

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA UN DATA CENTER DE UNA INDUSTRIA

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y REDES DE INFORMACIÓN**

EDISON RICARDO IBUJÉS FLORES
edison.ibujes@gmail.com

DIRECTOR: CHRISTIAN FABRICIO VALAREZO MONTOYA
christian.valarezo@pilautomation.com

CODIRECTOR: RAÚL DAVID MEJÍA NAVARRETE
david.mejia@epn.edu.ec

Quito, enero 2015

DECLARACIÓN

Yo Edison Ricardo Ibujés Flores, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Edison Ricardo Ibujés Flores

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Edison Ricardo Ibujés Flores, bajo mi supervisión.

Ing. Christian Valarezo
DIRECTOR DE PROYECTO

MSc. David Mejía
CODIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la fuerza necesaria para enfrentar y resolver cada dificultad presentada en la elaboración del Proyecto de Titulación, y finalmente cumplir este anhelado sueño.

Agradezco a mis padres por haberme brindado la oportunidad de estudiar, muchas gracias Angelita Flores por estar siempre apoyándome en mis decisiones y de ser un apoyo incondicional. A mis hermanas Valeria, Paulina y Verito quienes han sido una mano amiga en todo momento.

Agradezco a la Escuela Politécnica Nacional, por darme la oportunidad de estudiar y llegar a ser un profesional. A mis profesores quienes con paciencia, sabiduría y esfuerzo me formaron con profundos conocimientos y ética.

Agradezco al MSc. David Mejía por su tiempo y consejos ofrecidos, así como su apoyo a pesar de todos los obstáculos surgidos.

Agradezco a la empresa PIL S.A. en especial al Ing. Christian Valarezo, coordinador del área de telecomunicaciones, por brindarme la oportunidad de realizar el presente Proyecto de Titulación.

Edison Ricardo Ibujés Flores

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre Angela Flores, quien me dio su apoyo incondicional durante todos estos años y nunca perdió las esperanzas en mí. Gracias por darme la vida, educarme y apoyarme en todos mis sueños, estaré agradecido toda la vida.

Edison Ricardo Ibujés Flores

CONTENIDO

CAPÍTULO 1	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1 ADMINISTRACIÓN DE LA RED	1
1.1.1 MODELO DE INTERNET	2
1.1.2 ESQUEMA DE ADMINISTRACIÓN DEL MODELO DE INTERNET	3
1.1.3 BASE DE INFORMACIÓN DE GESTIÓN (MIB).....	4
1.1.3.1 Identificador de Objeto (OID).....	6
1.1.4 PROTOCOLO SIMPLE DE GESTIÓN DE RED VERSIÓN 1.....	7
1.1.4.1 Formación del mensaje SNMP en la versión 1	8
1.1.5 PROTOCOLO SIMPLE DE GESTIÓN DE RED VERSIÓN 2.....	10
1.1.5.1 Formación del mensaje SNMP en la versión 2c	12
1.1.6 PROTOCOLO SIMPLE DE GESTIÓN DE RED VERSIÓN 3.....	14
1.1.6.1 Entidad SNMP gestora	15
1.1.6.2 Entidad SNMP agente	16
1.1.6.3 Modelo de Seguridad Basado en Usuario (USM).....	18
1.1.6.4 Modelo de Control de Acceso Basado en Vistas (VACM)	19
1.1.6.5 Formación del mensaje SNMP en la versión 3.....	19
1.2 DATA CENTER	21
1.2.1 SISTEMA CONTRA INCENDIOS.....	21
1.2.2 SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO.....	23
1.2.3 SISTEMA ELÉCTRICO	24
1.2.3.1 <i>Tier</i> 1: Básica.....	24
1.2.3.2 <i>Tier</i> 2: Sistema redundante	25
1.2.3.3 <i>Tier</i> 3: Mantenimiento con servicio	26
1.2.3.4 <i>Tier</i> 4: Tolerante a fallas inesperadas.....	27
1.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS INDUSTRIALES.....	28
1.3.1 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA (UPS)	29
1.3.1.1 UPS <i>On-Line</i> de doble conversión.....	29
1.3.1.2 UPS modelo “Symmetra LX 16.000”.....	30
1.3.2 UNIDAD DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA (PDU).....	31
1.3.2.1 PDU modelo “AP8858NA3”	32

1.3.3 SISTEMA DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA (ATS).....	33
1.3.3.1 ATS modelo “AP7752”	34
1.3.4 UNIDAD TERMINAL REMOTA (RTU)	35
1.3.4.1 RTU modelo “ioLogik E2210”	35
1.3.5 NETBOTZ RACK MONITOR.....	37
1.3.6 AIRE ACONDICIONADO	39
1.3.6.1 Mecanismos del aire acondicionado	39
1.3.6.1.1 <i>Enfriamiento y deshumidificación</i>	39
1.3.6.1.2 <i>Calentamiento</i>	40
1.3.6.1.3 <i>Humidificación</i>	40
1.3.6.1.4 <i>Ventilación</i>	40
1.3.6.2 Aire acondicionado de precisión modelo “BF-067”	40
1.4 MIB DE LOS EQUIPOS INDUSTRIALES	41
1.4.1 ANÁLISIS DE LA MIB DE LOS EQUIPOS	42
1.4.1.1 Base de Información de Gestión PowerNet-MIB	42
1.4.1.1.1 <i>Grupos de automaticTransferSwitch de PowerNet-MIB</i>	42
1.4.1.1.2 <i>Grupos de UPS de PowerNet-MIB</i>	43
1.4.1.1.3 <i>Grupos de rPDU de PowerNet-MIB</i>	45
1.4.1.2 Base de Información de Gestión MOXA-IO-E2210-MIB	46
1.4.1.3 Base de Información de Gestión NETBOTZ330-MIB	47
1.4.1.4 Base de Información de Gestión LIEBERT-GP-ENV-MIB	48
1.4.2 SELECCIÓN DE LOS OBJETOS DE LA MIB	49
1.5 METODOLOGÍA DE PROGRAMACIÓN SCRUM	54
1.5.1 EQUIPO DE SCRUM	54
1.5.2 PROCESO DE SCRUM	55
1.5.2.1 Lista del producto o <i>Backlog</i>	56
1.5.2.2 El <i>sprint</i>	56
1.5.2.2 Lista de pendientes del <i>sprint</i>	57
1.5.2.4 El Scrum diario	57
1.5.2.5 Revisión del <i>sprint</i>	57
CAPÍTULO 2	59
DISEÑO DEL SISTEMA	59
2.1 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.....	59

2.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA.....	59
2.1.2 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	60
2.1.3 REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES.....	64
2.1.4 DISEÑO GENERAL DEL SISTEMA.....	64
2.2 HERRAMIENTAS A UTILIZAR	66
2.2.1 NETBEANS IDE	66
2.2.2 SERVIDOR DE BASE DE DATOS POSTGRESQL	66
2.2.3 API SNMP WEBNMS	66
2.2.4 BIBLIOTECA JFREECHART	66
2.2.5 BIBLIOTECA JESFXML.....	67
2.3 DESARROLLO DEL SISTEMA CON SCRUM.....	67
2.3.1 EQUIPO DE SCRUM	67
2.3.2 LISTADO DE HISTORIAS DE SCRUM.....	67
2.3.3 LISTA DEL PRODUCTO DE SCRUM.....	68
2.3.4 <i>SPRINT #1</i> : DISEÑO DEL SUBSISTEMA DE COMUNICACIÓN	69
2.3.4.1 Planeación del <i>sprint #1</i>	69
2.3.4.2 Lista de pendientes del <i>sprint #1</i>	69
2.3.4.3 Revisión del <i>sprint #1</i>	70
2.3.4.3.1 <i>Diseño del diagrama UML del subsistema de comunicación ..</i>	70
2.3.4.3.2 <i>Ejemplo de uso del subsistema de comunicación SNMP</i>	71
2.3.4.3.3 <i>Diseño del diagrama UML del subsistema de control</i>	72
2.3.5 <i>SPRINT #2</i> : DISEÑO DEL SUBSISTEMA DE CONTROL	73
2.3.5.1 Planeación del <i>sprint #2</i>	73
2.3.5.2 Lista de pendientes del <i>sprint #2</i>	73
2.3.5.3 Revisión del <i>sprint #2</i>	73
2.3.5.3.1 <i>Rediseño del diagrama UML del subsistema de control</i>	73
2.3.5.3.2 <i>Ejemplo de uso del subsistema de control de equipos</i>	75
2.3.6 <i>SPRINT #3</i> : DISEÑO DEL SUBSISTEMA DE ACCESO DE DATOS ..	76
2.3.6.1 Planeación del <i>sprint #3</i>	76
2.3.6.2 Lista de pendientes del <i>sprint #3</i>	76
2.3.6.3 Revisión del <i>sprint #3</i>	77
2.3.6.3.1 <i>Diseño del subsistema de acceso de datos</i>	77
2.3.6.3.2 <i>Ejemplo de uso del subsistema de acceso de datos.....</i>	80

2.3.7	<i>SPRINT #4: DISEÑO DEL SUBSISTEMA DE PRESENTACIÓN</i>	81
2.3.7.1	Planeación del <i>sprint #4</i>	81
2.3.7.2	Lista de pendientes del <i>sprint #4</i>	82
2.3.7.3	Revisión del <i>sprint # 4</i>	82
2.3.7.3.1	<i>Rediseño del subsistema de acceso de datos</i>	82
2.3.7.3.2	<i>Diseño del subsistema de presentación</i>	83
2.3.7.3.3	<i>Estructura del documento SAEI</i>	92
2.3.8	<i>SPRINT #5 REVISIÓN DEL SISTEMA</i>	94
2.3.8.1	Planeación del <i>sprint #5</i>	94
2.3.8.2	Lista de pendientes del <i>sprint #5</i>	95
2.3.8.3	Revisión del <i>sprint # 5</i>	95
2.3.8.3.1	<i>Rediseño del subsistema de presentación</i>	95
2.3.9	RESUMEN DEL AVANCE DE LAS TAREAS EN LOS <i>SPRINTS</i>	108
CAPÍTULO 3		109
PRUEBAS DEL SISTEMA		109
3.1	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA SAEI	109
3.2.2	DIAGRAMA DE RED PARA LAS PRUEBAS	109
3.1.1	DESCRIPCIÓN DEL DATA CENTER	110
3.1.1.1	Diagrama de conexiones de equipos	111
3.1.1.2	Diagrama de conexiones de los elementos	115
3.1.2	PRUEBA DE VIZUALIZACIÓN DE EQUIPOS EN EL SISTEMA	118
3.1.3	PRUEBA DE CONTROL DEL SISTEMA SAEI	122
3.1.4	PRUEBA DE DATOS HISTÓRICOS DEL SISTEMA SAEI	123
3.2	PRUEBAS DE CARGA DEL SISTEMA SAEI	124
3.2.1	PROGRAMAS UTILIZADOS	124
3.2.1.1	Programa: <i>SNMP Agent Builder</i>	124
3.2.1.2	Programa: Simulador de Agentes SNMP	126
3.2.1.3	Programa: <i>Process Explorer</i>	128
3.2.2	DIAGRAMA DE RED PARA LAS PRUEBAS	129
3.2.3	PRUEBAS DE USO DEL PROCESADOR CON EL SISTEMA SAEI	130
3.2.3.1	Pruebas de uso del procesador con la versión 1 de SNMP	130
3.2.3.2	Pruebas de uso del procesador con la versión 2c de SNMP	131
3.2.3.3	Pruebas de uso del procesador con la versión 3 de SNMP	132

3.2.3.4 Resumen de las pruebas de uso del procesador.....	134
3.2.4 PRUEBAS DE USO DE MEMORIA RAM CON EL SISTEMA SAEI ..	134
3.2.4.1 Pruebas de uso de memoria RAM con la versión 1 de SNMP	134
3.2.4.2 Pruebas de uso de memoria RAM con la versión 2c de SNMP...	136
3.2.4.3 Pruebas de uso de memoria RAM con la versión 3 de SNMP	136
3.2.4.4 Resumen de las pruebas de uso de memoria RAM	137
3.2.5 CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA BASE DE DATOS.....	138
3.2.6 CONSIDERACIONES ADICIONALES	140
3.2.6.1 Ingreso de Información en Sistema SAEI	140
3.2.6.1.1 Validación de datos en el sistema SAEI.....	140
3.2.6.1.2 Herramienta informativa tooltip en el sistema SAEI	143
3.3 REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE HARDWARE.....	143
3.3.1 REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE HARDWARE	143
3.3.1.1 Red pequeña	144
3.3.1.2 Red mediana	145
3.3.1.3 Red grande	146
3.3.2 REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE SOFTWARE.....	147
CAPÍTULO 4.....	148
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	148
4.1 CONCLUSIONES	148
4.2 RECOMENDACIONES.....	150
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	153
ANEXOS	156

