, la creación y edición de imágenes sencillas, para la generación de imágenes más elaboradas es recomendable usar un paquete software complementario tal como Corel draw, a continuación se muestra una vista general del editor gráfico.

Figura 133. Vista general del panel grafico



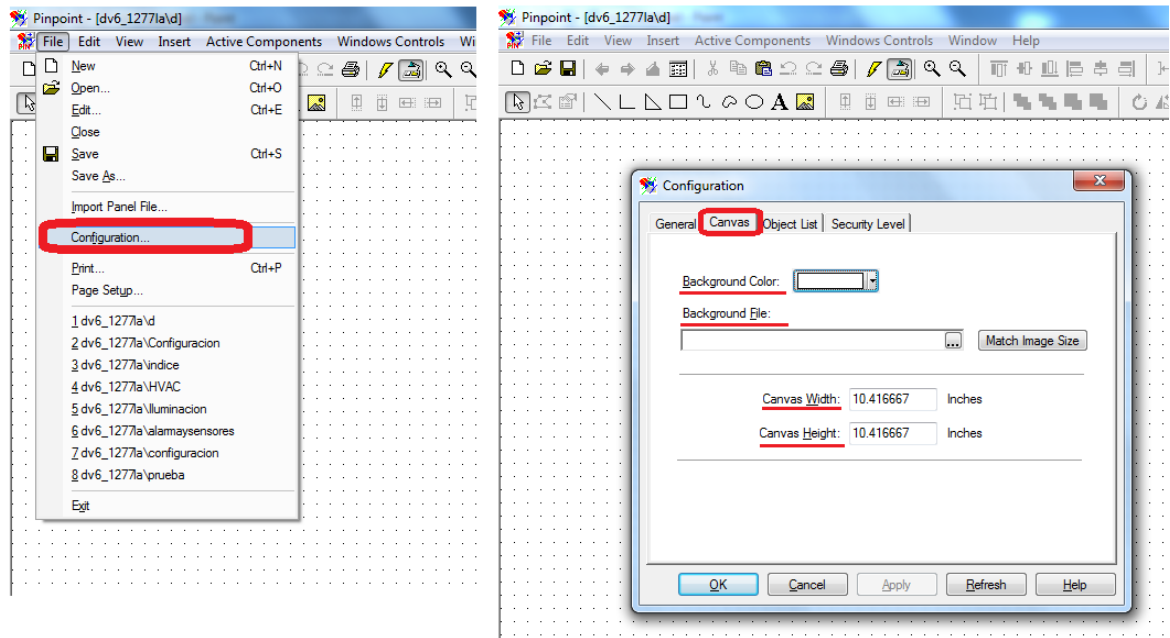
Fuente: autores

El editor gráfico cuenta con dos modos de operación, el modo de edición y modo de ejecución. El modo de edición como su nombre lo indica es usado para editar los paneles gráficos ya sea para modificar, agregar o eliminar elementos mientras que el modo de ejecución es el empleado para simular y probar el funcionamiento del panel sobre el cual se están realizando las modificaciones, es posible pasar de un modo a otro simplemente cliqueando en los iconos etiquetados como “selector de modo” en la figura anterior.

Los pinpoints cuentan con un área de trabajo inicialmente de color blanco denominada “lienzo”, es allí donde se deben incluir todas las imágenes y textos que conformarán el panel gráfico; el lienzo cuenta con ciertas propiedades como

tamaño o extensión y color o imagen de fondo las cuales se configuran tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 134. Configuración del lienzo

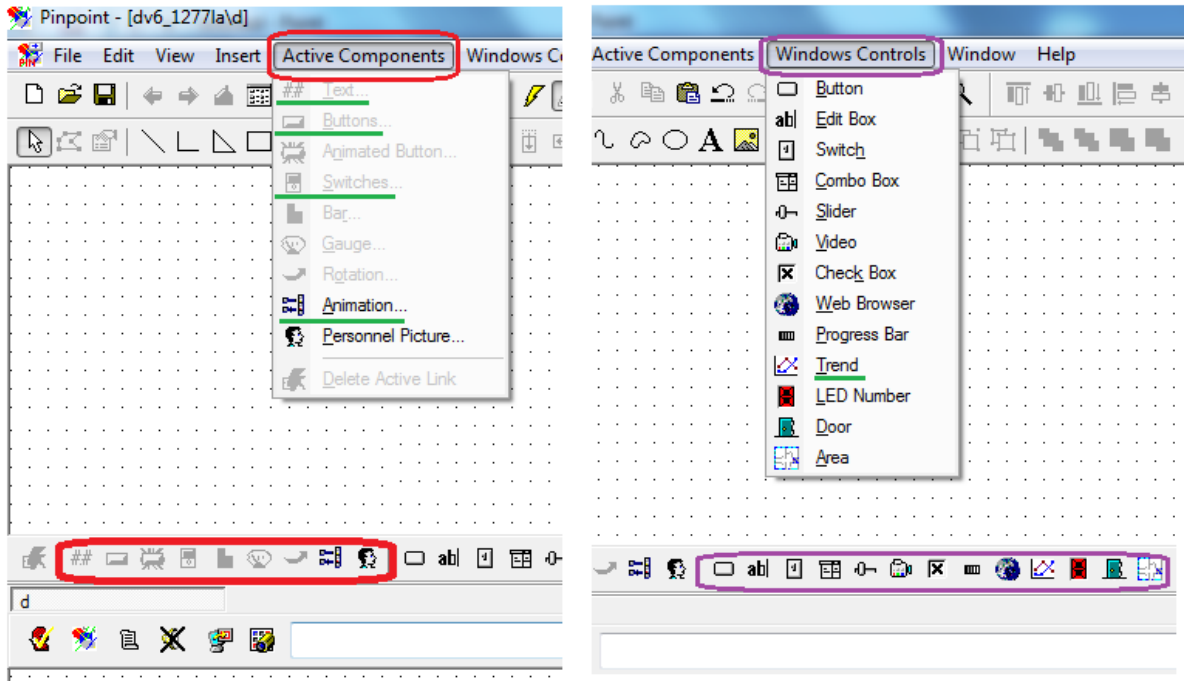


Fuente: Autores

Los puntos Infinity y sus equivalentes objetos BACnet también son modificados en los paneles gráficos pero no directamente sino a través de elementos llamados controles de ventana y componentes activos, cada uno de estos elementos permite adjuntar los objetos que deben modificar o en base a los cuales debe funcionar. Cyberstation ofrece un conjunto de controles predeterminados check boxes, buttons, trends, etc los cuales son inmodificables y se puede acceder a estos desde la barra de herramientas de controles de ventana tal como se ilustró en la figura que representa la vista general de un pinpoint o desde el menú Windows controls, Cyberstation también permite la creación de controles personalizados y por tanto mucho más flexibles estos son denominados componentes activos, se puede acceder a estos a través de la barra de

herramientas de componentes activos o desde el menú active components, el siguiente dibujo representa las ideas anteriormente descritas.

Figura 135. Controles activos



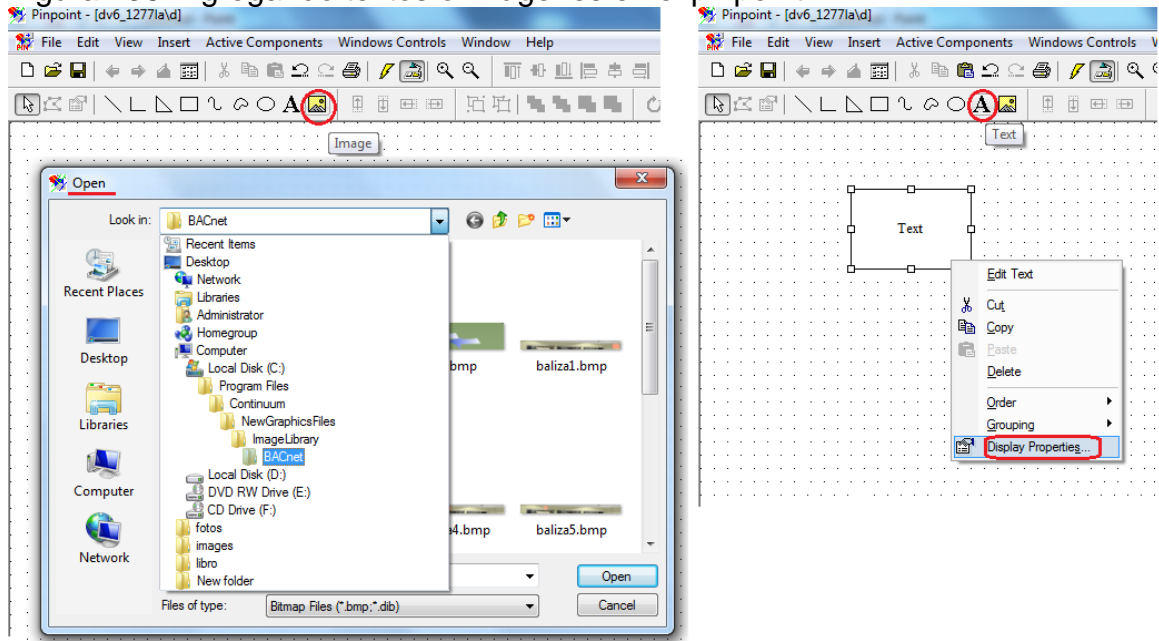
Fuente: autores

Para la creación de los paneles gráficos implementados en este proyecto los componentes activos más usados fueron: Active text, active switch, active button y active animations.

Los componentes activos usan como base elementos gráficos tales como textos o imágenes. En teoría se puede agregar cualquier imagen al panel grafico pero hay que tener en cuenta que el tamaño de la imagen afectará el desempeño final del pinpoint, para agregar una imagen diseñada en otra aplicación software simplemente hay que clicar en el icono representativo y buscar el archivo a través de una ruta jerárquica como es costumbre en Windows; del mismo modo para agregar un cuadro de texto simplemente se da clic en el icono ubicado en la

barra de herramientas de edición gráfica y luego se clikea sobre el lienzo para agregar el cuadro, estas descripciones son complementadas en la siguiente figura.

Figura 136. Agregando textos o imágenes en el pinpoint

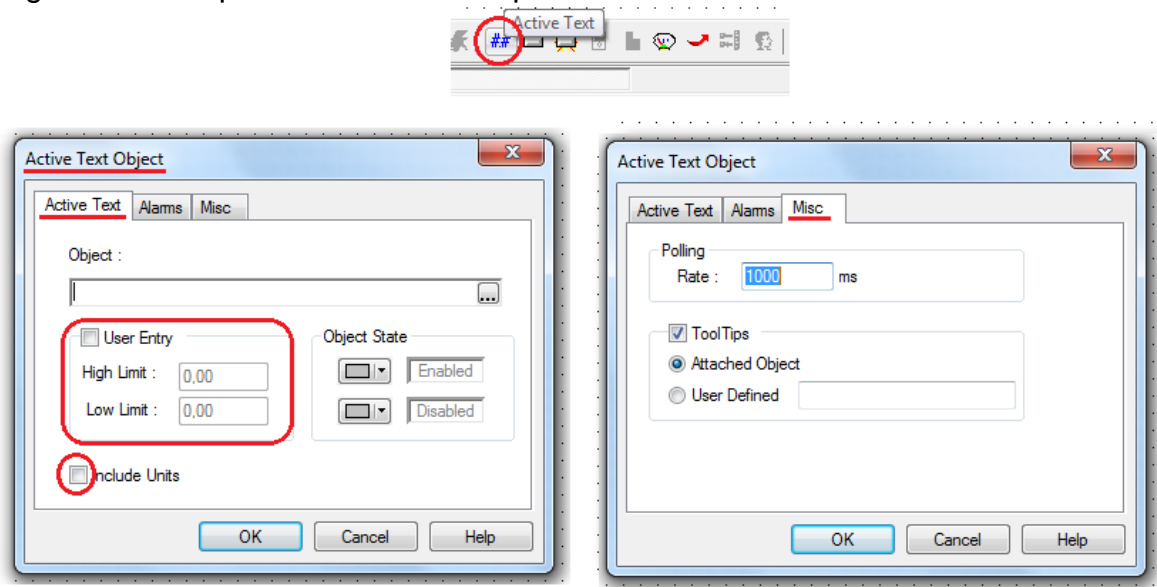


Fuente: autores

Todos los elementos poseen propiedades que permiten cambiar el aspecto o forma como son visualizados, para modificar estas propiedades se puede dar clic derecho sobre el elemento y seleccionar la opción “display properties” o dar doble clic sobre el mismo. Para un cuadro de texto las propiedades incluyen tipo de letra o Font, color de relleno, tipo de borde entre otras. Una vez un se ha agregado un elemento grafico es posible crear componentes activos, para el caso del texto activo basta con seleccionar el texto a transformar y dar clic sobre el icono de texto activo esto genera la aparición de un cuadro de dialogo donde es posible agregar ciertas propiedades fundamentales organizadas por pestañas, dentro de estas propiedades tenemos: la designación del objeto que será añadido al componente y cuyo valor será visualizado en el caso del texto activo, permitir o denegar la manipulación del componente por parte del usuario (User entry)

cuando el panel esté en funcionamiento así como el rango de valores admisibles para el caso de un texto activo. En la pestaña “misceláneos” es posible agregar algún consejo o descripción sobre el objeto (tooltips) que se desplegará cuando el usuario posicione el cursor sobre el componente activo, también es posible configurar el tiempo requerido para actualizar el valor del punto agregado al componente activo entre otras propiedades tal como se aprecia en la siguiente figura.

Figura 137. Propiedades de los componentes activos.



Fuente: Autores

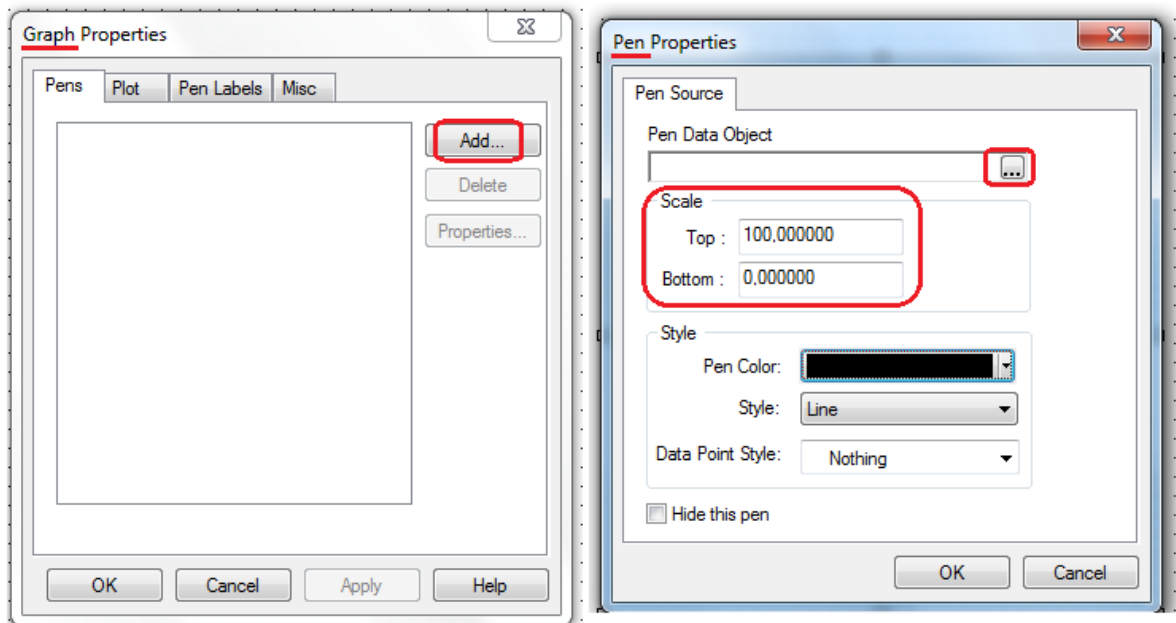
El componente activo “active switch” es solo útil con objetos binarios y su función principal puede resumirse como ocultar y mostrar un elemento grafico o imagen basado en el cambio de valor del punto u objeto añadido, este componente activo también posee la propiedad user entry que permite al usuario interactuar con el componente e indirectamente modificar el objeto añadido a dicho elemento.