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Esquema de administración del modelo de Internet.....	3
Figura 1.2 Organización jerárquica de los elementos de la MIB.....	5
Figura 1.3 OID 1.3.6.1.4.1 asignado a <i>Enterprise</i>	6
Figura 1.4 Operaciones de la versión 1 de SNMP.....	7
Figura 1.5 Formación del mensaje en SNMP versión 1	8
Figura 1.6 Operaciones de la versión 2 de SNMP.....	11
Figura 1.7 Formación del mensaje SNMP versión 2c.....	12
Figura 1.8 Diagrama de bloques de una entidad SNMP gestora.....	15
Figura 1.9 Diagrama de bloques de una entidad SNMP agente.....	17
Figura 1.10 Formación del mensaje SNMP versión 3	19
Figura 1.11 Sistemas de un <i>Data Center</i>	21
Figura 1.12 Componentes de un sistema contra incendios	22
Figura 1.13 Instalación del sistema eléctrico de un <i>Data Center Tier I</i>	25
Figura 1.14 Instalación del sistema eléctrico de un <i>Data Center Tier II</i>	26
Figura 1.15 Instalación del sistema eléctrico de un <i>Data Center Tier III</i>	26
Figura 1.16 Instalación del sistema eléctrico de un <i>Data Center Tier IV</i>	27
Figura 1.17 Diagrama de bloques del UPS <i>On-line</i> de doble conversión	29
Figura 1.18 UPS modelo “Symmetra LX 16.000”	31
Figura 1.19 Localización de la PDU para rack.....	32
Figura 1.20 PDU modelo “AP8858NA3”	32
Figura 1.21 Diagrama unifilar del sistema de transferencia automática	34
Figura 1.22 ATS modelo “AP7752”.....	35
Figura 1.23 RTU modelo ioLogik E2210.....	36
Figura 1.24 NetBotz Rack Monitor modelo 550.....	37
Figura 1.25 Sensor de temperatura y humedad	38
Figura 1.26 Sensor de alarma baliza.....	38
Figura 1.27 Sensor de cámara pod	39
Figura 1.28 Acondicionamiento de aire de precisión modelo “BF-067”	40
Figura 1.29 Grupos de automaticTransferSwitch	42
Figura 1.30 Grupos de UPS	43
Figura 1.31 Grupos de rPDU	45

Figura 1.32 Grupos de e2210monitor.....	46
Figura 1.33 Grupos de netBotzSensors	47
Figura 1.34 Grupos de IgpEnvironmental	48
Figura 1.35 Proceso de Scrum	55
Figura 2.1 Diagrama UML del sistema	65
Figura 2.2 Diseño del diagrama UML del subsistema de comunicación	70
Figura 2.3 Respuesta del ejemplo de uso del método snmpget().....	71
Figura 2.4 Diagrama UML del subsistema de control de equipos	72
Figura 2.5 Diagrama UML del subsistema de control de equipos	74
Figura 2.6 Respuesta del ejemplo de uso del método estado().....	76
Figura 2.7 Modelo entidad-relación de la base de datos	78
Figura 2.8 Diagrama UML del subsistema de acceso de datos.....	78
Figura 2.9 Respuesta del ejemplo de uso de la API JFreeChart.....	81
Figura 2.10 Modelo entidad relación de la base de datos	83
Figura 2.11 Logo del sistema de monitoreo y control de equipos.....	84
Figura 2.12 Esquema general de la interfaz estándar	84
Figura 2.13 Esquema de la interfaz principal.....	84
Figura 2.14 Barra de herramientas.....	85
Figura 2.15 Interfaz gráfica “Información del Proyecto”	85
Figura 2.16 Interfaz gráfica “Agregar Equipo”	86
Figura 2.17 Control de <i>polling</i> del sistema	87
Figura 2.18 Visualización de los equipos en la interfaz principal.....	87
Figura 2.19 Interfaz gráfica “Configuración de Estados”	87
Figura 2.20 Interfaz gráfica “Configuración de SNMP”	88
Figura 2.21 Interfaz gráfica “Identificación de Usuario”	89
Figura 2.22 Interfaz gráfica “Administración de Usuarios”	89
Figura 2.23 Interfaz gráfica “Agregar Usuarios”	90
Figura 2.24 Interfaz gráfica “Editar Usuario”	91
Figura 2.25 Interfaz gráfica “Historial de Equipos”	91
Figura 2.26 Respuesta del ejemplo de uso de la librería JspXML.....	93
Figura 2.27 Rediseño del esquema general de la interfaz gráfica estándar	96
Figura 2.28 Rediseño de la barra de herramientas	96
Figura 2.29 Rediseño de la interfaz gráfica “Agregar Usuario”	97

Figura 2.30	Interfaz gráfica “Configurar Conexión”	97
Figura 2.31	Rediseño de la interfaz gráfica “Agregar Equipo”	98
Figura 2.32	Rediseño de la interfaz gráfica “Configuración de Imágenes”	99
Figura 2.33	Rediseño de la interfaz gráfica “Información del Proyecto”	99
Figura 2.34	Rediseño de la visualización de los equipos	100
Figura 2.35	Interfaz gráfica del equipo UPS	100
Figura 2.36	Interfaz gráfica del acondicionamiento de aire	101
Figura 2.37	Interfaz gráfica del equipo ATS	101
Figura 2.38	Interfaz gráfica del equipo PDU	102
Figura 2.39	Interfaz gráfica del equipo ioLogik E2210	102
Figura 2.40	Interfaz gráfica del equipo NetBotz 550	103
Figura 2.41	Rediseño de la “Configuración de SNMP” para la versión 1 y 2c... ..	103
Figura 2.42	Rediseño de la “Configuración de SNMP” para la versión 3	104
Figura 2.43	Rediseño de la interfaz gráfica “Identificación de Usuario”	105
Figura 2.44	Rediseño de la interfaz gráfica “Administración de usuarios”	105
Figura 2.45	Interfaz gráfica “Control del ATS”	106
Figura 2.46	Interfaz gráfica “Control del UPS”	106
Figura 2.47	Interfaz gráfica “Control del ioLogik”	106
Figura 2.48	Rediseño del encabezado de la interfaz “Historial de Equipos”	107
Figura 2.49	Rediseño de la interfaz gráfica “Historial de Equipos”	107
Figura 3.1	Diagrama de red para las pruebas de funcionamiento	109
Figura 3.2	Exterior del <i>Data Center</i> modular	110
Figura 3.3	Áreas presentes en el <i>Data Center</i>	111
Figura 3.4	Diagrama de conexiones de equipos presentes en el <i>Data Center</i> ..	111
Figura 3.5	Rack 4 presente en el <i>Data Center</i>	112
Figura 3.6	UPS modelo “Symmetra LX 16.000” presente en el <i>Data Center</i> (B)	113
Figura 3.7	Aires acondicionados de precisión modelo “BF-067”	113
Figura 3.8	ATS modelo “AP7752” presente en el <i>Data Center</i> (C)	114
Figura 3.9	PDU modelo “AP8858NA3” presente en el <i>Data Center</i> (G y H)	114
Figura 3.10	NetBotz Rack Monitor modelo “550” presente en el <i>Data Center</i> ...	115
Figura 3.11	Diagrama de conexiones de elementos	115
Figura 3.12	RTU modelo “ioLogik E2210” presente en el <i>Data Center</i> (D)	116
Figura 3.13	Puerta principal presente en el <i>Data Center</i> (a)	117

Figura 3.14 Tablero SCI presente en el <i>Data Center</i> (b)	117
Figura 3.15 Protector de transientes presente en el <i>Data Center</i> (d)	118
Figura 3.16 Prueba de visualización de equipos (Paso 1).....	119
Figura 3.17 Prueba de visualización de equipos (Paso 2).....	119
Figura 3.18 Errores encontrados en la prueba de visualización de equipos	121
Figura 3.19 Errores resueltos en la prueba de visualización de equipos.....	121
Figura 3.20 Errores encontrados en la prueba de datos históricos	123
Figura 3.21 Errores resueltos en la prueba de datos históricos.....	124
Figura 3.22 Ejemplo de uso de SNMP <i>Agent Builder</i> (Paso 1).....	125
Figura 3.23 Ejemplo de uso de SNMP <i>Agent Builder</i> (Paso 2).....	125
Figura 3.24 Ejemplo de uso de SNMP <i>Agent Builder</i> (Paso 3).....	126
Figura 3.25 Ejemplo de uso de SNMP <i>Agent Builder</i> (Paso 4).....	126
Figura 3.26 Interfaz principal del simulador de agentes SNMP	127
Figura 3.27 Árbol MIB del simulador de agentes SNMP	127
Figura 3.28 Interfaz principal del programa <i>Process Explorer</i>	128
Figura 3.29 Diagrama de red para las pruebas de carga	129
Figura 3.30 Estimación de uso de CPU con la versión 1 de SNMP	131
Figura 3.31 Estimación de uso de CPU con la versión 2c de SNMP.....	132
Figura 3.32 Estimación de uso de CPU con la versión 3 de SNMP	133
Figura 3.33 Resumen de uso de CPU con la versión 1, 2c y 3 de SNMP	134
Figura 3.34 Estimación de uso de memoria con la versión 1 de SNMP	135
Figura 3.35 Estimación de uso de memoria con la versión 2c de SNMP	136
Figura 3.36 Estimación de uso de memoria con la versión 3 de SNMP	137
Figura 3.37 Resumen de uso de memoria con la versión 1, 2c y 3 de SNMP... ..	138
Figura 3.38 Resultado del tamaño de la base de datos	139
Figura 3.39 Validación de datos “Configuración de SNMP por equipo”.....	141
Figura 3.40 Mensaje de error en la validación de la clave de privacidad	142
Figura 3.41 Validación de datos en la interfaz gráfica “Editar usuario”.....	142
Figura 3.42 Mensaje de error en la validación del de correo electrónico.....	143
Figura 3.43 Ejemplo de uso del <i>tooltip</i>	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Tipos de datos del objeto	4
Tabla 1.2 Aires acondicionados de precisión y confort	23
Tabla 1.3 Listado de los equipos industriales presentes en el <i>Data Center</i>	28
Tabla 1.4 Características técnicas del UPS “Symmetra LX 16.000”	31
Tabla 1.5 Características técnicas de la PDU “AP8858NA3”	33
Tabla 1.6 Características técnicas del ATS “AP7752”	34
Tabla 1.7 Listado de las MIB.....	42
Tabla 1.8 Grupos de automaticTransferSwitch	43
Tabla 1.9 Grupos de UPS	45
Tabla 1.10 Grupos de rPDU.....	46
Tabla 1.11 Grupos del e2210monitor.....	47
Tabla 1.12 Grupos de netBotzSensors	47
Tabla 1.13 Grupos de lgpEnvironmental.....	49
Tabla 1.14 Listado de objetos seleccionados para el ATS	50
Tabla 1.15 Listado de objetos seleccionados para el UPS	51
Tabla 1.16 Listado de objetos seleccionados para la PDU	52
Tabla 1.17 Listado de objetos seleccionados para el ioLogik E2210.....	52
Tabla 1.18 Listado de objetos seleccionados para el aire acondicionado	53
Tabla 1.19 Listado de objetos seleccionados para el NetBotz.....	54
Tabla 1.20 Ejemplo de la lista del producto	56
Tabla 1.21 Ejemplo de la lista de pendientes del <i>sprint #2</i>	57
Tabla 2.1 Listado de equipos industriales a gestionar por el sistema	59
Tabla 2.2 Resumen de objetos de monitoreo seleccionados a implementar	62
Tabla 2.3 Resumen de los objetos de control seleccionados a implementar.....	63
Tabla 2.4 Listado de historias	67
Tabla 2.5 Lista del producto.....	68
Tabla 2.6 Lista de pendientes del <i>sprint #1</i>	69
Tabla 2.7 Lista de pendientes del <i>sprint #2</i>	73
Tabla 2.8 Lista de pendientes del <i>sprint #3</i>	77
Tabla 2.9 Lista de pendientes del <i>sprint #4</i>	82
Tabla 2.10 Lista de pendientes del <i>sprint #5</i>	95

Tabla 2.11 Resumen del avance de las tareas en cada <i>sprint</i>	108
Tabla 3.1 Listado de equipos presentes en el <i>Data Center</i>	112
Tabla 3.2 Listado de elementos presentes en el <i>Data Center</i>	116
Tabla 3.3 Equipos a configurar en el sistema SAEI	120
Tabla 3.4 Listado de funciones realizadas en la prueba de control	122
Tabla 3.5 Variación de estados para la prueba de datos históricos.....	123
Tabla 3.6 Listado de los agentes simulados	126
Tabla 3.7 Uso de CPU con la versión 1 de SNMP.....	130
Tabla 3.8 Uso de CPU con la versión 2c de SNMP.....	131
Tabla 3.9 Uso de CPU con la versión 3 de SNMP.....	133
Tabla 3.10 Uso de memoria con la versión 1 de SNMP	135
Tabla 3.11 Uso de memoria con la versión 2c de SNMP.....	136
Tabla 3.12 Uso de memoria con la versión 3 de SNMP	137
Tabla 3.13 Tamaño de la base de datos requerido por el sistema SAEI	140
Tabla 3.14 Recursos de hardware para 30 equipos industriales	144
Tabla 3.15 Características mínimas de hardware requerido para la gestión de una red pequeña (máximo 30 equipos industriales).....	145
Tabla 3.16 Recursos de hardware para 70 equipos industriales	145
Tabla 3.17 Características mínimas de hardware requerido para la gestión de una red mediana (31-70 equipos industriales)	146
Tabla 3.18 Recursos de hardware para 100 equipos industriales	146
Tabla 3.19 Características mínimas de hardware requerido para la gestión de una red grande (71-100 equipos industriales).....	147

ÍNDICE DE CÓDIGOS

Código 2.1 Ejemplo de uso del método snmpget().....	71
Código 2.2 Implementación del método estado()	75
Código 2.3 Ejemplo de uso del método estado().....	76
Código 2.4 Implementación del método EjecutarSinRespuesta()	79
Código 2.5 Implementación del método insertarDatosPDU().....	80
Código 2.6 Ejemplo de uso de la API JFreeChart.....	81
Código 2.7 Ejemplo de uso de la librería JespXML.....	92
Código 2.8 Estructura del documento SAEI	94
Código 3.1 Consulta para obtener el tamaño de la base de datos.....	139

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 3.1 Cálculo del número de registros diarios	139
---	-----

RESUMEN

El Proyecto de Titulación se basa en el diseño e implementación de un sistema de monitoreo y control para equipos industriales presentes en un *Data Center*. El sistema se desarrolló en cuatro capítulos, mostrados a continuación:

En el **Capítulo I**, se describen los fundamentos teóricos que ayudan a desarrollar el Proyecto de Titulación. Primero se describe la administración de la red con el protocolo SNMP (*Simple Network Management Protocol*) en sus tres versiones 1, 2 y 3. Segundo se describen las características de los *Data Centers*. Tercero se describen los equipos industriales presentes en un *Data Center*. Cuarto se describen las MIB (*Management Information Base*) de los equipos industriales. Finalmente se describe la metodología de desarrollo Scrum que sirve de guía en el desarrollo del sistema.

En el **Capítulo II**, se aborda el diseño del sistema de monitoreo y control de equipos industriales. En base a la metodología de desarrollo Scrum se crean 22 tareas necesarias para la elaboración del sistema, las tareas son realizadas en un proceso iterativo e incremental denominado *sprint*. El tiempo que tomó en realizar las tareas fue de aproximadamente 5 meses.

En el **Capítulo III**, se realizan las pruebas del sistema de monitoreo y control de equipos industriales denominado SAEI (Solución de Administración de Equipos Industriales). Se realizan las siguientes pruebas: medición del uso de memoria RAM, medición del uso de procesador y cálculo del tamaño de la base de datos. Los datos obtenidos en las pruebas se utilizan para establecer los requerimientos mínimos de hardware y software para el sistema SAEI.

En el **Capítulo IV**, se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas en el presente Proyecto de Titulación, enfocándose a los resultados obtenidos en las pruebas y la experiencia en la realización del sistema SAEI.

Por último se presentan los Anexos:

- El **Anexo A** “Manual de usuario”, sirve de guía para el uso del sistema SAEI.
- El **Anexo B** “Instalador del sistema”, indica el proceso de instalación del sistema SAEI en los sistemas operativos de Windows Vista, 7, 8 y XP.
- El **Anexo C** “Código del sistema”, contiene el código fuente del sistema SAEI desarrollado en lenguaje Java.
- El **Anexo D** “Documentación del código”, presenta una descripción de las clases y métodos desarrollados en el sistema SAEI.

Los Anexos se encuentran incluidos en el CD adjunto.

PRESENTACIÓN

Proyectos Integrales del Ecuador PIL S.A. es una organización dedicada a la ingeniería, montaje y puesta en marcha de proyectos industriales. Entre los proyectos que desarrolla se encuentra el diseño y construcción de *Data Centers*.

Un *Data Center* es un espacio físico utilizado para el procesamiento de la información de una organización. El espacio físico utilizado para un *Data Center* puede ser: una sala, un edificio o un módulo (*shelter*). Un módulo es similar a un contenedor que a diferencia de una sala o un edificio tiene la ventaja de movilización y es usado para zonas remotas.

Un *Data Center* contiene equipos industriales que cumplen con funciones vitales, como: el acondicionamiento de aire que regula las condiciones de temperatura, humedad y flujo de aire, el Sistema de Transferencia Automática (ATS) que garantiza una alimentación de energía eléctrica redundante, y el Sistema de Alimentación Ininterrumpida (UPS) que proporciona energía eléctrica por un tiempo durante un apagón a una cantidad limitada de dispositivos.

Dadas las funciones vitales que cumplen los equipos industriales en el *Data Center* se vio la necesidad de gestionarlos. Por lo cual, en el presente Proyecto de Titulación se diseña e implementa un sistema de monitoreo y control para equipos industriales presentes en un *Data Center* construido por PIL S.A. El sistema también puede ser usado para gestionar otros *Data Centers* si los equipos son soportados.

El sistema de monitoreo y control usa el protocolo de comunicación SNMP (*Simple Network Management Protocol*) en sus tres versiones 1, 2c y 3 para comunicarse con los equipos industriales.

La funcionalidad principal del sistema de monitoreo y control es obtener el estado de los equipos industriales cada cierto intervalo de tiempo con el fin de detectar fallas y prevenir problemas en la operación del *Data Center*.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

En el capítulo actual se abordan las bases teóricas que ayudan a desarrollar el Proyecto de Titulación, las cuales son:

- Administración de la red con el protocolo SNMP¹ (*Simple Network Management Protocol*) en sus tres versiones 1, 2 y 3.
- Características de los *Data Centers*, así como información técnica.
- Características técnicas de los equipos industriales presentes en un *Data Center*.
- Análisis de las MIB² (*Management Information Base*) de los equipos industriales presentes en un *Data Center*.
- Metodología de programación Scrum³ a utilizar en el desarrollo del sistema de monitoreo y control.

1.1 ADMINISTRACIÓN DE LA RED [1]

La administración de la red es el conjunto de actividades destinadas a garantizar el control, la supervisión y la administración de los diferentes elementos que constituyen una red para que la comunicación tenga lugar.

La administración de la red consiste en mantener los elementos de hardware y software siempre disponibles a fin de prestar servicio a los usuarios y agilizar las labores en una empresa.

La administración de la red efectiva permite conocer el estado de los elementos de hardware y software. En caso de falla de los elementos, una correcta administración de la red permite detectar lo antes posible el problema con el fin de no interrumpir las actividades de la empresa.

¹ **SNMP (*Simple Network Management Protocol*)**: El protocolo SNMP permite la comunicación de los equipos con el sistema de administración de red.

² **MIB (*Management Information Base*)**: La MIB es un conjunto de objetos organizados jerárquicamente en forma de árbol.

³ **Scrum**: Es una metodología de programación que permite el desarrollo de software de manera organizada y colaborativa.

La administración de la red puede convertirse en una tarea demandante debido a varios factores tales como: mezcla de diversas señales (voz, datos, imágenes y gráficos), empleo de diversos sistemas operativos (Windows y Linux), interconexión de varios tipos de redes de acuerdo a su cobertura (LAN⁴, MAN⁵ y WAN⁶) e incorporación de nuevos elementos de hardware y software.

La administración de la red se lleva a cabo mediante modelos. Estos modelos estandarizan las herramientas utilizadas en la administración de la red. Existen tres modelos para la administración de la red, los cuales son:

- **El modelo OSI:** El modelo OSI fue desarrollado por la ISO⁷ (*International Organization for Standardization*) en el año de 1980.
- **El modelo TMN:** El modelo TMN fue desarrollado por la ITU-T⁸ (*ITU Telecommunication Standardization Sector*) para la administración de redes de telecomunicaciones.
- **El modelo de Internet:** El modelo de Internet es desarrollado por la IETF⁹ (*Internet Engineering Task Force*) para administrar redes TCP/IP¹⁰ (*Transport Control Protocol / Internet Protocol*). A continuación se describe el modelo de Internet, el cual se emplea en este Proyecto de Titulación.

1.1.1 MODELO DE INTERNET [1]

El modelo de Internet permite la estandarización de las herramientas utilizadas para la administración de la red.

⁴ **LAN (Local Area Network):** Son redes que cubren un área geográfica reducida, como una empresa, un edificio, un colegio, etc.

⁵ **MAN (Metropolitan Area Network):** Son redes que cubren una mayor área geográfica que las redes LAN, como una ciudad, un municipio, etc.

⁶ **WAN (Wide Area Network):** Son redes que cubren un área geográfica extensa, como un país, un continente o incluso el mundo.

⁷ **ISO (International Organization for Standardization):** La ISO es una organización encargada de la estandarización de normas internacionales de fabricación de productos y de servicios.

⁸ **ITU-T (ITU Telecommunication Standardization Sector):** La ITU-T es parte del organismo ITU, la ITU-T se encargada de la normalización del sector de las telecomunicaciones.

⁹ **IETF (Internet Engineering Task Force):** La IETF es una organización internacional de normalización, que tiene como objetivo regular las propuestas y estándares del Internet.

¹⁰ **TCP/IP (Transport Control Protocol / Internet Protocol):** El protocolo TCP y el protocolo IP son los más utilizados en Internet y se usan de manera conjunta. Fueron desarrollados por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos en 1972.

En el modelo de Internet existen dos protocolos para la administración de la red: el protocolo CMOT¹¹ (*Common Management Information Services and Protocol Over TCP/IP*) y el protocolo SNMP (*Simple Network Management Protocol*).

El protocolo CMOT afrontó una serie de problemas con respecto a la falta de implementaciones prácticas y demora al momento de estandarizar sus especificaciones. Por lo tanto, el desarrollo del protocolo CMOT fue detenido en 1992.

El protocolo SNMP a diferencia de CMOT siguió desarrollándose y se convirtió en el estándar recomendado por la IETF. En la actualidad existen tres versiones del protocolo SNMP: 1, 2 y 3.

1.1.2 ESQUEMA DE ADMINISTRACIÓN DEL MODELO DE INTERNET [1]

En la Figura 1.1 se muestra el esquema de administración del modelo de Internet.