El componente activo “active button” sirve como un típico botón pero puede adoptar casi cualquier forma al basarse en las imágenes que se insertan al panel

gráfico, este componente puede ser configurado para que interactúe con un programa, con otro panel gráfico o simplemente con otro objeto, además cuenta con una pestaña a forma de mini editor donde se puede agregar instrucción de comando escritas usando el lenguaje plain english que son ejecutadas al dar clic sobre el componente activo. El componente activo active animation es usado para crear una pequeña animación que será mostrada según cambie el punto añadido. Los puntos u objetos añadidos pueden ser tanto digitales como binarios, la animación está compuesta por una serie de dibujos que se superponen y cambian según sea configurado el componente activo.

Muchos de los controles de ventana tiene las mismas funciones de los componentes activos pero existen otros que tiene una función única como es el caso del control “trend” que permite graficar y visualizar el valor de los puntos u objetos añadidos al control los cuales son denominados “pens” tal como se aprecia en la siguiente figura.

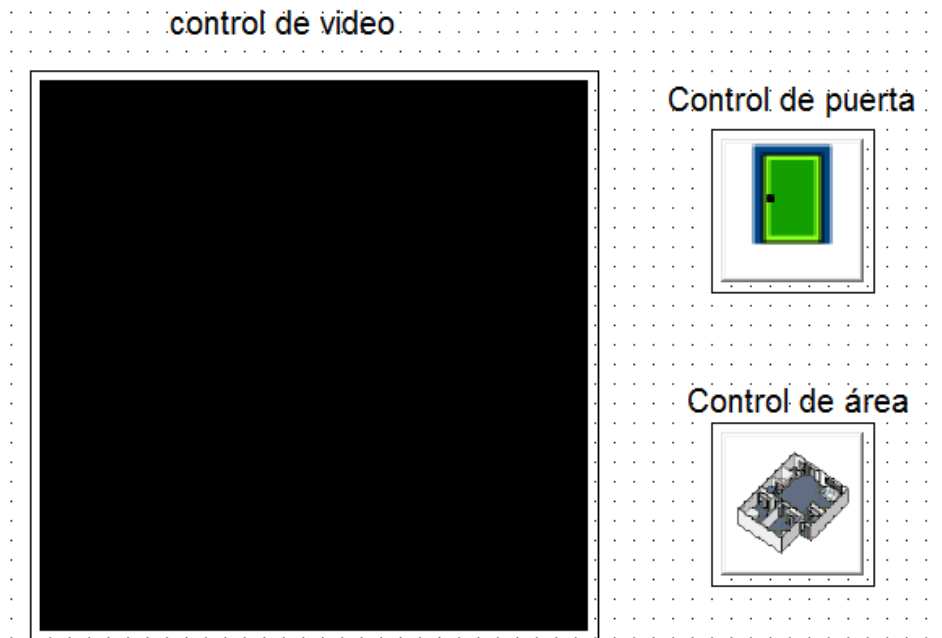
Figura 138. Propiedades del Control de ventana trend



Fuente: autores

También es posible usar controles de ventana más específicos exclusivamente implementados en conjunto con objetos como servidores de video, personal, y objetos de segregación como áreas y puertas diseñados para el control y seguridad dentro de un edificio.

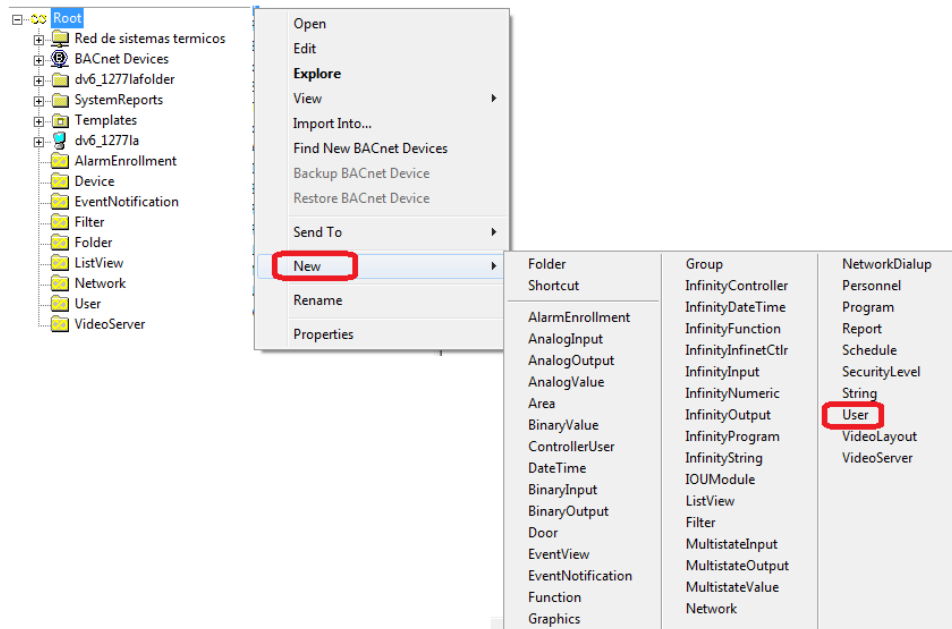
Figura 139. Otros Controles de ventana



Fuente: Autores

**4.2.8 Creación de nuevas cuentas de usuario.** Los usuarios dentro de cyberstation son representados como objetos, así que la creación de una nueva cuenta se limita a la creación de un objeto más. Estos objetos están al mismo nivel jerárquico de los objetos que representa las workstations, las alarmas o las redes de controladores BACnet todos bajo el rango jerárquico del objeto root. Esta distribución y los pasos a seguir para la creación del objeto “user” se muestran a continuación en la siguiente imagen:

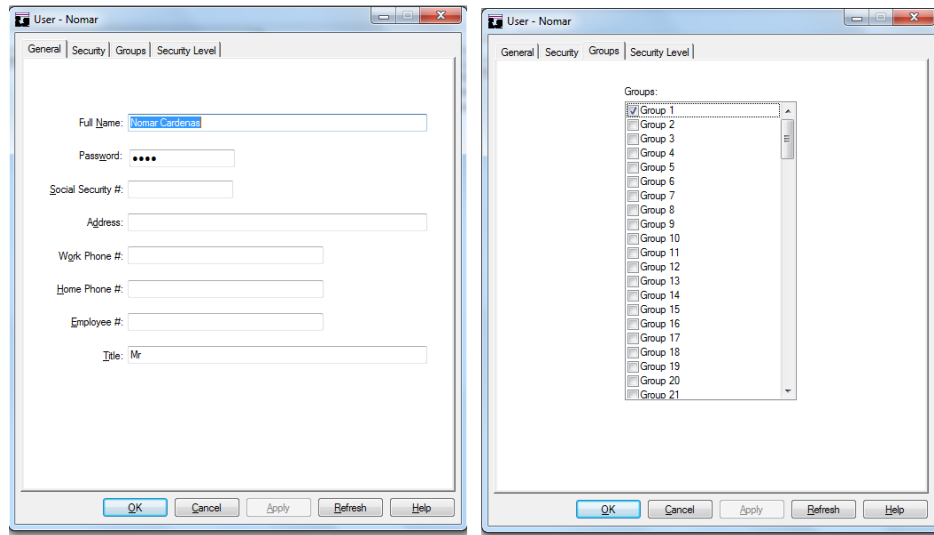
Figura 140. Creación del objeto user



Fuente: Autores

Cuando se da clic derecho sobre el objeto root y se selecciona la opción desplegable new se muestra la increíble cantidad de objetos que pueden ser creados a partir de este objeto base, entre todos ellos se selecciona la opción “user”, un nombre y un alias adecuado se deben ingresar antes de que el cuadro de dialogo de configuración emerja, este cuadro de dialogo está organizado en cuatro pestañas, la primera pestaña “general” permite adicionar al objeto información relacionada con la persona a la cual le será asignado este objeto tal como dirección, teléfono, número de seguridad social entre otros, la pestaña “security” permite activar o desactivar la cuenta de usuario, también se puede establecer el periodo de inactividad máximo para generar desconexión automática del sistema. La tercera y cuarta pestaña se encarga de limitar los permisos con los cuales el usuario cuenta esto se hace a través de la asignación de un grupo de trabajo previamente configurado, al finalizar la edición del objeto solo hay que dar clic sobre el botón OK y el objeto será creado, algunas de estas pestañas se muestran a continuación.

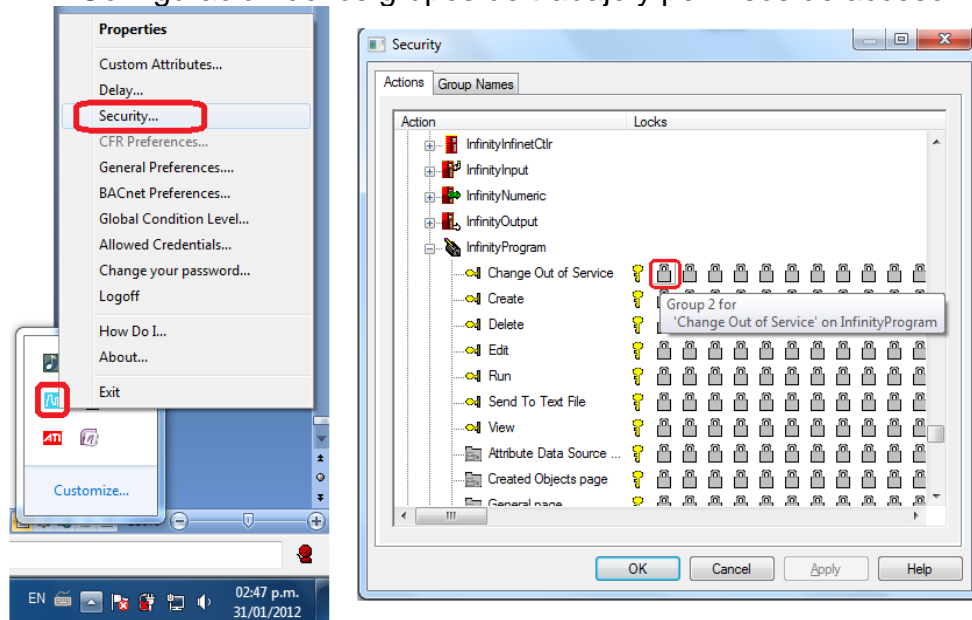
Figura 141. Cuadro de dialogo del objeto User.



Fuente: Autores

Para configurar un grupo de trabajo solo es necesario buscar el icono de continuum en la barra de herramientas de Windows dar clic derecho sobre él y seleccionar la opción "security" tal como se aprecia en la siguiente figura.

Figura 142. Configuración de los grupos de trabajo y permisos de acceso.



Fuente: Autores

De la figura anterior se puede notar como todos los objetos dentro del continuum se agrupan en categorías, cada categoría tiene ciertas características entre la más comunes se encuentran editar, crear o eliminar algún elemento, cuando existe algún permiso para ejercer estas acciones el icono que aparece al frente es una llave y si no se cuenta con permiso el icono será un cerrojo, la primera fila corresponde al grupo de trabajo uno, este orden se conserva para el resto de los grupos, basta con clicar en alguno de estos iconos para cambiar la configuración de los permisos en los grupos de trabajos.

## CONCLUSIONES

- Se seleccionaron dispositivos electrónicos de control digital directo (controladores DDC) con comunicación BACnet acordes con los lineamientos establecidos por la ASHRAE, los cuales fueron instalados y configurados según las especificaciones del fabricante, de esta manera se respondió a las exigencias de control e integración de subsistemas planteadas en el problema inicial.
- Al emplear controladores DDC con comunicación BACnet se exploró e implementó una solución en el campo de la automatización de edificios que aunque había sido documentada en proyectos previos nunca había sido implantada dentro del campus de la Universidad Industrial de Santander, con la realización del presente proyecto quedó demostrado que esta es una solución válida en lo que respecta a los sistemas de automatización en edificios (BAS).
- La instalación del BAS básico en la sala de trabajo del laboratorio de máquinas térmicas sienta un precedente tanto para futuras ampliaciones del sistema como para nuevos proyectos enfocados a la automatización de edificios donde se enfatice la eficiencia energética tanto en control de iluminación como en control de equipos HVAC.
- Con la ejecución de este proyecto se complementó la formación académica recibida con conocimientos teóricos especializados en automatización de edificios e invaluables experiencias prácticas como la vivida al intervenir directamente el sistema de control de la unidad de aire acondicionado presente en la sala de trabajo del laboratorio de máquinas térmicas.

- La oportuna documentación, la instalación y posterior uso de la plataforma software desarrollada por el fabricante permitió una correcta programación de los controladores DDC adquiridos (controlador de red bCX1 y controlador de zona b3887). Todo el conocimiento adquirido respecto a la plataforma software se documentó y se espera sea de gran utilidad para futuros usuarios de esta tecnología.
- Los paneles gráficos creados y configurados (pinpoints) bajo la plataforma software implementada son una excelente opción como interfaz de usuario, ya que facilitan la visualización del sistema de automatización y simplifican los típicos procedimiento de control realizado por cualquier usuario ya sea que tenga o no tenga experiencia en la configuración del software.
- El complemento Webclient adquirido e instalado junto con la plataforma software en el computador designado como Workstation expande las posibilidades y brinda flexibilidad al sistema de control y monitoreo al permitir el acceso remoto a los usuarios autorizados desde cualquier lugar del planeta siempre y cuando dispongan de una conexión a internet y un dispositivo que pueda ejecutar el navegador web estándar de Microsoft, internet Explorer.

## BIBLIOGRAFÍA

ASHRAE. Standard 135-1995: BACnet - A Data Communication Protocol for Building Automation and Control Networks, ASHRAE, Atlanta, Georgia, USA, 1995.

BUSHBY, Steven. BACnet: a standard communication infrastructure for intelligent buildings. EN: Automation in Construction. 1997, Vol. 6, no 5-6, p. 529-540.

BUSHBY, Steven. A new Age in Building Control Systems. EN: Construction Business Review. Marzo-Abril, 2007, Vol. 4, no. 2, p. 1-6.

FISHER, David. How BACnet is changing Building Automation Networking. EN: The extension, a technical supplement to Control Network. Mayo-junio, 2007. Vol.8, no. 3, p. 1-4.

GUERRERO, Vicente; YUSTE, Ramón L. y MARTÍNEZ, Luis. Comunicaciones industriales. México D.F.: Alfaomega grupo editor S.A, 2010. 412 p. ISBN 978-607-7686-71-2.

HUIDOBRO MOYA, Jose Manuel y MILLAN TEJEDOR, Ramón Jesús. Domótica. Edificios inteligentes. México D.F.: Limusa, 2007. 359 p. ISBN 968-18-6851-2.

JARAMILLO, Ivan. Implementación de un sensor inteligente de temperatura soportado sobre el protocolo BACnet.; Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. 2005, 6 p.