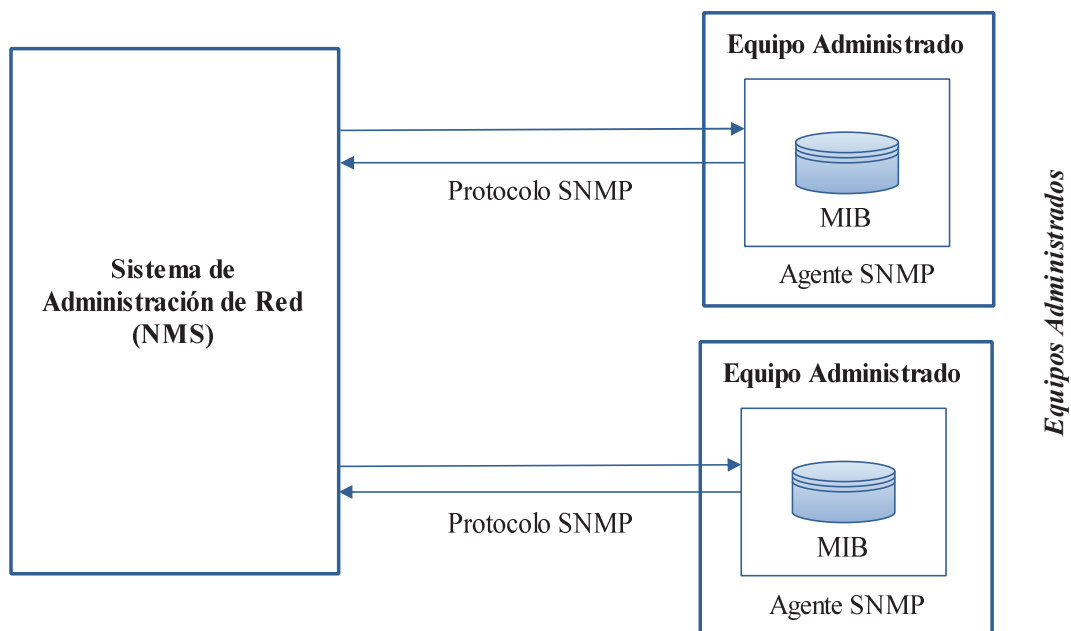


Figura 1.1 Esquema de administración del modelo de Internet

La Figura 1.1 presenta los siguientes componentes:

¹¹ **CMOT** (*Common Management Information Services and Protocol Over TCP/IP*): CMOT describe una arquitectura de gestión de red para que los protocolos CMIS/CMIP del modelo OSI puedan ser usados en el modelo de Internet.

- **Agente SNMP:** El agente SNMP es un programa instalado en el equipo administrado, el agente es usado para reportar información de gestión al Sistema de Administración de Red (NMS).
- **Protocolo SNMP:** El protocolo SNMP permite establecer y mantener la comunicación entre el Sistema de Administración de Red (NMS) y el agente instalado en los equipos administrados.
- **Sistema de Administración de Red (NMS):** El Sistema de Administración de Red se encarga de la gestión de los equipos administrados.
- **Base de Información de Gestión (MIB):** La Base de Información de Gestión es un conjunto de objetos con información del equipo administrado. El agente SNMP usa la MIB para exponer la información del equipo al Sistema de Administración de Red (NMS).

1.1.3 BASE DE INFORMACIÓN DE GESTIÓN (MIB) [1]

La Base de Información de Gestión (MIB) es un conjunto de objetos organizados jerárquicamente, los objetos están estructurados en forma de árbol y contienen información del equipo administrado. Cada objeto posee una sintaxis, un nivel de acceso, un estado y una descripción.

- **Sintaxis:** La sintaxis especifica el tipo de dato del objeto, los cuales son desarrollados según la norma ASN.1¹². Los tipos de datos del objeto se muestran en la Tabla 1.1.

Universal	Aplicación
<i>Integer:</i> Es un tipo de dato usado para representar un número entero.	<i>IpAddress:</i> Es un tipo de dato usado para direcciones IP (<i>Internet Protocol</i>).
<i>Octect String:</i> Es un tipo de dato usado para texto.	<i>Counter:</i> Es un tipo de dato usado para contadores.
<i>Null:</i> Es usado para valores nulos.	<i>Timeticks:</i> Es un tipo de dato usado para medir intervalos de tiempos en centésimas de segundos.
<i>Object Identifier:</i> Es un tipo de dato para objetos estructurales.	<i>Opaque:</i> Es un tipo de dato para cualquier otra sintaxis.
<i>Sequence y sequence of:</i> Es un tipo de dato para arreglos.	

Tabla 1.1 Tipos de datos del objeto

¹² **ASN.1 (Abstract Syntax Notation One):** Es una norma que define un conjunto de tipos de datos básicos (enteros y *strings*) y permite construir nuevos tipos de datos a partir de los definidos.

- **Acceso:** El acceso especifica el permiso del objeto que puede ser: leer, leer y escribir, escribir solamente o no accesible.
- **Estado:** El estado define si el objeto es obligatorio u opcional.
- **Descripción:** La descripción detalla la función del objeto.

La MIB tiene una estructura jerárquica conformada por objetos, grupos y módulos MIB. En la Figura 1.2 se muestra la organización jerárquica de los elementos de la MIB.

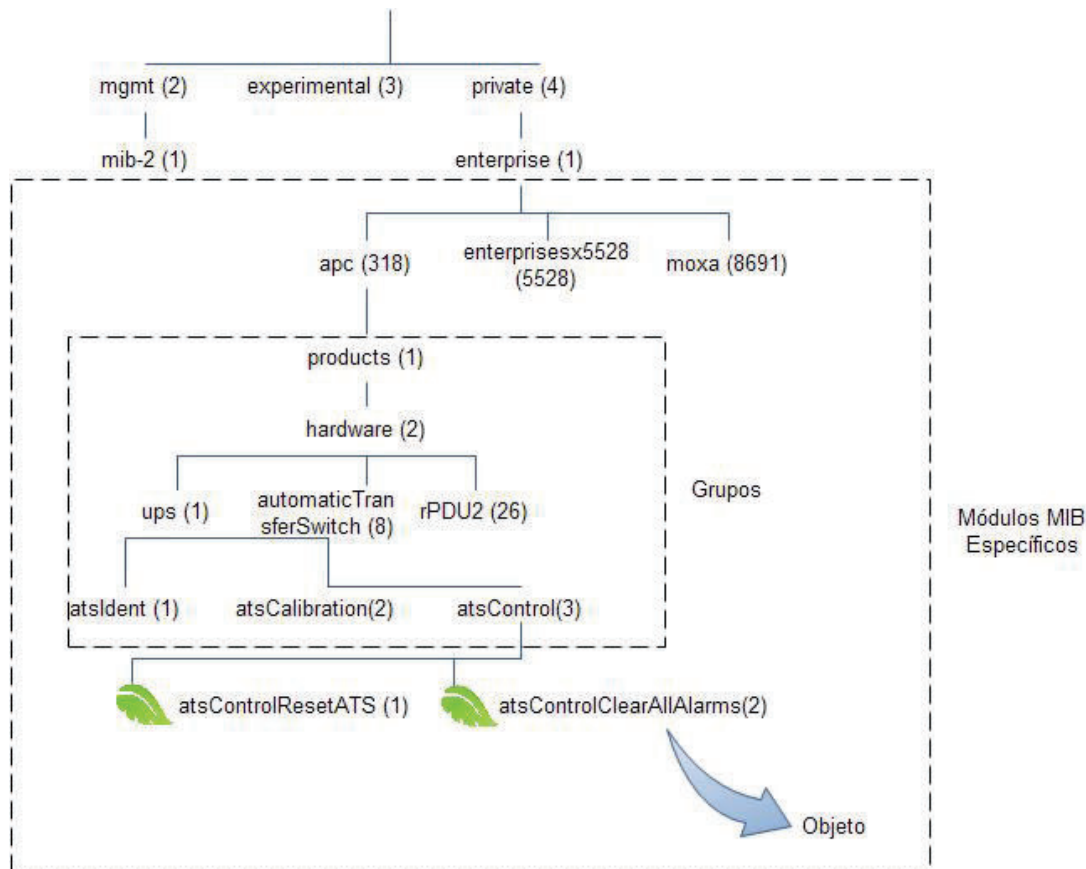


Figura 1.2 Organización jerárquica de los elementos de la MIB

La Figura 1.2 tiene los siguientes elementos:

- **Objeto:** El objeto es similar a una hoja, porque es el elemento más pequeño y de él no cuelga ningún otro elemento. Por ejemplo `atsControlClearAllAlarms`.
- **Grupo:** El grupo es similar a una rama, porque está formada por un conjunto de objetos y da la estructura al árbol MIB. Por ejemplo `atsCalibration`.

- **Modulo MIB:** El módulo MIB o también llamado MIB es una colección de grupos y estos pueden ser de tres tipos:
 - Estándar: El módulo MIB estándar es diseñado por el grupo IETF y estandarizado por el IESG¹³. El modulo está ubicado bajo la rama *mgmt*.
 - Experimental: El módulo MIB experimental es temporal y se encuentra bajo la rama experimental. Si estos llegan a estandarizarse pasan a ser parte del módulo estándar.
 - Específico: El módulo MIB específico es desarrollado por empresas privadas y está ubicado bajo la rama *enterprise*.

1.1.3.1 Identificador de Objeto (OID) [1]

El Identificador de Objeto es una secuencia de números separados por puntos que describen de forma única la posición de un objeto en la MIB. Por ejemplo el OID 1.3.6.1.4.1 corresponde al OID asignado a *enterprise*, el cual se muestra en la Figura 1.3.

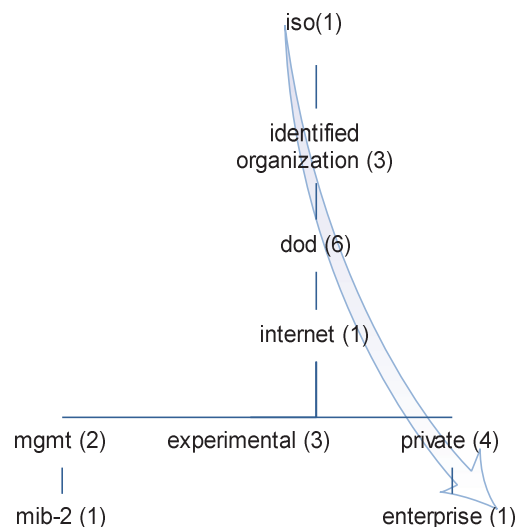


Figura 1.3 OID 1.3.6.1.4.1 asignado a *Enterprise*

¹³ **IESG (Internet Engineering Steering Group):** Es un organismo compuesto por el presidente del IETF y los directores, que tiene como objetivo la gestión de la IETF y la revisión final de los estándares.

1.1.4 PROTOCOLO SIMPLE DE GESTIÓN DE RED VERSIÓN 1 [2], [3]

La versión 1 del Protocolo Simple de Gestión de Red (SNMP) nació como una solución para administrar y monitorear de manera rápida y sencilla, eliminando la gran variedad de protocolos propietarios y complejos, permitiendo gestionar la red de modo más simple.

El protocolo SNMP permite establecer y mantener la comunicación entre el Sistema de Administración de Red (NMS) y el agente SNMP instalado en el equipo administrado. La comunicación se lleva a cabo mediante operaciones, las cuales se muestran en la Figura 1.4.

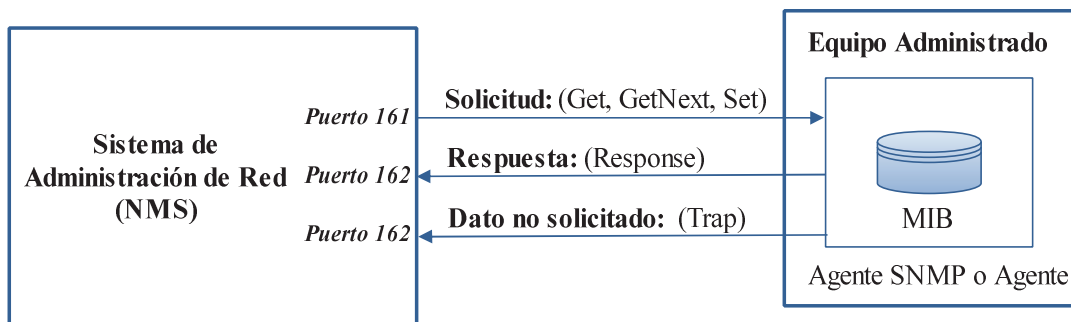


Figura 1.4 Operaciones de la versión 1 de SNMP

La Figura 1.4 muestra que el NMS envía una solicitud al agente el cual envía una respuesta, este comportamiento se implementa mediante el uso de las cinco operaciones que son:

- El NMS utiliza la operación *Get* para solicitar el valor de uno o varios objetos.
- El NMS emplea la operación *GetNext* para recuperar el valor del siguiente objeto de una tabla.
- El agente usa la operación *Response* para responder al NMS de una solicitud realizada previamente.
- El NMS se basa en la operación *Set* para configurar los valores de los objetos.
- El NMS se apoya en la operación *Trap* para informar al NMS de un hecho relevante.

El protocolo SNMP hace uso del puerto 161 en el envío de mensajes y del puerto 162 en la recepción de los mensajes. Los puertos 161 y 162 son los valores por defecto pero pueden ser cambiados si el administrador de red lo requiere.

1.1.4.1 Formación del mensaje SNMP en la versión 1

En la Figura 1.5 se muestra la formación del mensaje SNMP versión 1.

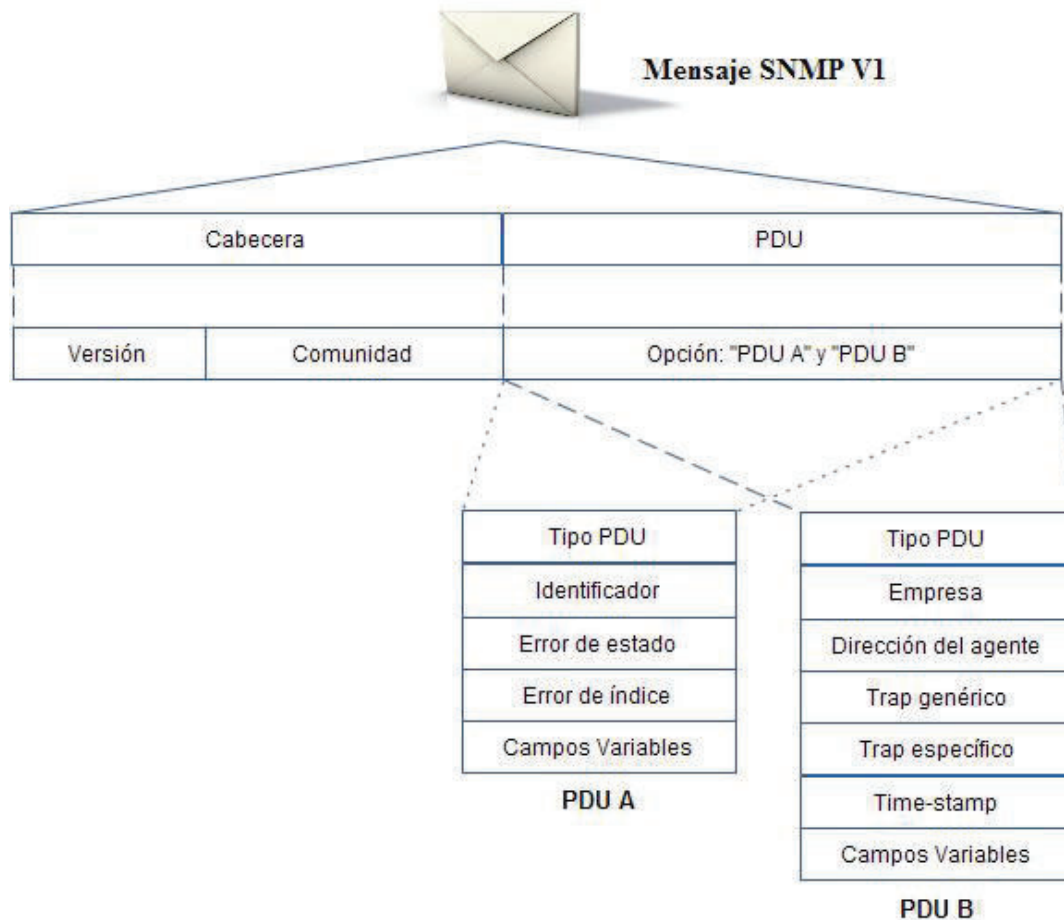


Figura 1.5 Formación del mensaje en SNMP versión 1

Fuente: [2]

La Figura 1.5 indica que el mensaje SNMP está formado por una cabecera, la cual tiene los siguientes campos:

- **Versión:** El campo tiene un número que toma el valor de 0 para la versión 1 de SNMP.
- **Comunidad:** El campo comunidad tiene una cadena de caracteres que establece una relación entre el agente SNMP y el NMS.

La Figura 1.5 muestra que el mensaje SNMP está formado por una PDU que puede ser A o B. Si es PDU A lleva información de una operación *Get*, *GetNext*, *Response* o *Set*. Si es PDU B lleva información de una operación *Trap*.

De la PDU A se describen los siguientes campos:

- **Tipo PDU:** El campo tiene un número que indica la operación a transmitir, sus valores son: 0 para *Get*, 1 para *GetNext*, 2 para *Response* y 3 para *Set*.
- **Identificador:** El campo tiene un número usado entre el agente SNMP y el NMS para identificar el mensaje SNMP de forma única.
- **Estado de error:** El campo solo es utilizado con la operación *Response*. El campo lleva un número que indica un error en el mensaje SNMP, el cual puede ser:

noError (0): No existe error.

tooBig (1): El tamaño de la PDU es muy largo para ser transportado.

noSuchName (2): El nombre del objeto solicitado no se ha encontrado.

badValue (3): El valor especificado por el emisor no concuerda en el receptor, en tipo o longitud. Por ejemplo, el emisor envía un valor tipo *Integer* y el receptor espera un *String*.

readOnly (4): El intento de cambiar el valor del objeto falló, debido que el objeto es de solo lectura.

genError (5): Es usado para errores que no pertenecen a 1, 2, 3 y 4.

- **Índice de error:** El campo lleva un número que permite identificar el objeto que ha generado el error. El valor es 0 si no existe error.
- **Campos variables:** Los campos variables llevan información de nombres de objetos con sus valores. Por ejemplo: [(NombreObjetoA, ValorObjetoA), (NombreObjetoB, ValorObjetoB),...].

De la PDU tipo B se describen los siguientes campos:

- **Empresa:** El campo empresa lleva un número que identifica el agente SNMP que ha emitido la operación *Trap*.

- **Dirección del agente:** El campo tiene un número que indica la dirección IP del agente SNMP que ha emitido la operación *Trap*.
- **Tipo genérico:** El campo tipo genérico lleva un número que indica la causa de emisión de la operación *Trap*, el cual puede ser:
 - *Cold start* (0): Indica que el agente SNMP ha sido iniciado o reiniciado.
 - *Warm start* (1): Indica que la configuración del agente SNMP ha cambiado.
 - *Link down* (2): Indica que la interfaz de comunicación se encuentra inactiva.
 - *Link up* (3): Indica que la interfaz de comunicación se encuentra activa.
 - *Authentication failure* (4): Indica que el agente SNMP ha recibido un mensaje de un NMS no autorizado.
 - *EGP neighbor loss* (5): Indica la desconexión de un router. El campo es usado en routers que usan el protocolo de enrutamiento EGP¹⁴.
 - *Enterprise* (6): Indica que la operación *Trap* fue desarrollada por un fabricante privado.
- **Tipo específico:** El campo tipo específico proporciona información adicional de la causa de emisión de la operación *Trap*.
- **Time-stamp:** El campo *time-stamp* tiene un número que indica el lapso de tiempo entre el reinicio del agente SNMP y la generación de la *Trap*.
- **Campos variables:** Los campos variables llevan información de nombres de objetos con sus valores. Por ejemplo: [(NombreObjetoA, ValorObjetoA), (NombreObjetoB, ValorObjetoB),...].

1.1.5 PROTOCOLO SIMPLE DE GESTIÓN DE RED VERSIÓN 2 [2], [3]

El Protocolo Simple de Gestión de Red (SNMP) en su versión 2 incluye mejoras y modificaciones en las operaciones. Las mejoras son: soportar el direccionamiento de red IPv6, aumentar el tipo de dato *string*, aumentar el tamaño de los contadores de 32 bits a 64 bits. Las modificaciones en las operaciones son: crear

¹⁴ **EGP (Exterior Gateway Protocol):** Es un protocolo usado para intercambiar información de enrutamiento entre un conjunto de routers que se encuentran bajo una administración común.

dos operaciones *Inform* y *GetBulk*, y adicionalmente mejorar la operación *Trap* al cambiar su formato de mensaje y pasa a llamarse *Trapv2*.

Dados los cambios realizados en las operaciones del protocolo la interoperabilidad de la versión 2 y 1 de SNMP es nula. Sin embargo se pueden utilizar un NMS bilingüe para su coexistencia. Las operaciones en la versión 2 de SNMP se muestran en la Figura 1.6.

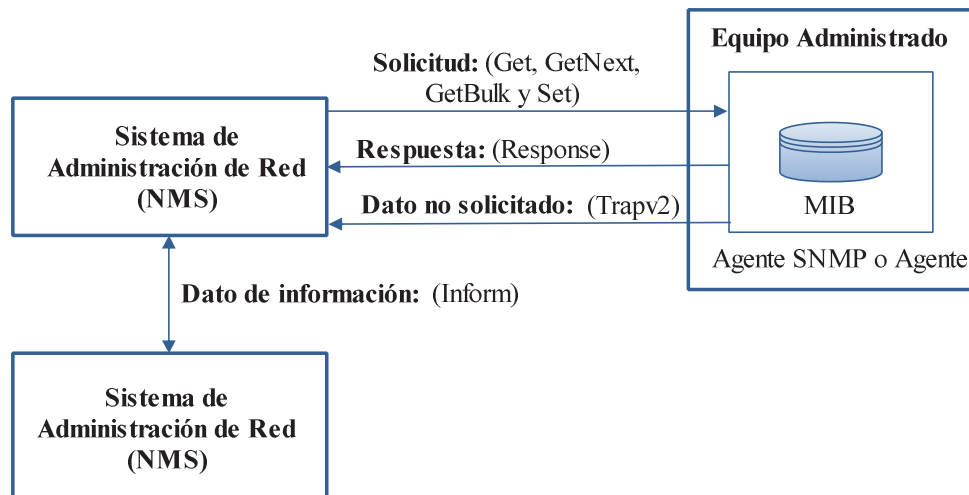


Figura 1.6 Operaciones de la versión 2 de SNMP

Las operaciones se describen a continuación:

- El NMS utiliza la operación *Get* para solicitar el valor de uno o varios objetos.
- El NMS usa la operación *GetNext* para recuperar el valor del siguiente objeto de una tabla.
- El agente emplea la operación *Response* para responder al NMS de una solicitud realizada previamente.
- El NMS se basa en la operación *Set* para configurar los valores de los objetos.
- El NMS se apoya en la operación *GetBulk* para solicitar información de múltiples valores de objetos.
- El NMS utiliza la operación *Inform* para transmitir información a otro NMS.
- El agente usa la operación *Trapv2* para informar al NMS de un hecho relevante.

En base al desarrollo de la versión 2 de SNMP surgieron cuatro sub-protocolos, que son: SNMP v2p, SNMP v2c, SNMP v2u y SNMP v2*. De los sub-protocolos solo SNMP v2p, SNMP v2c y SNMP v2u son estandarizados. Cada sub-protocolo utiliza un formato de mensaje diferente. El sub-protocolo más utilizado es SNMP v2c y su formato de mensaje es similar a SNMP v1.

1.1.5.1 Formación del mensaje SNMP en la versión 2c

En la Figura 1.7 se muestra la formación del mensaje SNMP versión 2c.