LEÓN-GARCÍA, Alberto y WIDJAJA, Indra. Redes de comunicación. Conceptos fundamentales y arquitecturas básicas. Madrid: McGraw-Hill, 2002. 772 p. ISBN 84-481-3197-5.

ROMERO MORALES, Cristóbal; VÁZQUEZ SERRANO, Francisco y CASTRO LOZANO, Carlos de. Domótica e Inmótica. Viviendas y edificios inteligentes. 2 ed. México D.F.: Alfaomega grupo editor S.A, 2007. 397 p. ISBN 978-970-15-1248-7.

SCHNEIDER ELECTRIC. Andover Continuum web.Client planning and installation Guide for Version 1.93. North Andover, MA: 2011. 148p.

SCHNEIDER ELECTRIC. Andover Continuum Cyberstation Installation Guide for Version 1.93. North Andover, MA: 2011. 96 p.

SWAN, W. The Language of BACnet. EN: Engineered Systems. Julio, 1996. Vol 13, no.7, p. 24-32.

TAC, inc. Andover Continuum Cyberstation Configurator's Guide for Version 1.8. North Andover, MA: 2006. 748 p.

TAC, inc. Andover Continuum CyberStation Plain English Language Reference. North Andover, MA: 2006. 740 p.

TAC, inc. bCX1 Series Controller Technical Reference. North Andover, MA: 2006. 132 p.

TAC, inc. b3 and b4920 Controller Technical Reference. North Andover, MA: 2006.  
194 p.

THOMAS, George. Specifying a Direct Digital Control (DDC). . EN: The extension,  
a technical supplement to Control Network. Marzo-abril, 2007. Vol.8, no. 2, p. 1-4.

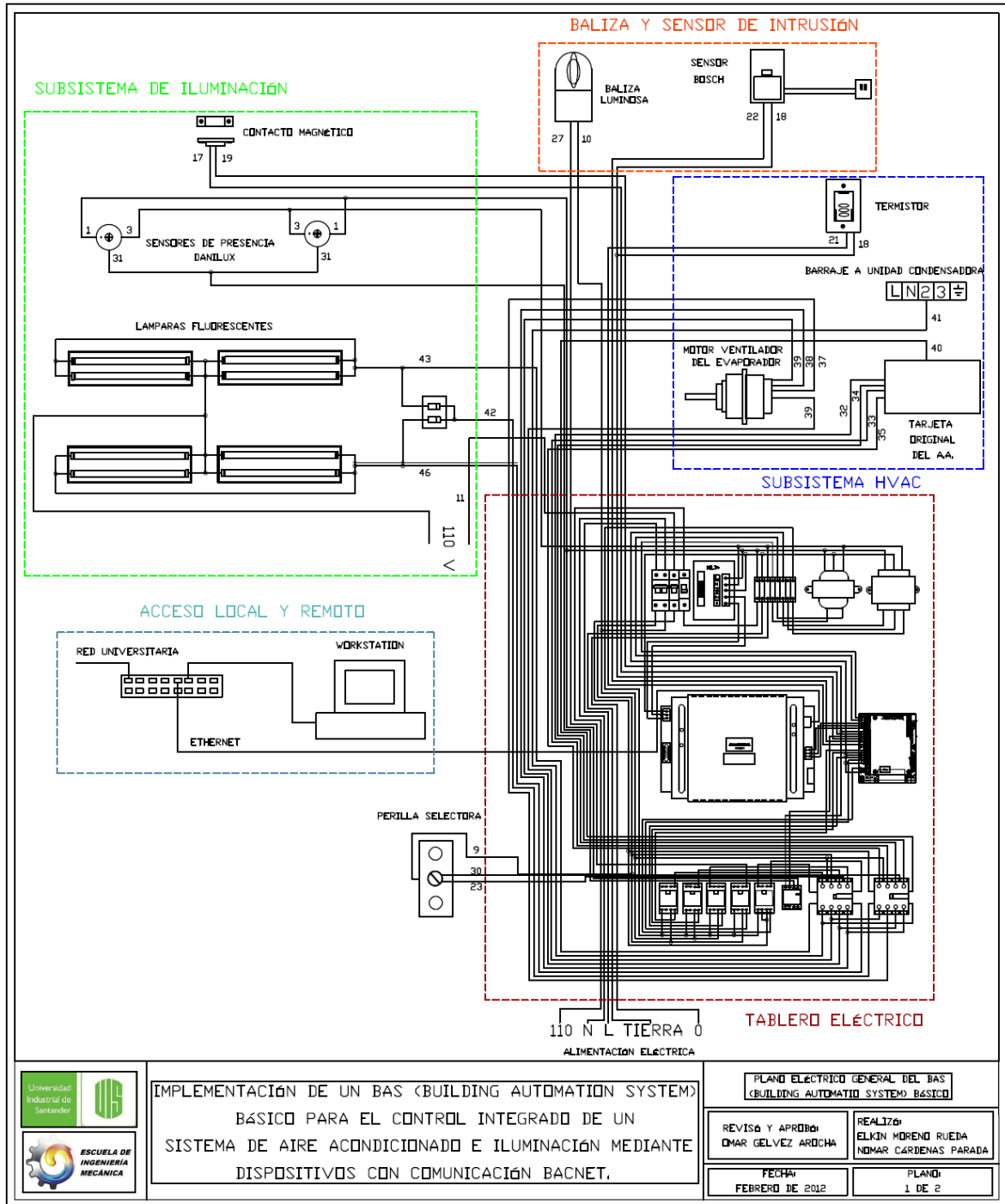
TOM, Steven. BACnet Operator Workstations. EN: "BACnet Today" Supplement to  
ASHRAE Journal. Noviembre, 2011. Vol. 53, No. 11, p. 1-6.

[Http://www.bacnet.org/](http://www.bacnet.org/)

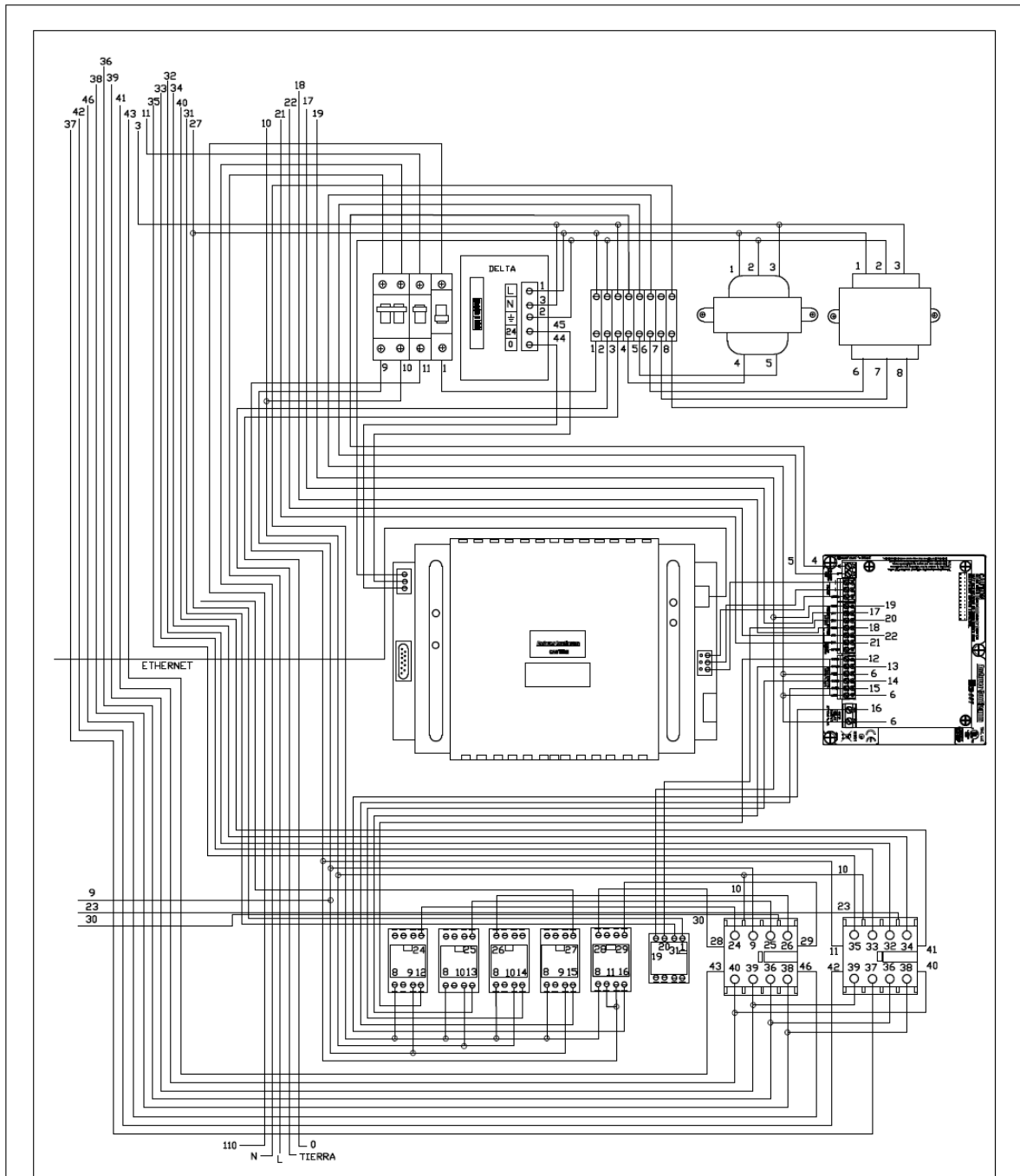
## ANEXOS

# ANEXO A. PLANOS ELÉCTRICOS. (Ver carpeta "Anexos")

## 1. PLANO ELÉCTRICO GENERAL



## 2. PLANO ELÉCTRICO DEL TABLERO



IMPLEMENTACIÓN DE UN BAS (BUILDING AUTOMATION SYSTEM) BÁSICO PARA EL CONTROL INTEGRADO DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO E ILUMINACIÓN MEDIANTE DISPOSITIVOS CON COMUNICACIÓN BACNET.

PLANO ELÉCTRICO DEL TABLERO DEL BAS (BUILDING AUTOMATION SYSTEM) BÁSICO

REVISÓ Y APROBÓ:  
DMAR GELVEZ AROCHA

REALIZÓ:  
ELKIN MORENO RUEDA  
NOMAR CÁRDENAS PARADA

FECHA:  
FEBRERO DE 2012

PLANO:  
2 DE 2

## ANEXO B. MANUAL DE USUARIO

### ACERCA DE ESTE MANUAL

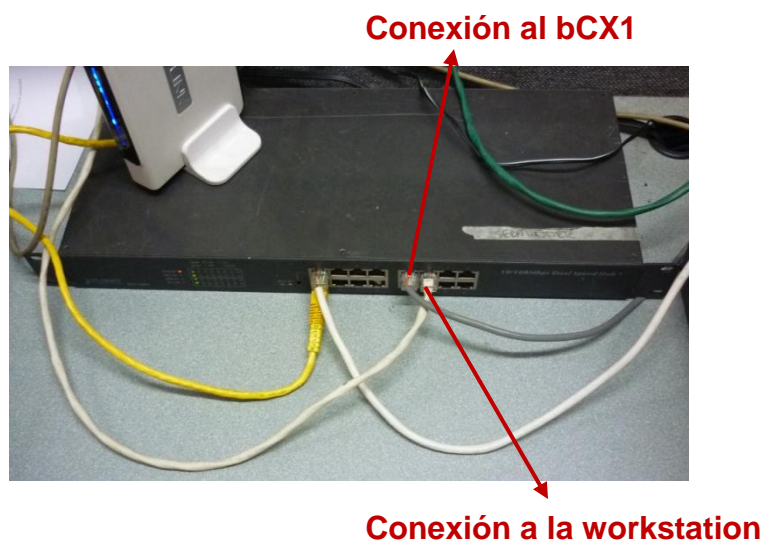
Este documento describe de forma sencilla los pasos que se deben llevar a cabo para el correcto uso del BAS implementado, cuenta con dos procedimientos los cuales brindan una explicación de cómo lograr el acceso local y el acceso remoto al sistema.

#### 1. PROCEDIMIENTO PARA ACCESO LOCAL

Para acceder al BAS implementado de forma local, es decir, desde la Workstation es necesario seguir la siguiente secuencia de pasos:

1. Verificar las conexiones de Ethernet de la Workstation y el bCX1 en el switch.

Figura 1. Conexiones en el switch



2. La perilla selectora esta en modo manual por default, se debe girar la perilla selectora de tal forma que el modo automático se active (giro antihorario).

Figura 2. Posición de la perilla selectora



3. Subir el breaker Schneider (En este punto el sistema de control se activa y gobierna de forma autónoma los subsistemas de acuerdo a la lógica programada).

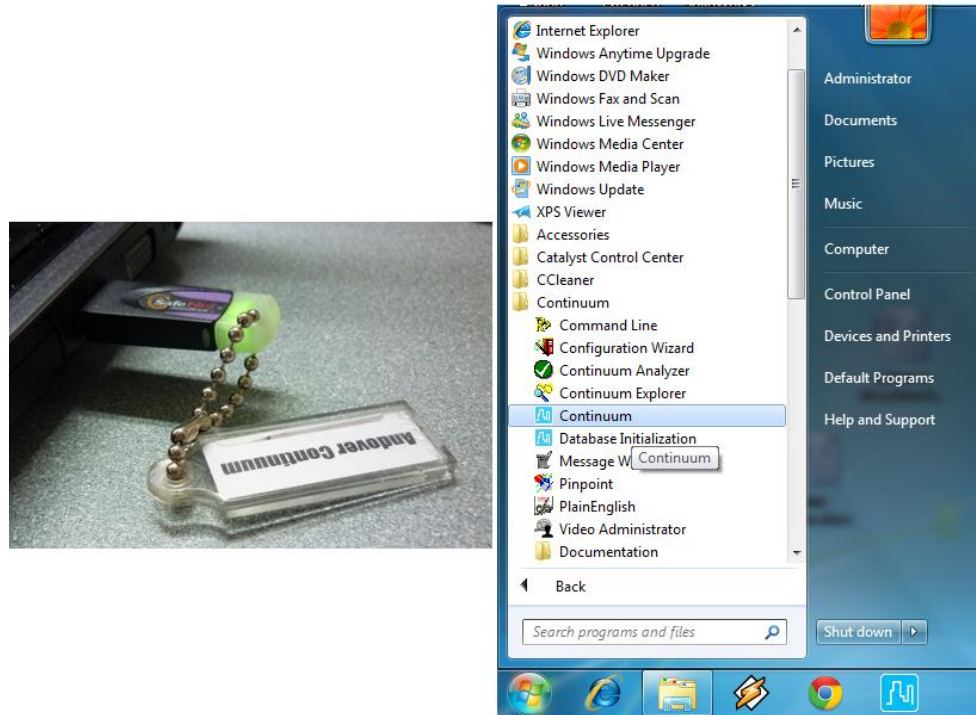
Figura 3. Breaker Schneider



**Breaker  
Schneider**

4. Para monitorear el sistema de control se debe encender la Workstation, insertar la llave USB e iniciar el cyberstation.