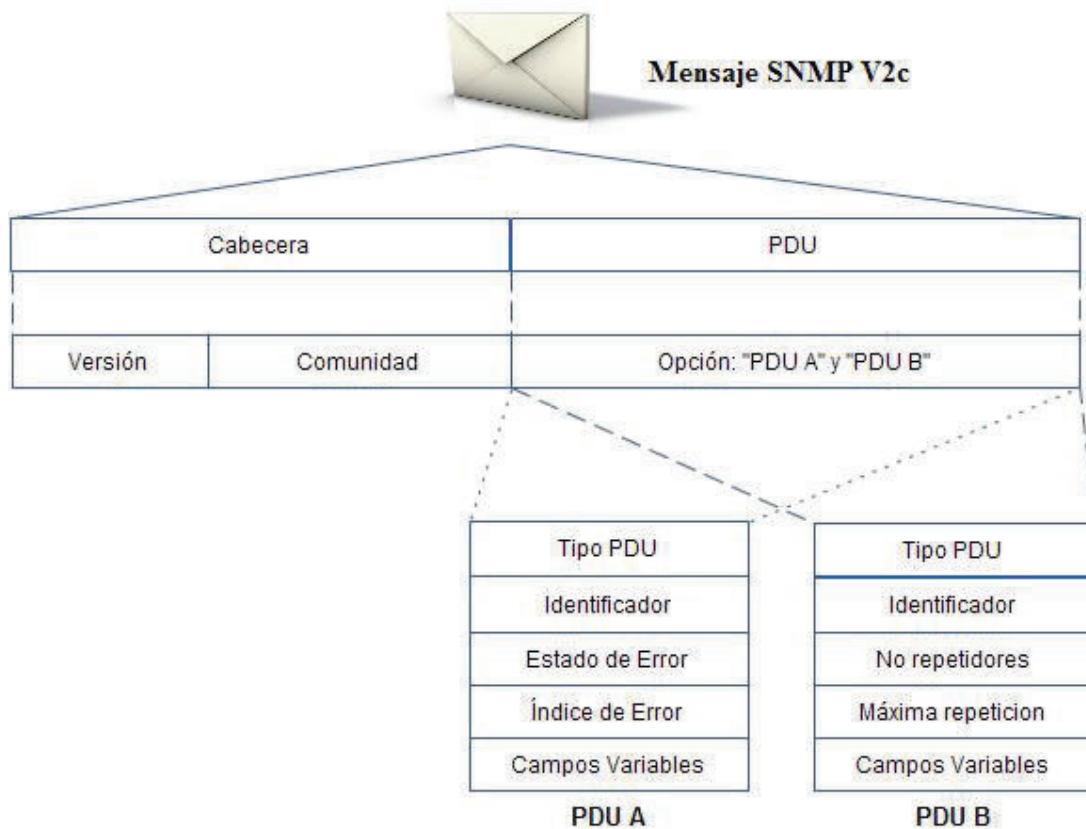


Figura 1.7 Formación del mensaje SNMP versión 2c

Fuente: [4]

La Figura 1.7 indica que el mensaje SNMP está formado por una cabecera, la cual tiene los siguientes campos:

- **Versión:** El campo tiene un número que toma el valor de 1 para la versión 2c de SNMP.
- **Comunidad:** La campo comunidad tiene una cadena de caracteres que establece una relación entre el agente y el NMS.

El mensaje SNMP está formado por una PDU que puede ser A o B. Si es PDU A lleva información de una operación *Get*, *GetNext*, *Response*, *Set*, *Trapv2* o *Inform*. Si es PDU B lleva información de una operación *GetBulk*.

De la PDU A se describen los siguientes campos:

- **Tipo PDU:** El campo tiene un número que indica la operación a transmitir, sus valores son: 0 para *Get*, 1 para *GetNext*, 2 para *Response*, y 3 para *Set*, 6 para *Inform* y 7 para *Trapv2*.
- **Identificador:** El campo tiene un número usado entre el agente SNMP y el NMS para identificar el mensaje SNMP de forma única.
- **Estado de error:** El campo solo es usado con la operación *Response*. El campo indica un error en el mensaje con un número, el cual puede ser:
 - 0-5: Similar al mensaje SNMPv1, visto en la Sección 1.1.4.1.
 - noAccess* (6): Acceso denegado por razones de seguridad.
 - wrongType* (7): El valor del objeto no concuerda con su tipo.
 - wrongLenght* (8): El valor del objeto supera la longitud permitida.
 - wrongEncoding* (9): El valor del objeto contiene una codificación ASN.1 errónea.
 - wrongValue* (10): El valor del objeto es erróneo.
 - noCreation* (11): La valor no existe y no puede ser creado.
 - inconsistentValue* (12): El valor del objeto es inconsistente.
 - resourceUnavailable* (13): La solicitud enviada para cambiar el valor del objeto requiere un recurso no disponible.
 - commitFailed* (14): La solicitud enviada para cambiar el valor del objeto falló.
 - undoFailed* (15): Indica dos errores: el primero es causado por no cambiar el valor del objeto, y el segundo por no deshacer los cambios realizados en los objetos.
 - authorizationError* (16): Problema en la autorización.
 - noWritable* (17): El valor no puede ser escrito o creado.
 - inconsistentName* (18): El nombre del objeto es inconsistente.
- **Índice de error:** El campo lleva un número que permite identificar el objeto que ha generado el error. El valor es 0 si no existe error.

- **Campos variables:** Los campos variables llevan información de nombres de objetos con sus valores. Por ejemplo: [(NombreObjetoA, ValorObjetoA), (NombreObjetoB, ValorObjetoB),...].

De la PDU tipo B se describen los siguientes campos:

- **Tipo PDU:** El campo tiene un número que indica la operación a transmitir, su único valor es 5 para *GetBulk*.
- **Identificador:** El campo tiene un número usado entre el agente SNMP y el NMS para identificar el mensaje SNMP de forma única.
- **No repetición:** El campo tiene un número que indica el número de objetos no repetidos.
- **Máxima repetición:** El campo tiene un número que indica cuantas iteraciones se debe realizar para leer los objetos (repetidos y no repetidos) contenidos en una tabla.
- **Campos variables:** Los campos variables llevan información de nombres de objetos con sus valores. Por ejemplo: [(NombreObjetoA, ValorObjetoA), (NombreObjetoB, ValorObjetoB),...].

1.1.6 PROTOCOLO SIMPLE DE GESTIÓN DE RED VERSIÓN 3 [3], [5]

La versión 3 de SNMP es la última implementación del protocolo, no realiza cambios en las operaciones pero añade mayor seguridad al implementar autenticación y privacidad en los mensajes SNMP. La autenticación y privacidad tienen las siguientes ventajas:

- La autenticación evita el enmascaramiento de entidades no autorizadas, impide el hurto de la identidad de los usuarios y previene la modificación de la información por entidades no autorizadas.
- La privacidad permite que los mensajes SNMP enviados no se puedan almacenar, re-direccionar y duplicar por terceros.

La seguridad y el control de acceso en la versión 3 de SNMP son manejados por el Modelo de Seguridad Basado en Usuario (USM) y el Modelo de Control de Acceso en Vistas (VCAM) respectivamente.

La arquitectura del protocolo SNMPv3 especifica la interacción de entidades SNMP. Los términos NMS y agente SNMP usados en SNMPv1 y SNMPv2 son cambiados, por entidad SNMP gestora y entidad SNMP agente respectivamente.

En esta sección se explica las características de las entidades SNMP (agente y gestor), los modelos de seguridad (USM y VCAM) y la formación del mensaje SNMP.

1.1.6.1 Entidad SNMP gestora

La entidad SNMP gestora está conformada por dos bloques principales, que son: el bloque “Motor SNMP” y el bloque “Aplicaciones SNMP”, presentados en la Figura 1.8.

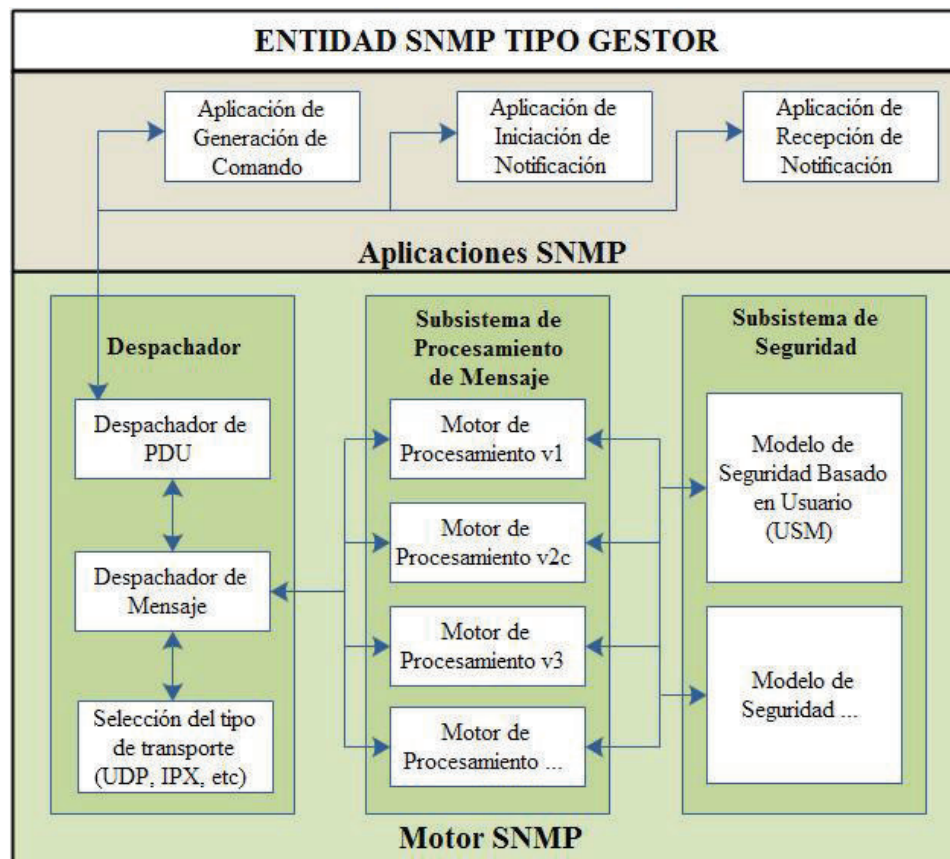


Figura 1.8 Diagrama de bloques de una entidad SNMP gestora

Fuente: [6]

El “Motor SNMP” se conforma de los siguientes bloques:

- **Despachador:** El despachador realiza dos funciones: (1) si recibe la PDU del bloque “Aplicaciones SNMP”; determina el tipo de procesamiento a usar (v1, v2c y v3); y envía la PDU al motor de procesamiento correspondiente. Posteriormente, la PDU es devuelta con una cabecera y se encapsula para su transmisión. (2) Si acepta mensajes SNMP de la capa transporte el proceso es inverso.
- **Subsistema de Procesamiento de Mensaje:** El subsistema cumple dos funciones: (1) si recibe una PDU el subsistema añade una cabecera y le retorna al “Despachador”. (2) Si recibe un mensaje SNMP procesa su cabecera y le retorna únicamente la PDU al “Despachador”.
- **Subsistema de Seguridad:** El subsistema desempeña dos funciones: (1) si recibe una PDU; genera un código de autenticación que es insertado en cabecera; y puede cifrar la PDU dependiendo de los servicios requeridos. (2) Si recibe un mensaje SNMP; comprueba el código de autenticación; descifra el mensaje; y lo retorna al “Subsistema de Procesamiento de Mensaje”. Hasta ahora, el único modelo definido es el Modelo de Seguridad Basado en Usuario (USM).

El bloque de “Aplicaciones SNMP” contiene tres aplicaciones:

- **Aplicación de Generación de Comando:** La aplicación envía mensajes asíncronos¹⁵.
- **Aplicación de Iniciación de Notificación:** La aplicación procesa los mensajes asíncronos recibidos.
- **Aplicación de Recepción de Notificación:** La aplicación recibe una y responde solicitudes.

1.1.6.2 Entidad SNMP agente

En la Figura 1.9 se muestra que la entidad SNMP agente es similar a la entidad gestora, con las siguientes diferencias: incorpora los nuevos bloques “Subsistema de Control de Acceso”, “Aplicaciones de Respuesta a Comandos”, “Aplicaciones de Reenvío Mediante Proxy” e “Instrumentación MIB”. Otra diferencia es la

¹⁵ **Asíncrono:** Es una forma de transmisión de datos, en la cual el transmisor puede enviar datos al emisor en cualquier momento.

eliminación de los bloques “Aplicación de Generación de Comando” y “Aplicaciones de Recepción de Notificación”.