Figura 4. Llave USB e inicio de la Cyberstation

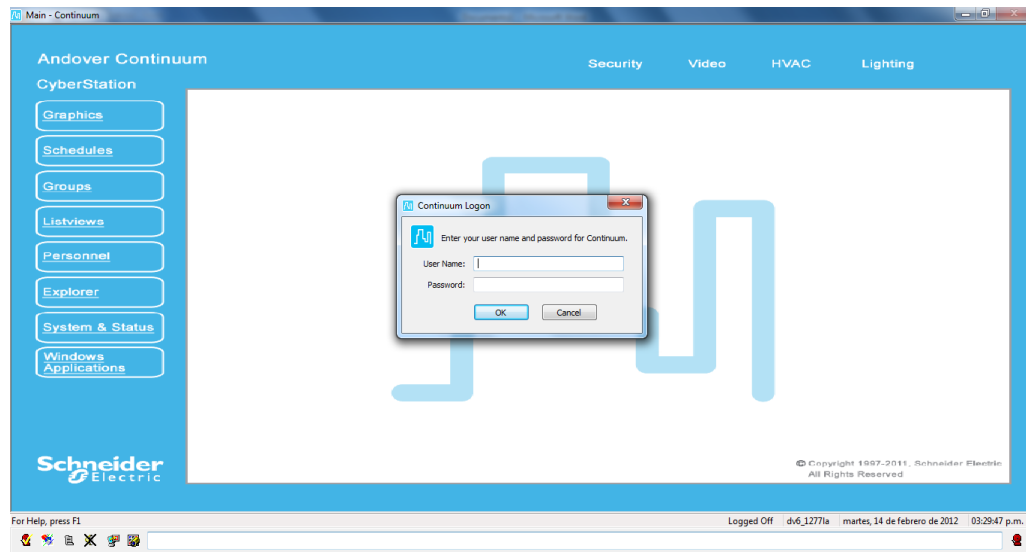


5. Ingresar una combinación de usuario y contraseña válidos, Andover continuum tiene como predeterminados:

Usuario: acc

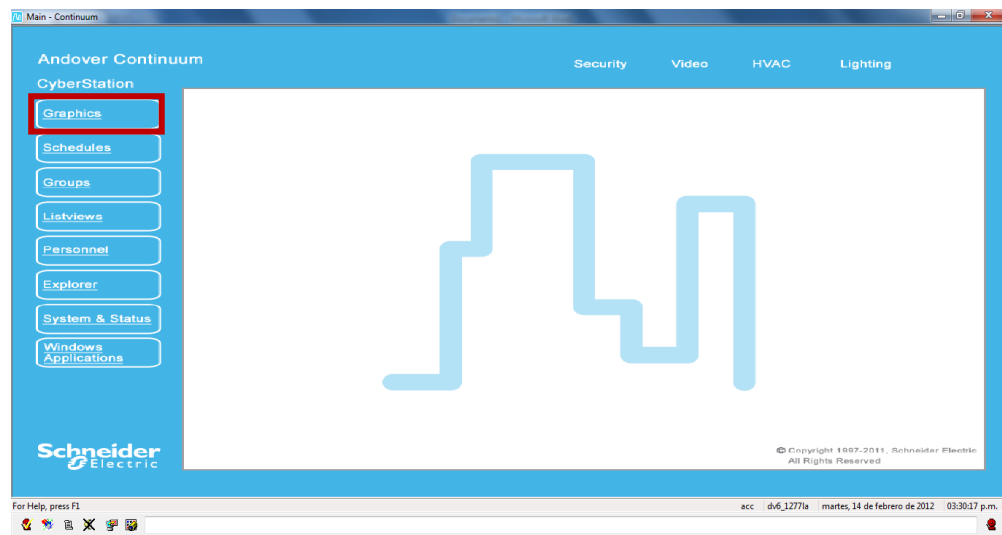
Contraseña: acc

Figura 5. Inicio de sesión en Continuum



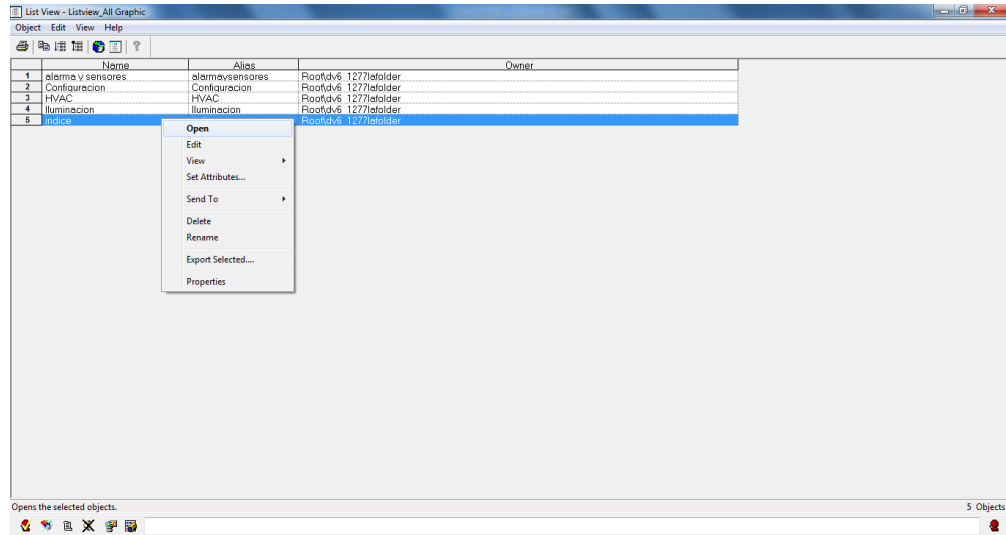
6. Dar clic en el icono “Graphics” del menú inicial de cyberstation

Figura 6. Icono Graphics



7. Emerge una lista con los accesos directos a cada una de las interfaces gráficas creadas (alarmas y sensores, configuración, HVAC, Iluminacion e índice); click derecho sobre la interfaz que se quiera mostrar y opción “open”.

Figura 7. Lista de accesos directos a las interfaces graficas



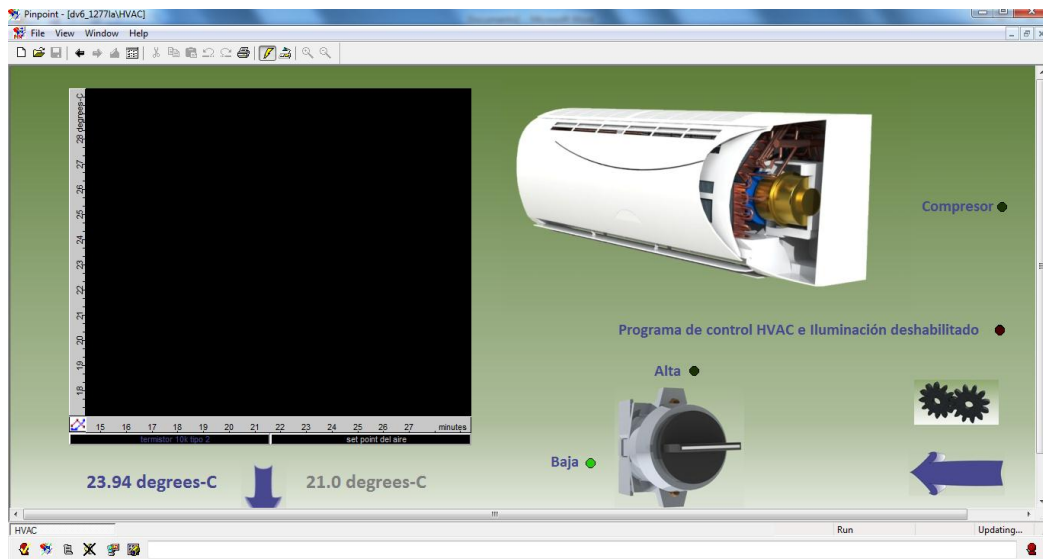
8. Para tener una visión global del sistema se recomienda abrir la interfaz “índice”, desde allí se puede acceder a los tres subsistemas (Alarmas y Sensores, HVAC e Iluminación) y a la Configuración general.

Figura 8. Interfaz grafica “Inicio”



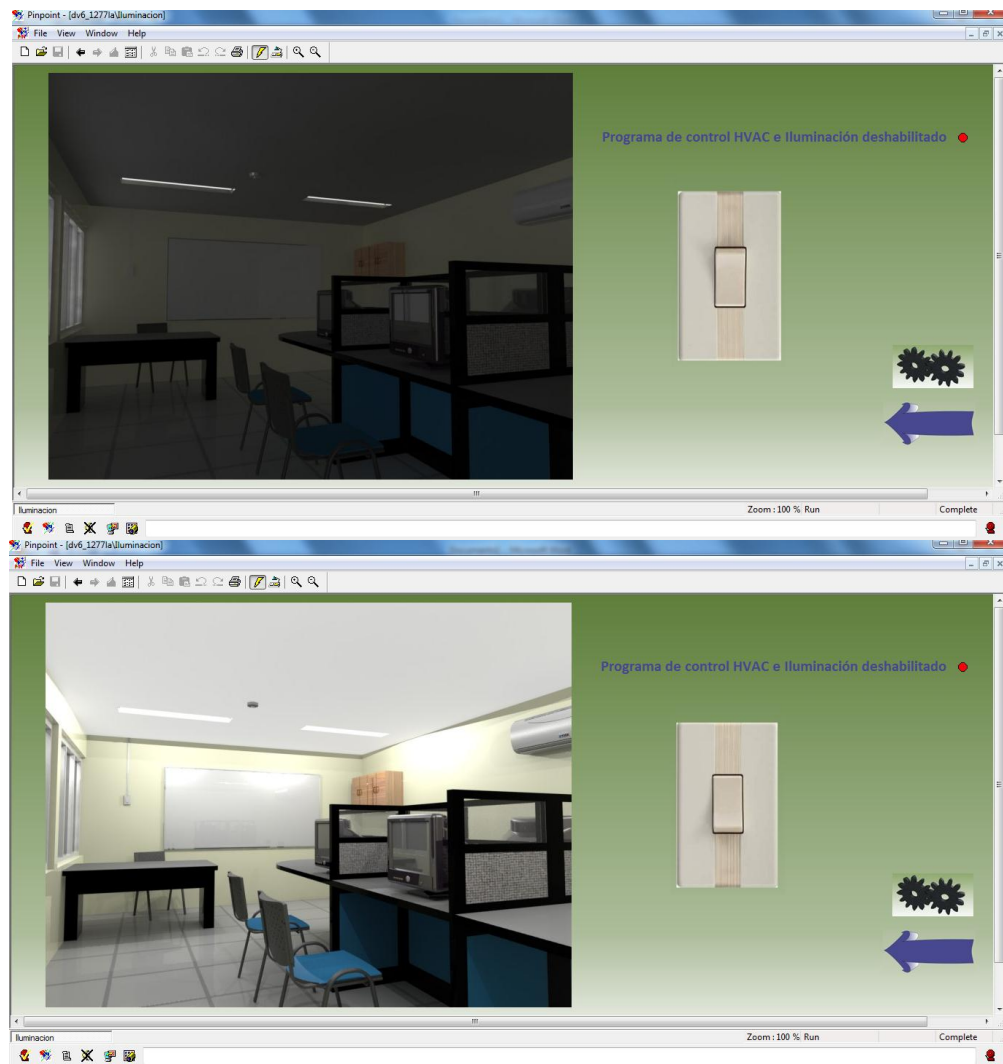
9. En la interfaz “HVAC” se puede modificar la velocidad del ventilador del evaporador al clicar en la perilla de comando, modificar la temperatura de setpoint entorno a la cual se hace el control ON-OFF, también es posible descargar un informe de la temperatura diaria registrada; esta interfaz cuenta con animaciones que describen el comportamiento del subsistema HVAC tales como: grafica de las temperaturas del setpoint y del recinto versus tiempo e indicadores luminosos que alertan ante cualquier cambio en el sistema (por ejemplo: encendido del compresor). Si el programa que contiene las sentencias lógicas para controlar el BAS es deshabilitado ningún elemento del sistema de aire acondicionado funcionará.

Figura 9. Interfaz Gráfica “HVAC”



10. La interfaz “Iluminación” permite activar y desactivar las luces dentro del recinto siempre y cuando las sentencias lógicas para el control del BAS se encuentren deshabilitadas, si este no es el caso se cuenta con una animación que visualiza el estado actual del recinto.

Figura 10. Interfaz Gráfica “Iluminación”



11. En la interfaz “Alarmas y sensores” se puede modificar la duración de la alarma instalada (Baliza Luminosa), además se tiene una perilla que permite su activación directa; así mismo cuenta con animaciones e indicadores luminosos que informan sobre la apertura de la puerta y la intrusión de personas tanto en la sala de trabajo como en el laboratorio.

Figura 11. Interfaz gráfica “Alarmas y sensores”



12. La interfaz “Configuración” permite activar y desactivar los programas de control que gobiernan todos los subsistemas.

Figura 12. Interfaz gráfica “Configuración”



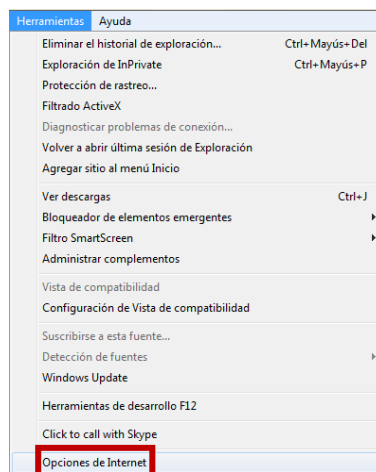
## 2. PROCEDIMIENTO PARA ACCESO REMOTO

Cualquier computador que posea sistema operativo window 7 (32 bits) y que cumpla con los requerimientos de hardware enunciados en la tabla 7 de las memorias del proyecto de grado “Implementación de un BAS básico para el control integrado de un sistema de aire acondicionado e iluminación mediante dispositivos con comunicación BACnet” puede ser usado como dispositivo de conexión remota. Para acceder remotamente al BAS es necesario llevar a cabo los siguientes pasos:

1. Se debe verificar que el equipo que funciona como Workstation y servidor este en línea; el internet explorer es el navegador web recomendado a usar y este debe ser configurado del siguiente modo:

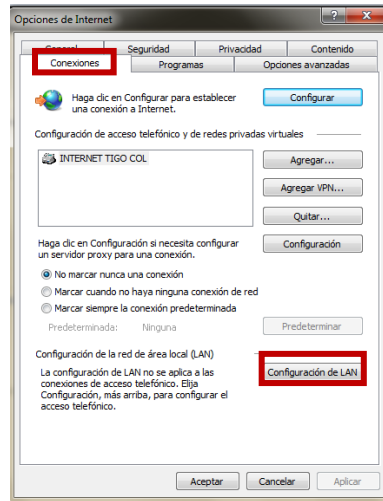
- a) Ejecutar el internet explorer como administrador
- b) Clic en “herramientas” seguido de opciones de internet.

Figura 13. Opciones de internet en el menú de herramientas



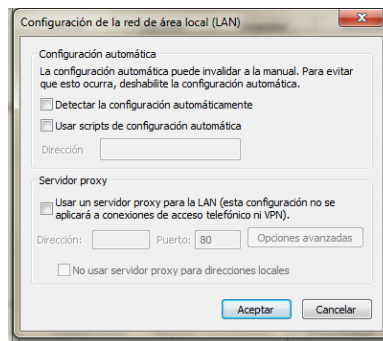
- c) Seleccionar la pestaña “conexiones” y dar clic en el botón “configuración de LAN”.

Figura 14. Pestaña conexiones en opciones de internet



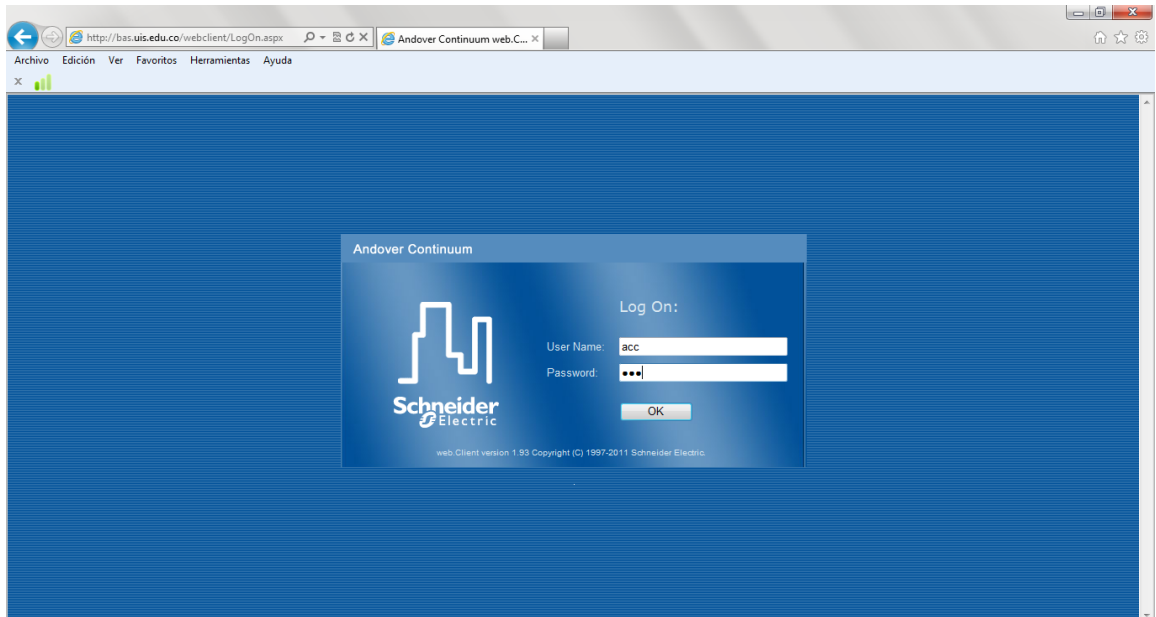
- d) Asegurar que el checkbox “Detectar la configuración automáticamente” este vacío y clic en aceptar.

Figura 15. Verificación en la configuración de la LAN



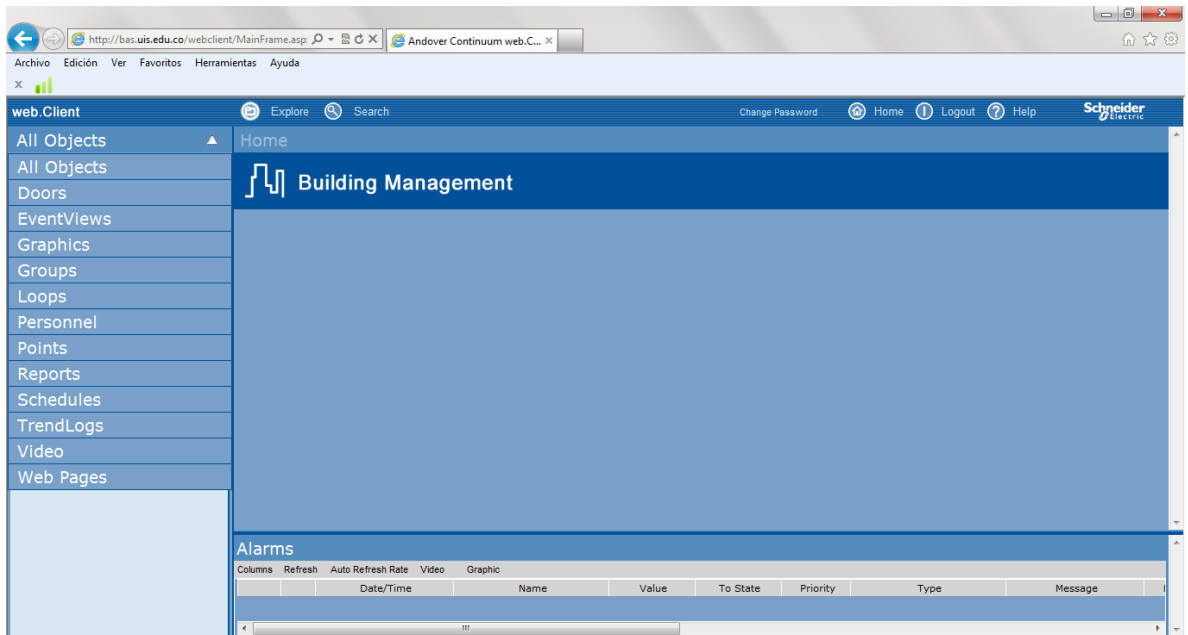
2. Digitar en la barra de direcciones del explorer la URL asignada (<http://bas.uis.edu.co/webclient>); al entrar por primera vez el aplicativo solicitará permisos para instalar los complementos necesarios para correcto funcionamiento de la plataforma, se recomienda activar los permisos para estos complementos de forma indefinida, una vez instalado estos, se accede al sistema usando una combinación de usuario y contraseña valida.

Figura 16. Acceso al webclient



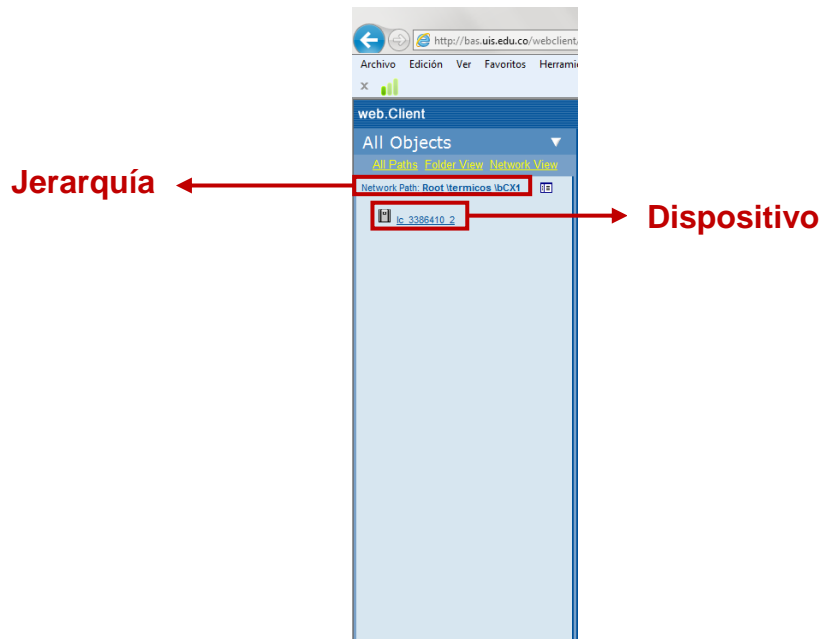
La plataforma web cuenta con un menú que agrupa los objetos de acuerdo a las siguientes categorías: Doors, Eventviews, Graphics, Groups, Loops, Personnel, Points, Reports, Schedules, Trendlogs, Video y Web pages.

Figura 17. Menú de la plataforma web



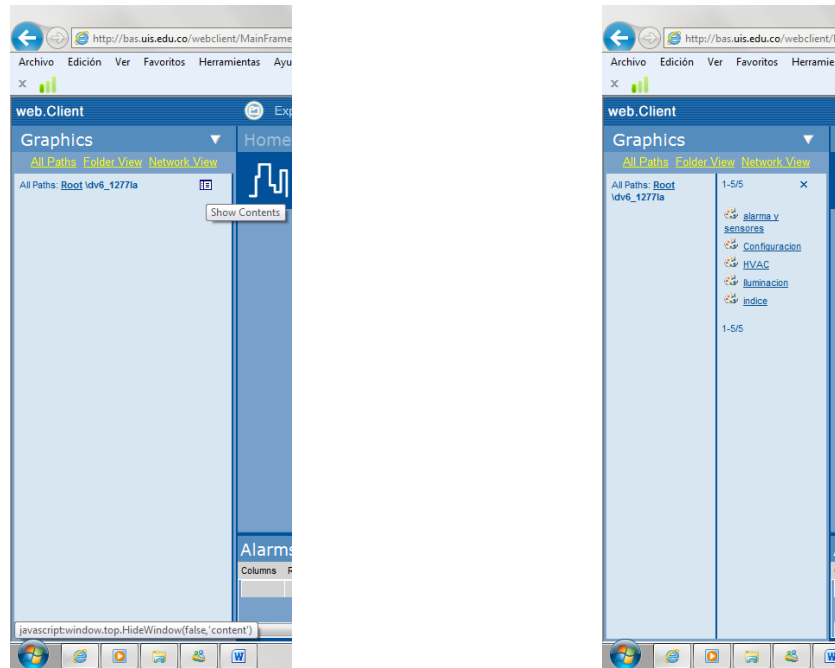
Es necesario indicar en que nivel de jerarquia y dispositivo se encuentran los objetos deseados a monitorear, esto se hace usando la tipica organizaci3n jerarquica

Figura 18. Nivel de jerarquia y dispositivo en el Webclient



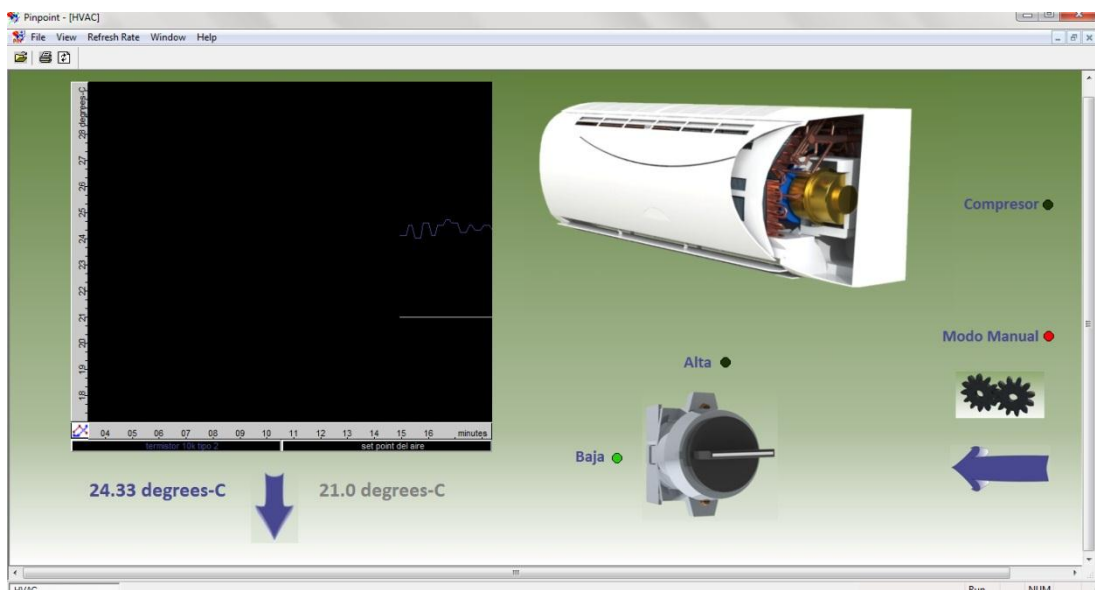
Una vez seleccionado tanto el dispositivo que contiene los objetos como la clase o categoria a la que pertenece el objeto se hace clic en el icono "Show contents" tal como se aprecia en la siguiente figura, esto devela el contenido del dispositivo y permite la acceder al objeto deseado.

Figura 19. Contenido de la workstation.



Para la visualización de los Pinpoints se hace necesario la instalación de un nuevo complemento, acción que se ejecuta de manera automática al acceder por primera vez a uno de los paneles gráficos (pinpoint). A continuación se muestra el panel gráfico de HVAC.

Figura 20. Panel gráfico del subsistema HVAC visto desde webclient



## ANEXO C. MANUAL DE INSTALACION DE LA PLATAFORMA SOFTWARE DE ANDOVER CONTINUUM.

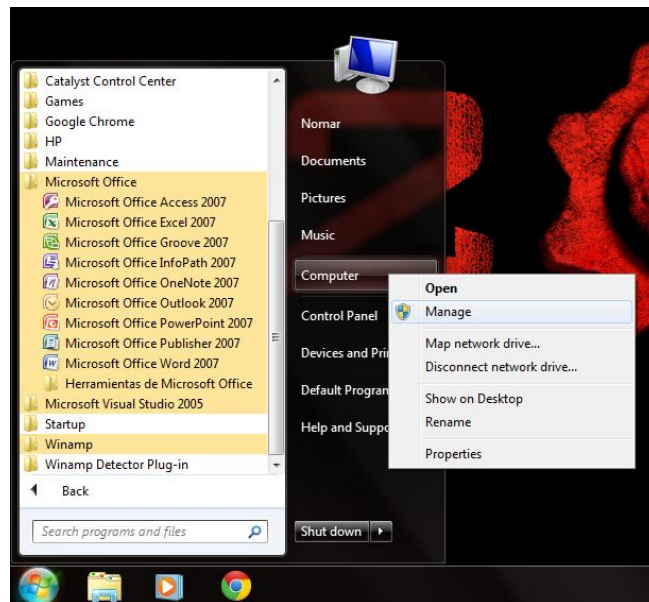
### ACERCA DE ESTE MANUAL

El presente documento brinda una descripción sencilla y condensada del procedimiento de instalación de la plataforma software utilizada en la implementación del BAS básico, para mayor información consultar la guía de instalación y planeación versión 1.93 del Andover Contium Web.client suministrada por Schneider Electric. El sistema a configurar es de tipo “standalone” en donde solo hay un computador que contiene las bases de datos y a la vez funciona como Workstation, se recomienda seguir al pie de la letra los siguientes pasos para tener una instalación exitosa.

### 1. VERIFICACIONES INICIALES

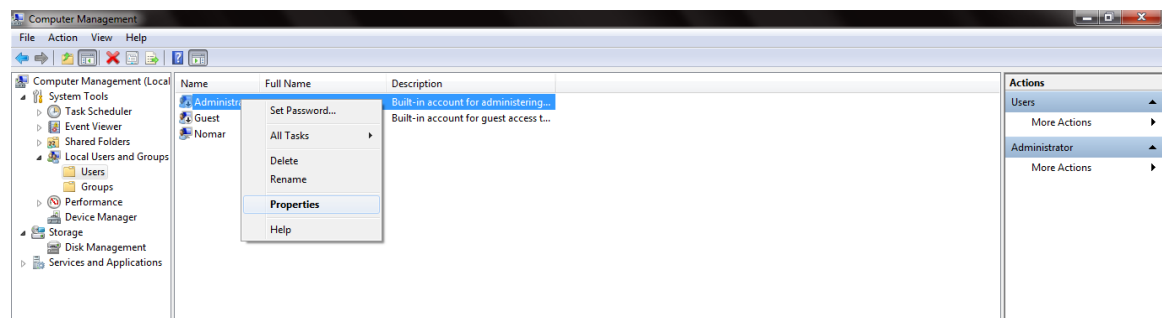
El primer paso es activar la cuenta de administrador, para hacer esto se da click derecho sobre equipo (computer) y luego se clikea en administrar (manage).