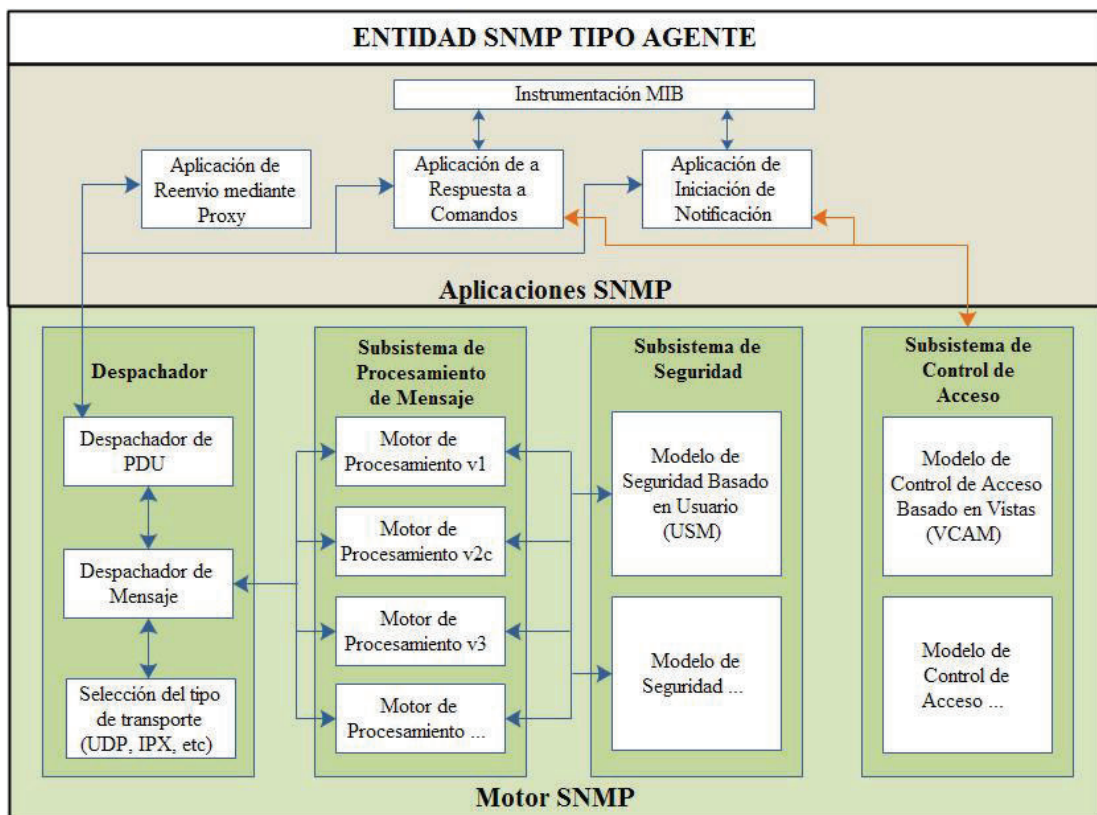


Figura 1.9 Diagrama de bloques de una entidad SNMP agente

Fuente: [6]

El “Motor SNMP” de un agente tiene los componentes encontrados en el motor de un gestor, más el subsistema de control de acceso. El subsistema da un servicio de control de acceso (lectura y escrita) a la MIB. El subsistema puede admitir uno o varios modelos de control, sin embargo, el Modelo de Control de Acceso Basado en Vistas (VACM) es el único definido por el momento.

El bloque de “Aplicaciones SNMP” contiene tres aplicaciones:

- **Aplicación de Reenvío Mediante Proxy:** La aplicación reenvía mensajes entre entidades SNMP (agente y gestor).
- **Aplicación de Respuesta a Comandos:** La aplicación proporciona acceso a los datos de gestión.

- **Aplicación de Iniciación de Notificación:** La aplicación envía mensajes asíncronos.

1.1.6.3 Modelo de Seguridad Basado en Usuario (USM) [7]

El Modelo de Seguridad Basado en Usuario (USM) proporciona los servicios de autenticación y privacidad (cifrado). La autenticación evita que entidades no autorizadas tengan acceso a la entidad SNMP. El cifrado permite que los mensajes SNMP no se puedan almacenar, leer y duplicar por terceros.

La autenticación entre entidades SNMP (agente y gestor) se lleva a cabo mediante la compartición de una clave. La clave no es colocada en el mensaje SNMP, no es almacenada en la MIB y no es accesible mediante SNMP. La clave es configurada en el equipo del agente y del gestor.

Para la autenticación se hace uso de los protocolos HMAC-MD5-96 y HMAC-SHA-96. El funcionamiento de HMAC-MD5-96 es el siguiente: HMAC¹⁶ usa MD5¹⁷ como *hash function*¹⁸ y una clave de 16 octetos para generar una salida de 16 octetos que se trunca en 12 octetos. El protocolo HMAC-MD5-96 funciona de manera similar: HMAC utiliza SHA-1¹⁹ como *hash function* y una clave de 20 octetos para producir una salida de 20 octetos que se trunca en 12 octetos.

Para la privacidad (cifrado) se utilizan los protocolos DES²⁰, 3DES²¹ y AES²². El funcionamiento de los protocolos en breves rasgo es el siguiente: utilizan una clave de 16 octetos para obtener una salida de 56 bits (DES), 168 bits (3DES) y 128 bits (AES).

¹⁶ **HMAC (Hashed Message Authentication Code):** Es un algoritmo que usa una función *hash* y una clave secreta en combinación para verificar la autenticación e integridad de un mensaje.

¹⁷ **MD5 (Message Digest Algorithm 5):** Es un algoritmo de reducción criptográfico de 128 bits. Es usado en varias aplicaciones, entre ellas para verificar la integridad de los datos.

¹⁸ **Hash function:** Es una función que procesa los datos recibidos a través de un algoritmo. Por ejemplo, si recibe el valor "Zorro" lo procesa y obtiene el valor *hash* "DFCD5454".

¹⁹ **SHA-1 (Secure Hash Algorithm):** Es un algoritmo de criptográfico 160 bits. Es parte de la familia de algoritmos (SHA-0, SHA-1, SHA-2 y SHA-3) desarrollados.

²⁰ **DES (Data Encryption Standard):** Es un algoritmo de clave simétrica usado para el cifrado de datos.

²¹ **3DES (Triple Data Encryption Standard):** Es un algoritmo de clave simétrica desarrollado en base a su antecesor DES. Mejora el tamaño de la clave usado de 56 bits (DES) a 168 bits (3DES).

²² **AES (Advanced Encryption Standard):** Es un algoritmo de clave simétrica el cual genera bloques de 128 bits. Es ampliamente aceptado para en el cifrado y descifrado de los datos.

1.1.6.4 Modelo de Control de Acceso Basado en Vistas (VACM) [6]

El Modelo de Control de Acceso Basado en Vistas (VACM) proporciona diferentes niveles de acceso a la MIB. Es decir, el modelo tiene la responsabilidad de comprobar si una entidad SNMP gestora tiene acceso de lectura o escritura a una determinada MIB, de esta manera se restringe el acceso a ciertas entidades o bien se limita el acceso.

El modelo VACM hace uso de vistas MIB y contextos para establecer las políticas de acceso a ser utilizada por cada entidad SNMP. Las vistas MIB son un conjunto de secciones incluidas o excluidas de una MIB. Por ejemplo: la MIB-II tiene los grupos ip, icmp, tcp, entre otros. De los cuales se puede incluir icmp y tcp en una vista MIB. Los contextos son una lista de objetos con diferentes políticas de acceso. Por ejemplo: [(objetoA, lectura), (objetoB, escritura), (objetoC, lectura y escritura),...].

1.1.6.5 Formación del mensaje SNMP en la versión 3

La formación del mensaje SNMP en la versión 3 es más compleja en comparación a la 1 y 2c. En la Figura 1.10 se muestra la formación del mensaje SNMP.

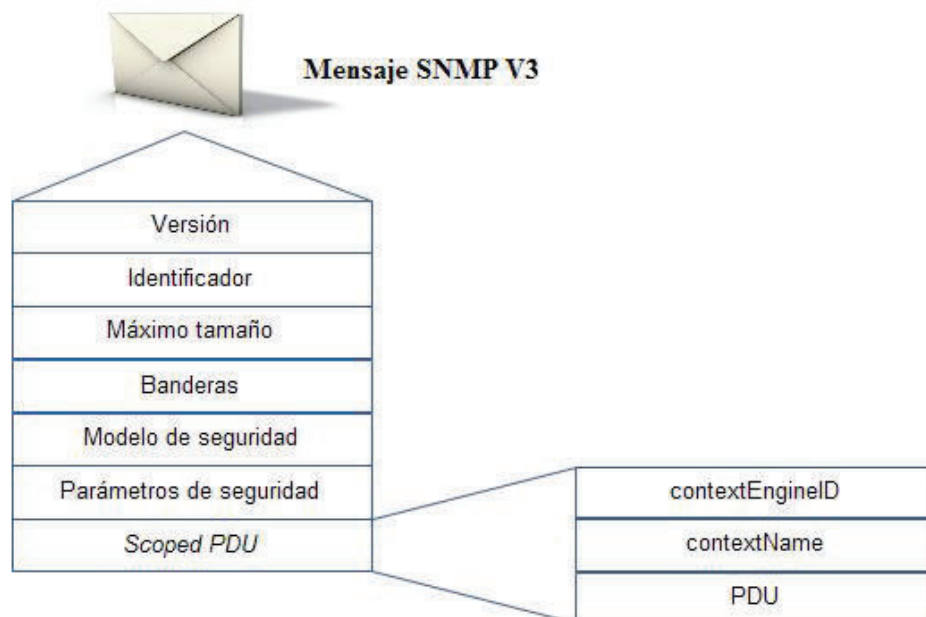


Figura 1.10 Formación del mensaje SNMP versión 3

Fuente: [4]

Los campos del mensaje presentados en la Figura 1.10 se describen a continuación:

- **Versión:** El campo tiene un número que toma el valor 3 para la versión 3 de SNMP.
- **Identificador:** El campo tiene un número usado entre las entidades SNMP (agente y gestor) para identificar el mensaje SNMP de forma única.
- **Máximo tamaño:** El campo tiene un número que indica el tamaño máximo del mensaje SNMP que el remitente puede enviar.
- **Banderas:** El campo tiene una cadena de caracteres que contiene cuatro banderas para procesar el mensaje, las cuales son:
 - *Reserved:* Reservado para uso futuro.
 - *ReportableFlag:* Indica si se debe retornar una PDU de reporte al remitente con 1 y con 0 no es devuelto.
 - *PrivFlag:* Indica si se usa privacidad (cifrado) en el mensaje, con 1 lo implementa y con 0 no.
 - *AuthFlag:* Indica si se usa autenticación en el mensaje, con 1 lo implementa y con 0 no.
- **Modelo de seguridad:** El campo tiene un número que indica el modelo de seguridad a usar. El valor es 3 para USM.
- **Parámetros de seguridad:** El campo tiene un conjunto de parámetros que sirven para procesar un modelo de seguridad específico.
- **ScopePDU:** *ScopedPDU* contiene la PDU a ser transmitida. El campo puede estar cifrado si se especifica en el campo *PrivFlag*. *ScopedPDU* está conformada por tres campos, los cuales son:
 - **contextEngineID:** Tiene una cadena de caracteres que indica el motor de procesamiento (v1, v2c y v3) a utilizarse con la PDU.
 - **contextName:** Posee una cadena de caracteres que identifica el contexto asociada a la PDU.
 - **PDU:** El campo contiene la PDU a ser transmitida.

1.2 DATA CENTER [8]

Un *Data Center* es un espacio físico utilizado para el procesamiento de la información de una organización, está diseñado para albergar adecuadamente los equipos, por esta razón, debe tener un sistema de aire acondicionado para controlar la temperatura y humedad del lugar, un sistema eléctrico estable para alimentar a los equipos, un sistema contra incendios para controlar el fuego en caso de emergencia, un sistema de video vigilancia para observar el acceso del personal a la instalación, entre otros. En la Figura 1.11 se muestran los sistemas de un *Data Center*.

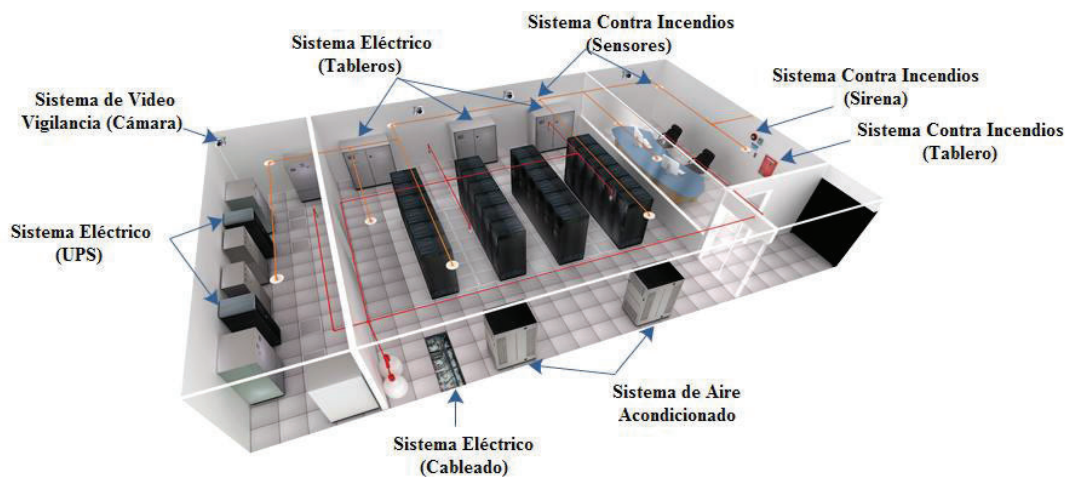


Figura 1.11 Sistemas de un *Data Center*

Fuente: [9]

Los sistemas del *Data Center* a describirse son: el sistema eléctrico, el sistema de aire acondicionado y el sistema contra incendios.