Figura 1. Activación de la cuenta administrador



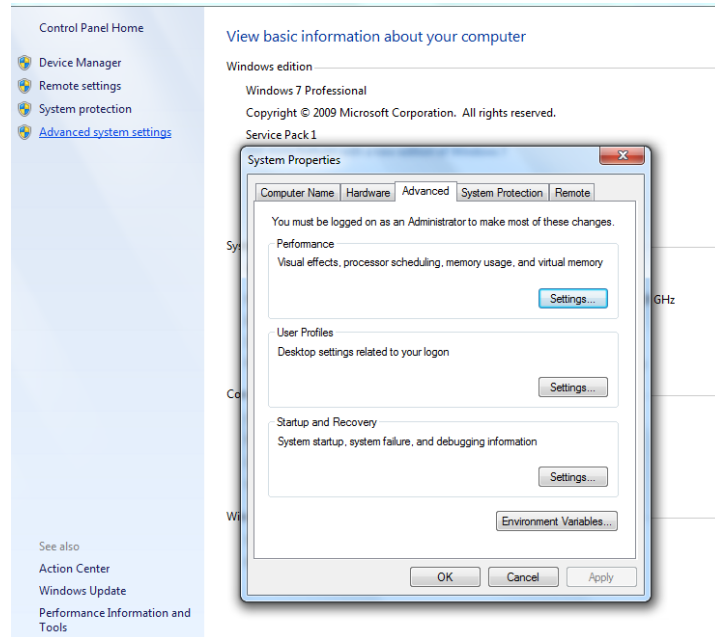
Estando en este, se entra en usuarios y se da clic derecho sobre la cuenta del administrador, el checkbox que deshabilita la cuenta debe estar activo así que se deselecciona, hecho esto se repite el paso inicial, es decir, clic derecho sobre administrador y se ingresa para establecer una contraseña, con esto se completa el paso inicial.

Figura 2. Generación de la contraseña del administrador



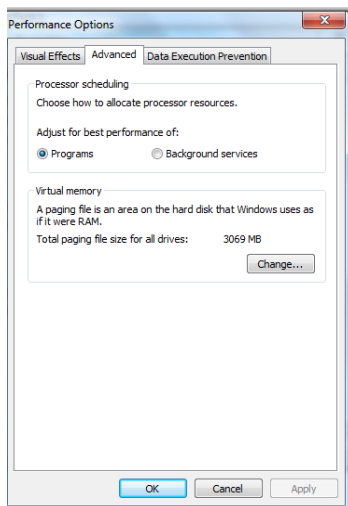
Como ya se tiene la cuenta del administrador activa se ingresa haciendo uso de esta, por otro lado hay que tener en cuenta los requerimientos tanto de hardware como de software, además de algunas comprobaciones como la de la memoria virtual disponible, para esto se ingresa en sistema desde el panel de control y se clikea en configuraciones avanzadas del sistema.

Figura 3. Comprobación de la memoria virtual disponible



Se continua dando clic en desempeño y se cliques en la pestaña de avanzado, allí aparecerá la memoria virtual actual y la posibilidad de cambiarla; Otra tarea de relativa importancia es la de desactivar el firewall de windows y su windows update, esto también se puede hacer desde el panel de control.

Figura 4. Memoria virtual actual y Desactivación del Firewall y Windows update



#### Customize settings for each type of network

You can modify the firewall settings for each type of network location that you use.

#### What are network locations?

##### Home or work (private) network location settings

- Turn on Windows Firewall
  - Block all incoming connections, including those in the list of allowed programs
  - Notify me when Windows Firewall blocks a new program
- Turn off Windows Firewall (not recommended)

##### Public network location settings

- Turn on Windows Firewall
  - Block all incoming connections, including those in the list of allowed programs
  - Notify me when Windows Firewall blocks a new program
- Turn off Windows Firewall (not recommended)

## 2. MODIFICACION DE CARACTERISTICAS NECESARIAS PARA INSTALACION DEL IIS

El siguiente paso es modificar algunas características necesarias para una correcta instalación del IIS, esto se reduce a activar y desactivar ciertas características en el panel de control, para ello se cliquea en “programas y características”, en el costado izquierdo cliqueamos en “activar y desactivar las características de Windows”; en el cuadro de dialogo emergente se tienen que activar los siguientes check boxes:

### ❖ Internet information services

#### ➤ Herramientas de administración web

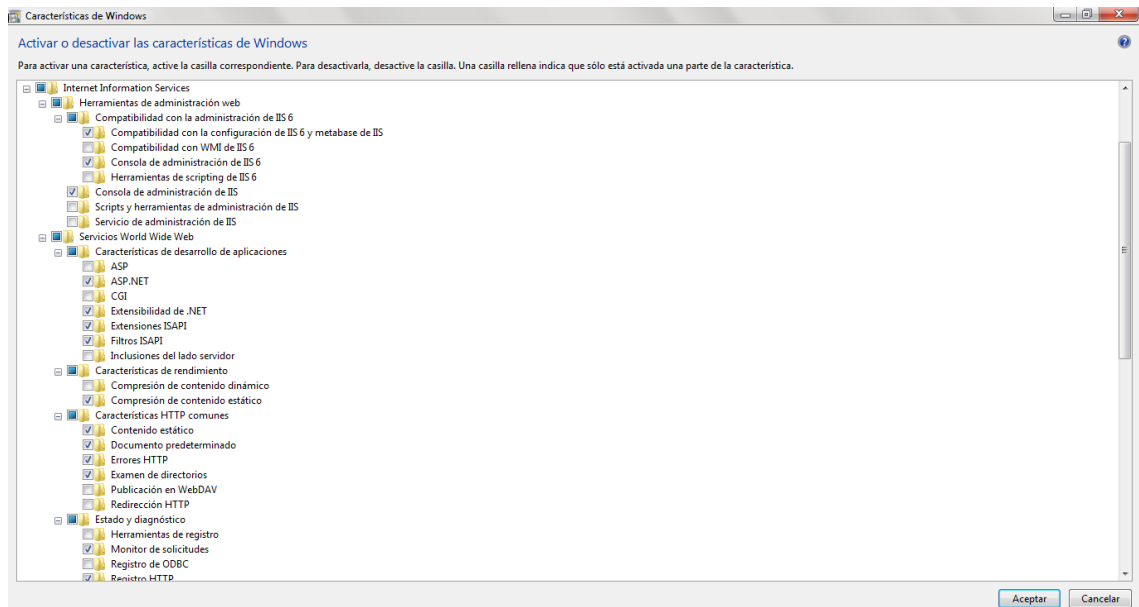
- Compatibilidad con la administración de IIS 6
  - Compatibilidad con la configuración de IIS 6 y metabases de IIS
  - Consola de administración de IIS 6
  - Consola de administracion de IIS

#### ➤ Servicios world wide web

- Características de desarrollo de aplicaciones
  - Asp.net
  - Extensibilidad de .net
  - Extensiones isapi
  - Filtros isapi
- Características de rendimiento
  - Compresión de contenido estatico
- Características http comunes
  - Contenido estatico
  - Documento predeterminado
  - Errores http
  - Examen de directorios
- Estado y diagnostico

- Monitor de solicitudes
- Registro http
- Seguridad
  - Autenticación de Windows
  - Filtro de solicitudes

Figura 5. Activación y desactivación de características para instalación de IIS



El .NET framework 2.0 es uno de los requerimientos del software pero debe ser instalado luego del IIS, en el caso de que venga como parte del sistema operativo, para evitar problemas posteriores se debe abrir una consola, escribiendo cmd como búsqueda del panel de inicio de Windows y luego de esto se escribe el siguiente comando:

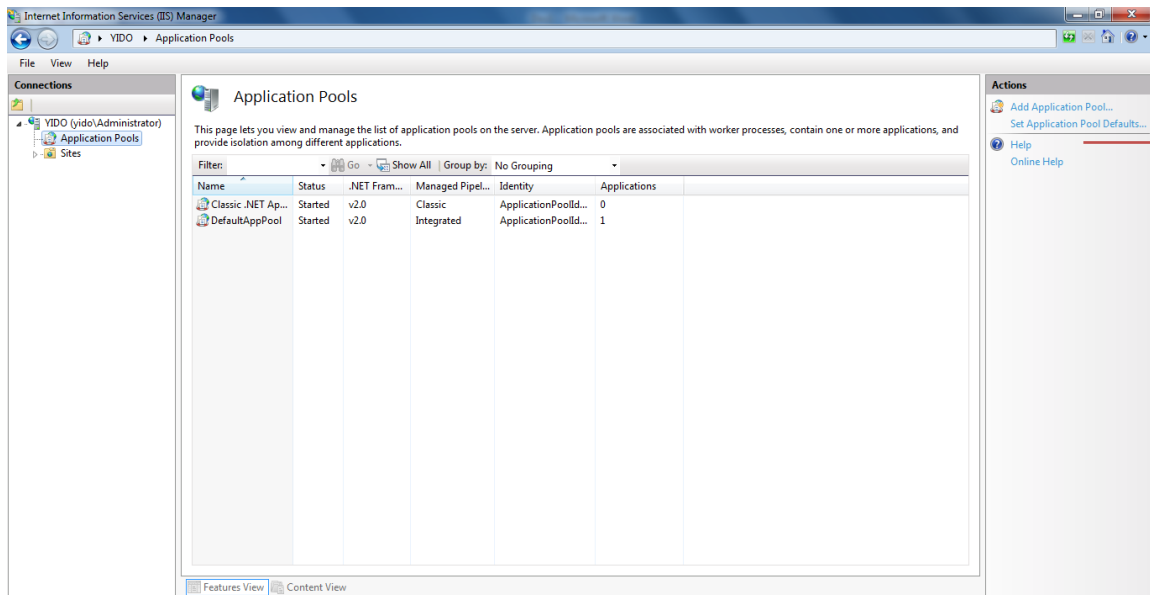
```
C:\windows\Microsoft.Net\Framework\v2.0.50727\aspnet_regiis.exe -i
```

### 3. MODIFICACION DEL “APPLICATION POOL”

Luego de instalar el IIS hay que modificar el “application pool” para que el webclient pueda ser ejecutado. Para esto se debe seguir el siguiente procedimiento:

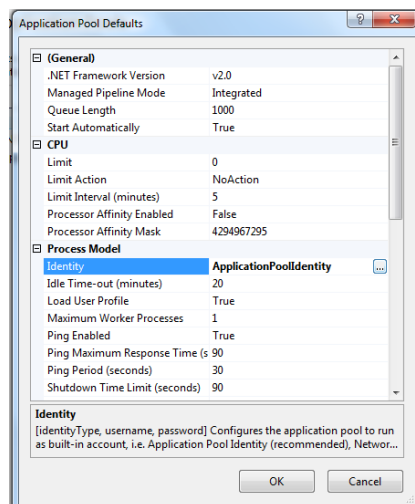
1. Abrir el administrador de IIS
2. Expandir el nombre del computador en el lado izquierdo del panel y clicar en “application pools”
3. Una vez más clicar en “set application pool defaults”

Figura 6. Modificación del “Application Pool”



4. En el dialogo emergente seleccionar “identity” en “Process Model”

Figura 7. Características del “Application Pool”



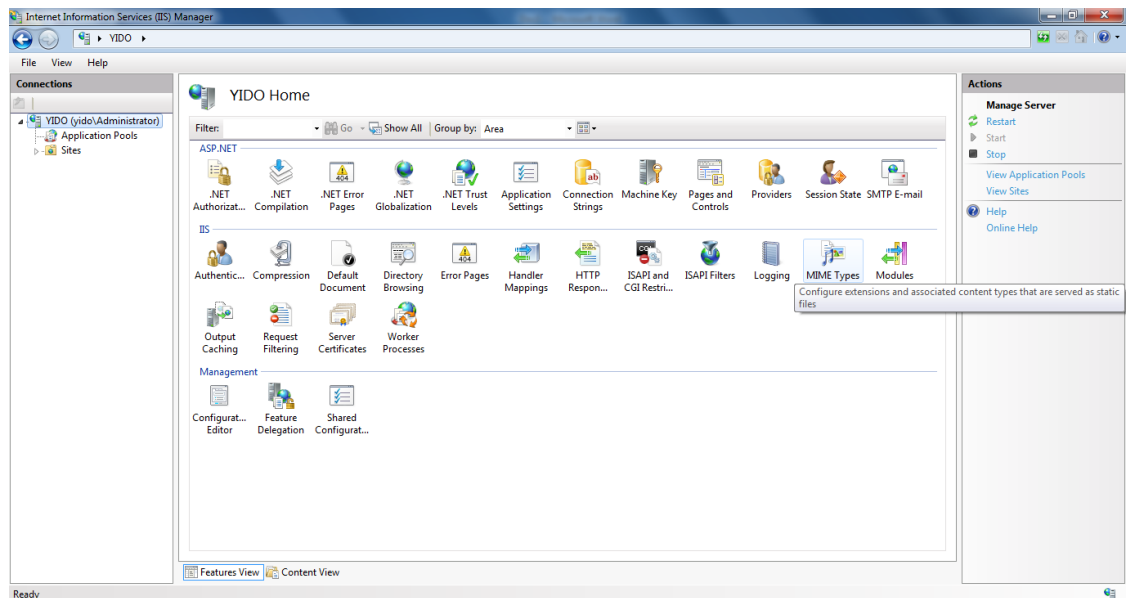
5. Clickear en el control de selección que aparece en el lado derecho
6. En el dialogo perteneciente a “ApplicationPool identity” seleccionar “Network Services” en la lista que se despliega para “built-in-account”.
7. Dar clic en aceptar

#### 4. REGISTRO DE EXTENSIONES .PIN Y .EMF

Otro procedimiento que hay que hacer en el IIS es registrar las extensiones .PIN y .EMF, para esto se debe:

1. Abrir el administrador del IIS
2. En la jerarquía de conexiones seleccionar el nombre de la máquina.
3. En el panel central bajo IIS hacer doble click sobre el icono “MIME Types”.

Figura 8. Administrador del IIS



4. En el cuadro de dialogo emergente se da clic en agregar, en el campo “Field name Extension” ingresamos “.pin” y en el campo de “MIME type” ingresamos “pinfiles/plain”.

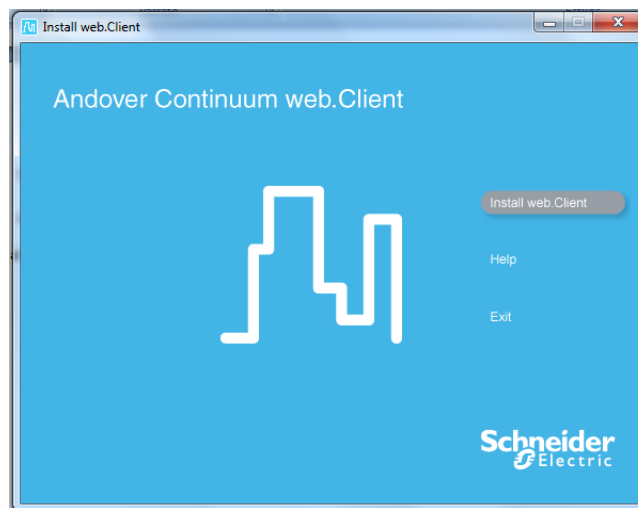
5. Se cliquea en aceptar y se repiten los pasos anteriores para “.emf” y “image/emf” en los campos “file name extensión” y “MIME type” respectivamente.
6. En este punto se debe reiniciar el computador una vez más.

Hecho esto, finalmente se puede instalar el paquete software así que se inserta la llave y el CD-ROM.

## 5. INSTALACION DE LA PLATAFORMA SOFTWARE

Al insertar el CD-ROM se puede visualizar la siguiente imagen.

Figura 9. Instalación de la plataforma software (Cyberstation y Webclient)



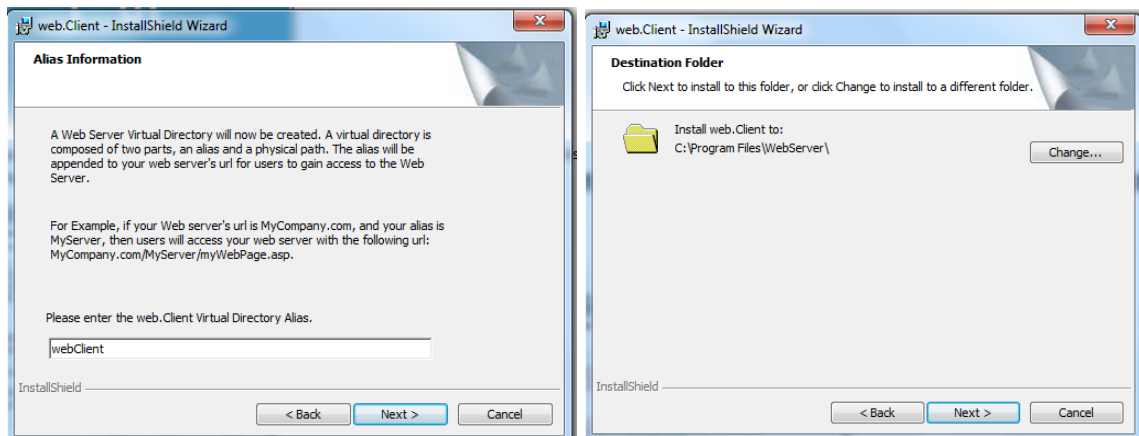
El wizard guiará el proceso e instalará cualquier componente que haga falta, como es costumbre en todo software, hay que aceptar los términos de la licencia.

Figura 10. Aceptación de términos en el software



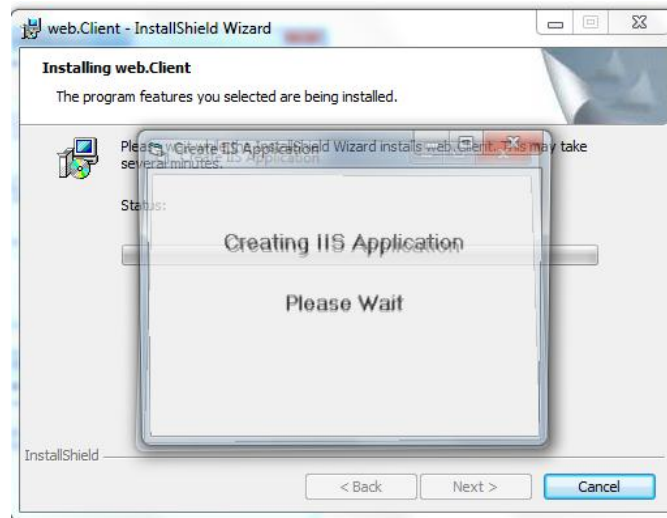
Luego hay que ingresar el “Web.client Virtual Directory Alias” el cual será usado posteriormente para el dominio de las páginas web, se puede dejar el nombre que tiene por defecto y continuar, luego se ingresa el usuario y nombre de la empresa y finalmente podemos especificar el directorio de instalación e instalar el software.

Figura 11. Web.client Virtual Directory Alias y Destination Folder



El proceso puede tardar varios minutos y a largo del mismo se instalarán complementos necesarios como el IIS.

Figura 12. Proceso de instalación.



## 6. CREACION DE LA BASE DE DATOS

Terminada la instalación se debe crear una base de datos, proceso que incluye la instalación del SQL de Microsoft, el procedimiento a seguir es simple pero no admite errores. Para ello se debe:

1. Correr la inicialización de la base de datos desde el menú del continuum y seleccionar standalone.
2. En el formulario emergente hay que clicar en el radio button que indica la creación de una nueva base de datos esta acción habilitara nuevas casillas en las cuales se puede digitar la información requerida.

Figura 13. Creación de una nueva base de datos

The screenshot shows a 'Database Initialization' window with two main sections: 'Database Information' and 'Device Information'. The 'Database Information' section contains fields for DBMS Name (Microsoft SQL Server), Data Source Name (Continuum), Server Name (YIDO\SQLEXPRESS), Database Name (ContinuumDB), User Login ID (Andover97), User Password (\*\*\*\*), Confirm Password (\*\*\*\*), DB File Location (server\MSSQL.1\MSSQL\DATA), Database Size (50 MB), Sa Password (\*\*\*\*\*), Windows User Name (administrador), Windows Password (\*\*\*\*\*), and Confirm Password (\*\*\*\*\*). The 'Device Information' section contains fields for Database (ContinuumDev) and Log (ContinuumLog). There are several checkboxes: 'Create Default List Views', 'Create System List Views', 'Create System Alarm Enrollments', 'Create / Update Graphical Report Settings', 'Enhanced Alarm Logging', 'Enhanced Alarm Delivery', and 'Extended Logging Backwards Compatibility'. The first six are checked, and the last one is unchecked. At the bottom, there are radio buttons for 'Update Existing Database' and 'Create New Database', with 'Create New Database' selected. Buttons for 'Continue', 'Close', and 'Help' are at the bottom right.

3. Se procede a dar click en “continue”, un mensaje emergente debe aparecer, se acepta y con esto se instala el SQL en nuestra máquina.
4. Luego de esto el computador se reinicia de manera automática y de este modo se concluye la instalación del SQL
5. Al iniciar nuevamente se repiten lo pasos y se digita la misma información para crear la base de datos.
6. Si no hay errores solo queda establecer los parámetros de la Workstation proceso al cual se puede acceder desde el menú de la inicialización de la base de datos.

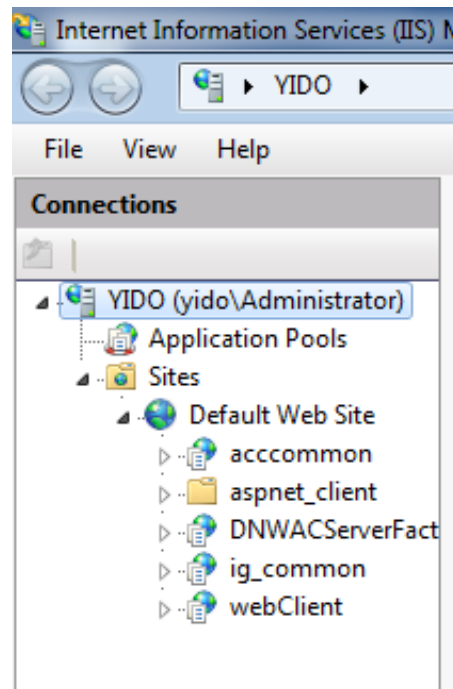
## 7. UBICACIÓN DE ARCHIVOS GRAFICOS DENTRO DE LA WORKSTATION

En este instante la Workstation ya puede funcionar de manera local, pero tenemos que continuar la configuración para habilitarla de manera remota, para ello es necesario realizar un procedimiento para ubicar los archivos gráficos dentro de la

Workstation ya que los usuarios o clientes accederán a estos como si fuesen una dirección URL. Por tanto se deben llevar a cabo los siguientes pasos:

1. Abrir el administrador IIS
2. Clickear en el nombre de la máquina y expandir la opción “sites”
3. Expandir la opción “Default web site”

Figura 14. Opción “Default web site” en el administrador de IIS



4. Click derecho sobre “default web site” y seleccionar la opción “agregar aplicación desde el menú”
5. En el dialogo emergente ingresar “NewGraphicsFiles” en el campo de alias
6. En el campo de ruta física ingresar la ruta necesaria para acceder a la carpeta “NewGraphicsFiles”, en este caso: C:\program Files\Continuum\NewGraphicsFiles
7. Dar click en aceptar
8. En el árbol de jerarquía seleccionar el recién creado “NewGraphicsFiles”
9. Doble click en el icono “directory browsing”
10. En acciones clickear en “enable”

11. Finalmente ejecutar el internet explorer e ingresar la siguiente dirección:

http://localhost/NewGraphicsFiles

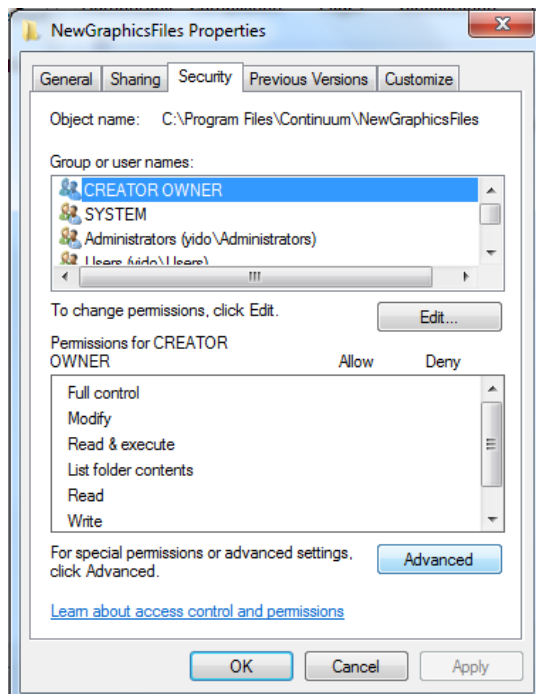
12. Los archivos bajo este directorio debe aparecer.

## 8. PERMISOS DE ACCESO A LOS ARCHIVOS GRAFICOS

La siguiente tarea es dar acceso a los archivos gráficos a cualquiera persona que los requiera, para ello se tiene que:

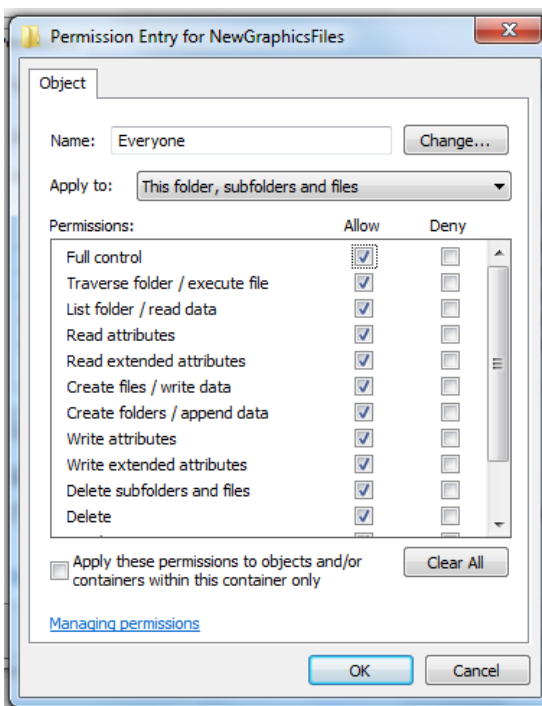
1. Abrir el administrador del IIS
2. En el árbol de jerarquía expandir el nombre de la máquina, a continuación “sites” y luego “default web site”.
3. Click derecho sobre “NewGraphicsFiles”
4. En el menú desplegable seleccionar “editar permisos”.
5. En el dialogo emergente seleccionar la pestaña “seguridad” y clicar en el botón “avanzados”.

Figura 15. Propiedades de los “NewGraphicsFiles”



6. En el dialogo emergente seleccionar la pestaña “permisos” y luego seleccionar “editar”
7. Cuando el nuevo dialogo aparezca clicar en “agregar”.
8. En la nueva ventana hay que buscar el objeto “everyone”, para esto clicar en avanzado y luego, en la nueva ventana, dar click en “encontrar ahora”, después se debe dar doble click sobre “everyone” y luego en aceptar. Finalmente una nueva ventana ha de desplegarse, en ella dar click sobre el checkbox “full control” y con esto todos los otros checkboxes deben habilitarse solos.

Figura 16. Permisos de acceso a “NewGraphicsFiles”



9. Dar click en aceptar
10. Ejecutar el bloc de notas como administrador.
11. En el bloc de notas, Buscar y abrir el archivo “applicationHost.Config” el cual debe estar en el directorio “C:\windows\System32\inetsrv\config\”

12. Cambiar la línea:

```
<section name="requestFiltering" overrideModeDefault="Deny" />
```

Por:

```
<section name="requestFiltering" overrideModeDefault="Allow" />
```

13. Buscar y abrir el archivo “Web.config” usando el bloc de notas como administrador, dicho archivo debe estar localizado en:

```
C:\\Program Files\\continuum\\DNWACServerFactory\\
```

14. Nuevamente usando el bloc de notas como Administrador, Agregar las siguientes líneas al archivo “Web.config”:

```
<system.webServer>  
  <security>  
    <requestFiltering allowDoubleEscaping= “True”/>  
  </security>  
</system.webServer>  
</configuration>
```

## 9. DEFINICION DE LAS CARPETAS DEL PINPOINT

El próximo paso es establecer las carpetas del Pinpoint, para esto se hace lo siguiente:

1. Abrir el cyberstation y su aplicación graphics
2. En el menú view se cliquea en “options”
3. En la pestaña “Web locations”, se deben cambiar las direcciones que aparecen por defecto por las siguientes:

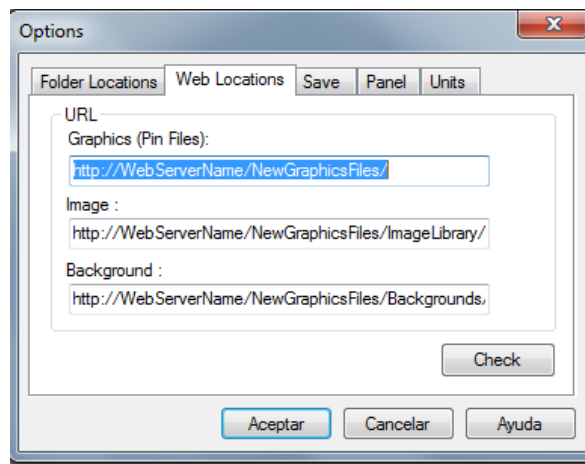
```
Graphics: http://yido/NewGraphicsFiles/
```

```
Image: http://yido/NewGraphicsFiles/ImageLibrary
```

```
Background: http://yido/NewGraphicsFiles/Backgrounds
```

Donde “Yido” reemplaza el nombre del servidor.

Figura 17. Pestaña “Web locations” del Pinpoint

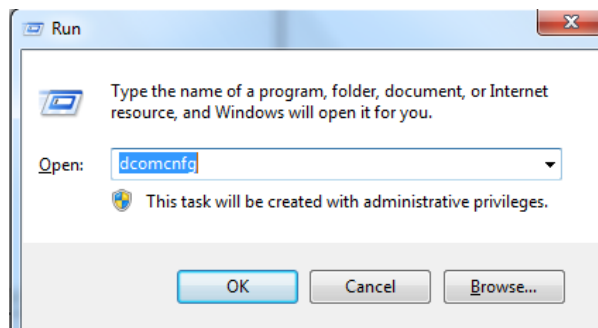


## 10. CONFIGURACION DEL DCOM

El último paso obligado antes de poder acceder desde un computador cliente es establecer los permisos DCOM, para hacer esto se tiene que:

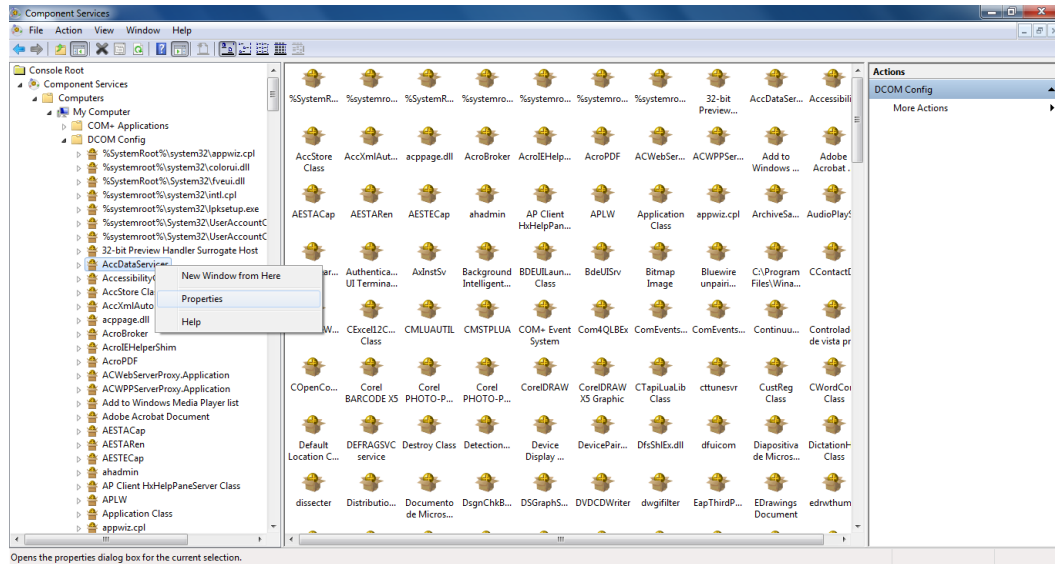
1. Ejecutar el comando “dcomcnfg” desde la pequeña aplicación ejecutar (run)

Figura 18. Aplicación Ejecutar abriendo el comando “dcomcnfg”



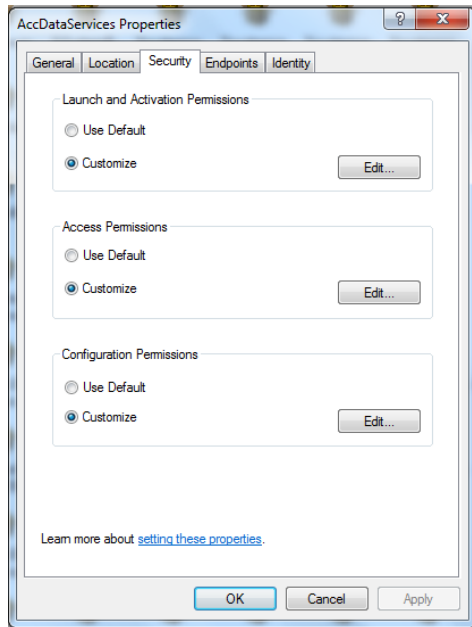
2. En el dialogo emergente se tiene que expandir la capeta “computers” luego “my computer” y finalmente “DCOM config”.
3. Hay que buscar “AccDataServices” Click derecho sobre este y seleccionar “propiedades” desde el menu desplegable.

Figura 19. AccDataServices en la configuración del DCOM



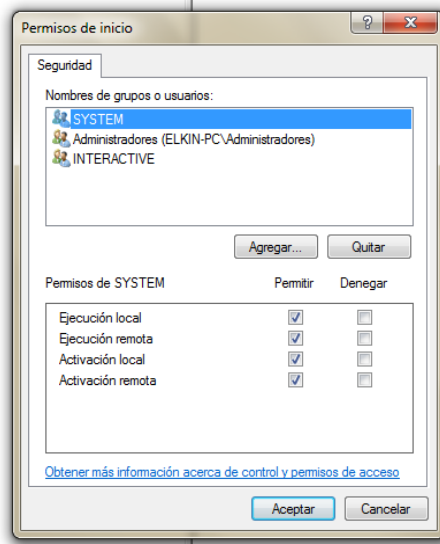
4. El cuadro de dialogo correspondiente a propiedades emerge, allí se debe buscar la pestaña “Seguridad” y en el cuadro “permisos de inicio y activación” se cliquea en el radio button personalizados.

Figura 20. Propiedades del AccDataServices



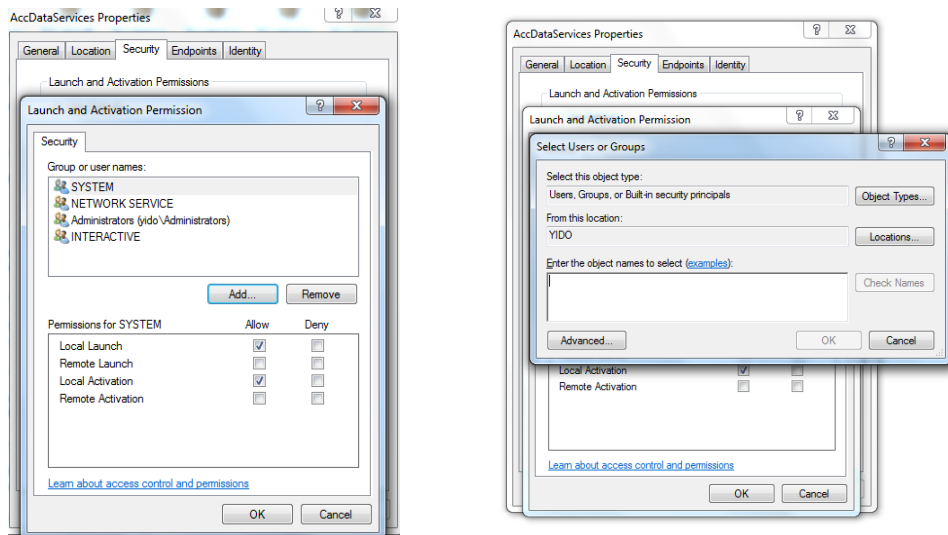
El botón editar debe habilitarse, posteriormente a ello se cliquea en él para poder visualizar el siguiente cuadro de dialogo emergente.

Figura 21. Permisos de inicio



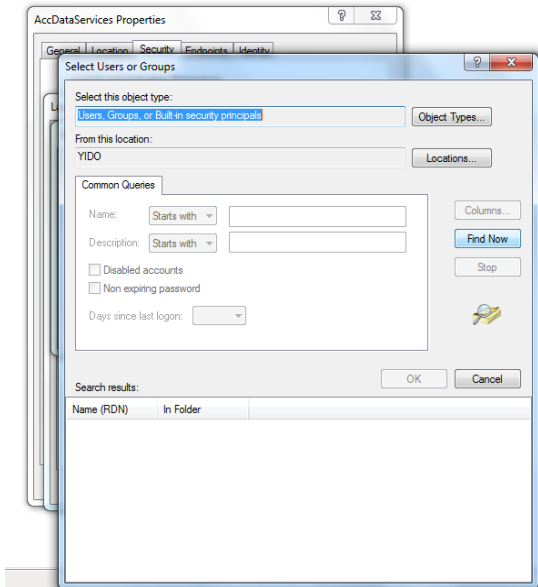
5. Una vez se está en el cuadro permisos de inicio se da clic en “agregar”, luego en “ubicaciones” y finalmente se debe verificar que en la lista que aparece este el computador en el cual se instaló el IIS, si esto es así clic en aceptar.

Figura 22. Verificación de la instalación del IIS en la maquina



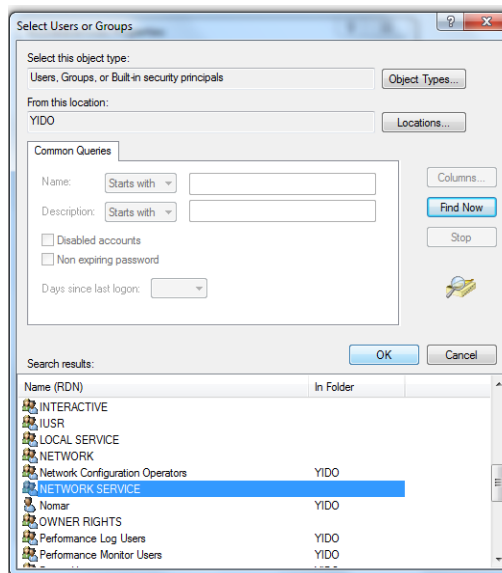
- Nuevamente en el cuadro “seleccionar usuarios y grupos” clicar en el botón “opciones avanzadas”, haciendo esto se obtiene el siguiente cuadro

Figura 23. Búsqueda de “Network service”



En este cuadro de dialogo hay que dar clic en el botón “buscar ahora”, allí una lista de nombres y ubicaciones se crea, entre la cual hay que buscar el nombre “networks services” para window 7.

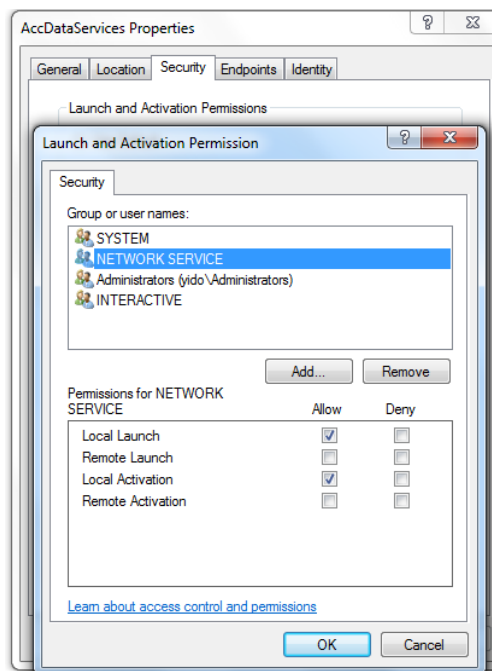
Figura 24. Network Service



Después dar dos veces OK para cerrar dos cuadros de dialogo y por tanto quedar en el cuadro “permisos de inicio”.

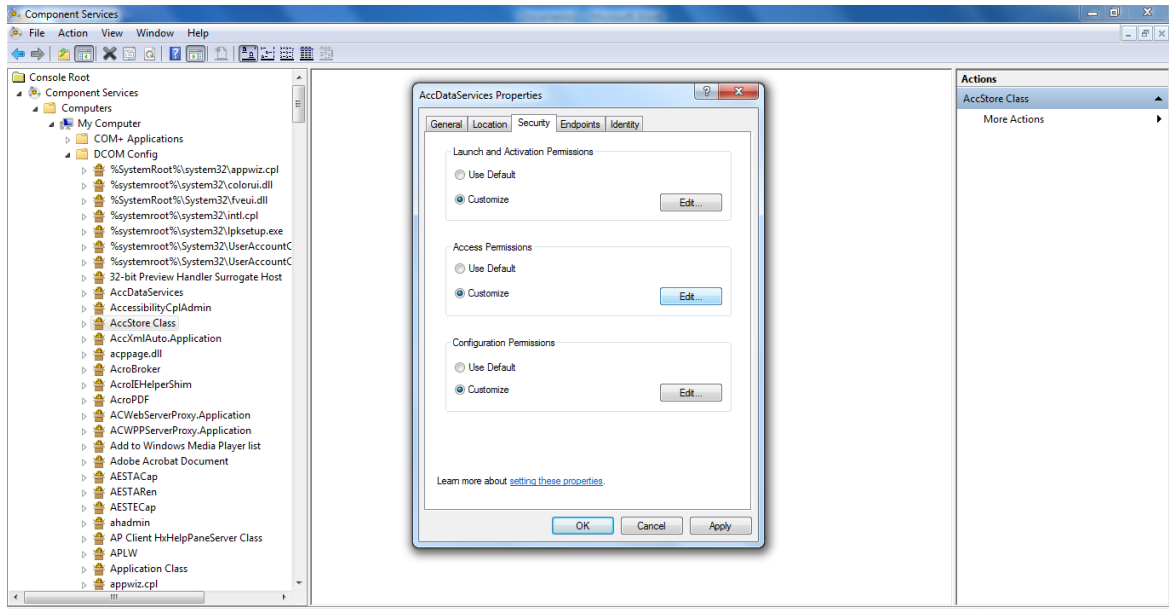
7. En el “cuadro permisos de inicio y activación” en la parte de “Permisos para..” dar clic en “Inicio local” y “Activacion Local”, seguido de OK.

Figura 24. Habilitación de “Inicio Local” y “Activacion Local”



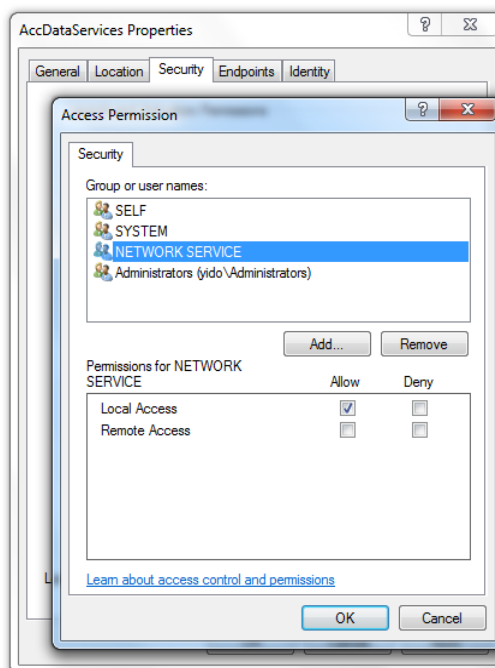
8. Nuevamente en la pestaña seguridad del cuadro de propiedades del AccDataServices, se elige en los “permisos de acceso” (Access Permissions) la opción de “personalizado” activándose el radio button “editar”

Figura 25. Edición de los permisos de acceso



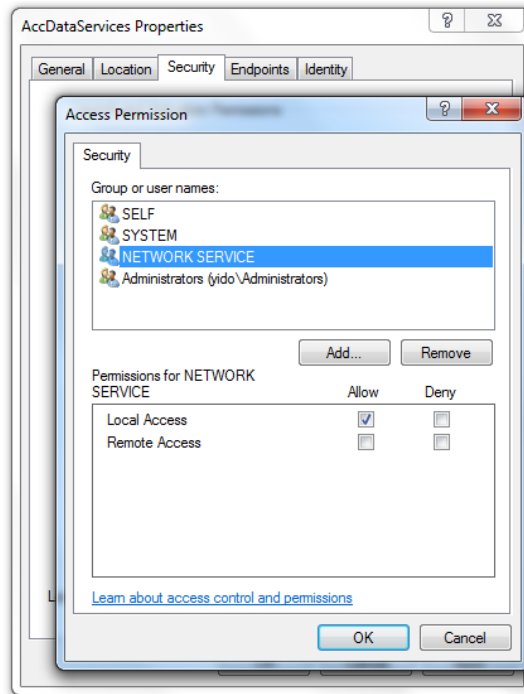
Realizado lo anterior la ventana "Access Permission" emerge mostrando los cuadros "Group or user names" y "Permission for.."

Figura 26. Ventana de permisos de acceso



En este punto se deben repetir los pasos 5, 6 y 7 esta vez para los “permisos de acceso” en lugar de los “permisos de inicio y activación” que fueron realizados anteriormente. En el punto 7 se debe estar seguro de seleccionar el checkbox “local access”.

Figura 27. Selección del checkbox “Local Access”



9. Una vez realizado el proceso para la aplicación “AccDataServices” (paso 3 al paso 8) este mismo procedimiento se debe realizar para las aplicaciones: AccXMLAuto, ACWebserverProxy y ACWPPServer Proxy.