1.2.1 SISTEMA CONTRA INCENDIOS

El sistema contra incendios es una medida de seguridad para el *Data Center*, esta medida de seguridad permite detectar, controlar y notificar la presencia de fuego al personal. El sistema debe ser capaz de activar la alarma de manera automática, con el fin de controlar la propagación del fuego y del humo.

El sistema contra incendios tiene varios componentes, los cuales se muestran en la Figura 1.12.

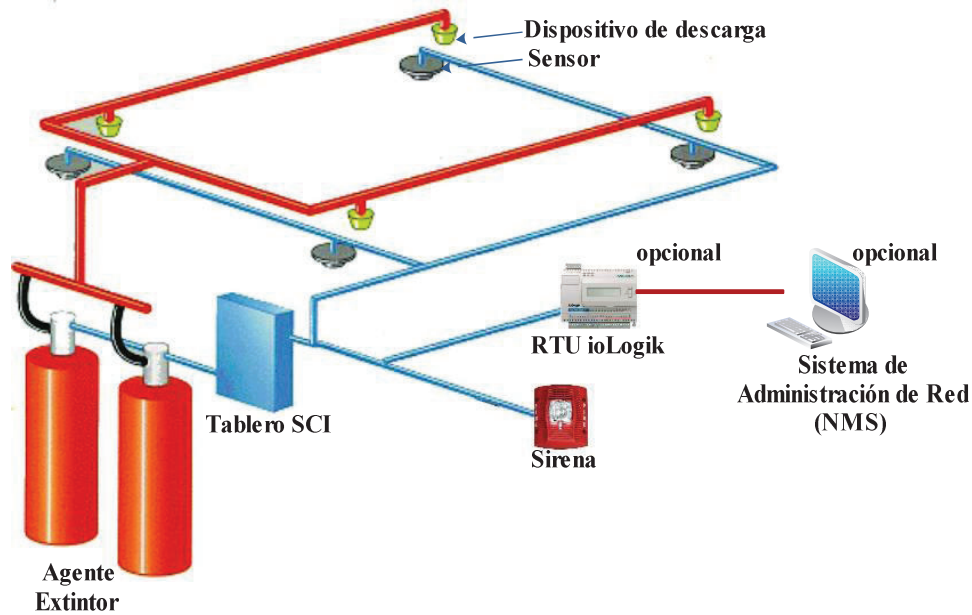


Figura 1.12 Componentes de un sistema contra incendios

Fuente: [10]

La Figura 1.12 tiene los siguientes componentes:

- **Sensor:** El sensor permite la detección de calor, detección de gases (peligrosos, inflamables y explosivos), detección de humo y los informa al tablero SCI (Sistema Contra Incendios).
- **Tablero SCI (Sistema Contra Incendios):** El tablero SCI es el cerebro del sistema contra incendios, porque controla el agente extintor, controla la sirena, controla los dispositivos de descarga y recibe los datos de los sensores conectados. El tablero se programa para que funcione según los requerimientos del usuario.
- **Sirena:** La sirena envía una señal sonora y visual para notificar a los usuarios de una emergencia. La sirena se activa por orden del tablero SCI en una emergencia.
- **Agente extintor:** El agente extintor es una sustancia que gracias a sus propiedades físicas y químicas apaga el fuego.
- **Dispositivo de descarga:** El dispositivo de descarga permite la liberación del agente extintor.

- **RTU²³ ioLogik:** El RTU ioLogik²⁴ es un componente opcional del sistema contra incendios y permite monitorear el tablero para informar al NMS.
- **NMS:** El NMS es un componente opcional del sistema contra incendios y permite monitorear el tablero a través del RTU ioLogik.

1.2.2 SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

El sistema de aire acondicionado del *Data Center* sirve para controlar la temperatura y humedad del lugar. El sistema puede contener tres tipos de aires acondicionados: confort, semi-precisión y precisión. Las características de los aires de confort y precisión se presentan en la Tabla 1.2.

Parámetros	Aire acondicionado de confort	Aire acondicionado de precisión
Aplicación	Personas	Equipos
Temperatura de operación	22°C +/- 1°C	22°C +/- 1°C
Humedad	30-40%	5-15%
Calor seco	60-70%	85-95%
Tiempo funcionamiento	8 horas/día	24 horas/día
Filtrado	Limitado	Altos niveles de filtrado
Flujo de Aire	350 a 400 CFM/Ton ²⁵	500 a 600 CFM/Ton

Tabla 1.2 Aires acondicionados de precisión y confort

Fuente: [11]

Los tipos de aires acondicionados de la Tabla 1.2 se describen a continuación:

- El aire acondicionado de precisión se dedica entre un 85-95% al remover el calor seco y un 5-15% a remover la humedad. Por otro lado, el sistema de aire acondicionado de confort se dedica entre un 60-70% a remover el calor seco y un 30-40% a remover la humedad.

²³ **RTU (Remote Terminal Unit):** El RTU es un equipo que permite obtener señales físicas de los procesos y enviar las señales a una estación de administración, como SCADA.

²⁴ **RTU ioLogik:** El RTU ioLogik es un micro controlador RTU que permite el envío de señales del mundo físico a las estaciones de administración de SCADA y NMS.

²⁵ **CFM/Ton:** Es una unidad que mide el flujo de gas o líquido que pasa por una sección en un tiempo determinado. El CFM está expresado en pies cúbicos por minuto (pie³/min) y Ton o tonelada es una unidad de peso.

- El aire acondicionado de confort está diseñado para proporcionar un ambiente agradable a las personas y no se debe usar para climatizar un *Data Center*.
- El aire acondicionado de precisión está diseñado para climatizar un *Data Center*, dado esto: extrae más calor seco (85-95%), soporta un funcionamiento permanente (24 horas/año) y proporciona suficiente flujo de aire (500 a 600 CFM/Ton) según lo exigido por los fabricantes de los equipos para *Data Centers*.

1.2.3 SISTEMA ELÉCTRICO [9]

El sistema eléctrico en el *Data Center* sirve para alimentar con energía eléctrica estable a los equipos. Para el diseño e instalación de un sistema eléctrico usualmente se sigue las recomendaciones de la norma TIA 942²⁶ “*Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers*” referente al sistema eléctrico. La norma considera lo siguiente: cortocircuitos, cortes de energía eléctrica, fallas en los equipos y tareas habituales en el mantenimiento de la instalación eléctrica.

La norma TIA 942 establece cuatro categorías (*Tier*) de los aspectos necesarios para la instalación del sistema eléctrico, dichas categorías son las siguientes:

1.2.3.1 *Tier* 1: Básica

La Figura 1.13 “Instalación del sistema eléctrico de un *Data Center Tier I*” presenta las siguientes características:

- Posee componentes (UPS²⁷, PDU²⁸, aire acondicionado y GE²⁹) de fallo simple, es decir, sin respaldo y en caso de fallo en algún componente afectará el servicio del *Data Center*.

²⁶ **TIA 942 (*Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers*):** La norma provee una serie de recomendaciones para el diseño e instalación de la infraestructura del *Data Center*.

²⁷ **UPS (*Uninterruptible Power Supply*):** Un UPS es un equipo que proporciona energía eléctrica por un tiempo durante un apagón a una cantidad limitada de dispositivos.

²⁸ **PDU (*Power Distribution Unit*):** La PDU es un equipo con salidas múltiples, diseñado para distribuir energía eléctrica a nivel de rack.

²⁹ **GE (*Electric Generator*):** Un GE es un equipo capaz de mantener una diferencia de cargas eléctricas entre dos puntos, es decir voltaje.

- Contiene un UPS que provee energía eléctrica a los equipos críticos durante un tiempo, si existe un corte en la energía pública y fallo en el GE.
- No es posible realizar un mantenimiento en los tableros³⁰, PDU y aire acondicionado sin precisar un corte eléctrico en los equipos críticos.

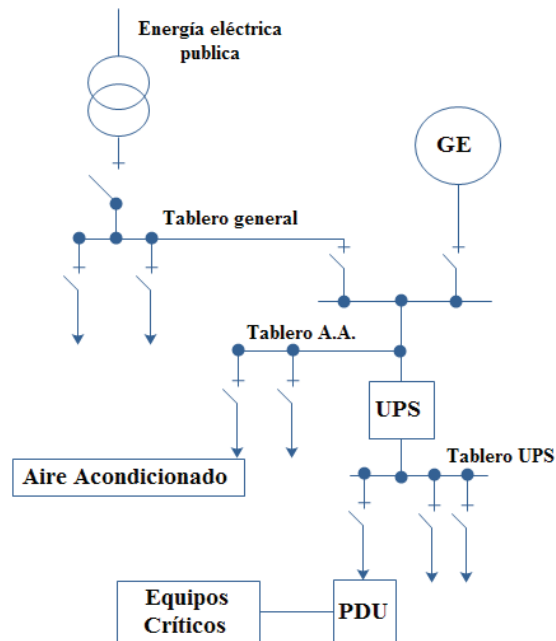


Figura 1.13 Instalación del sistema eléctrico de un *Data Center Tier I*

Fuente: [9]

1.2.3.2 Tier 2: Sistema redundante

La instalación del sistema eléctrico de la Figura 1.14 “Instalación del sistema eléctrico de un *Data Center Tier II*” se caracteriza por lo siguiente:

- Tiene redundancia a nivel de UPS, GE y aire acondicionado.
- Soporta la falla de un componente (UPS, GE y aire acondicionado) sin tener que paralizar su servicio.
- Posee una línea de distribución de energía eléctrica a los equipos críticos.
- No es capaz de realizar un mantenimiento en los tableros y PDU sin precisar un corte eléctrico en los equipos críticos.

³⁰ **Tablero:** El tablero en un sistema eléctrico es una caja o gabinete donde se montan los interruptores, cortacircuitos, fusibles y el medidor de consumo.

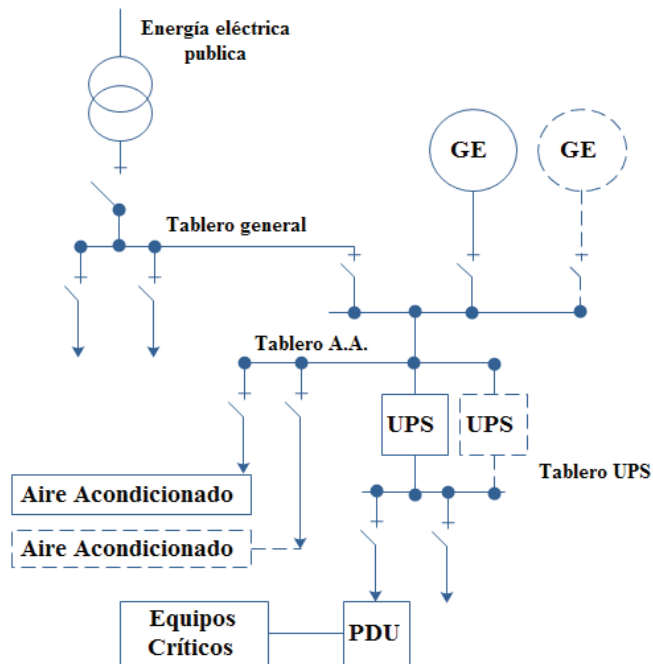


Figura 1.14 Instalación del sistema eléctrico de un *Data Center Tier II*

Fuente: [9]

1.2.3.3 Tier 3: Mantenimiento con servicio

En la Figura 1.15 se muestra la instalación del sistema eléctrico de un *Data Center Tier III*.

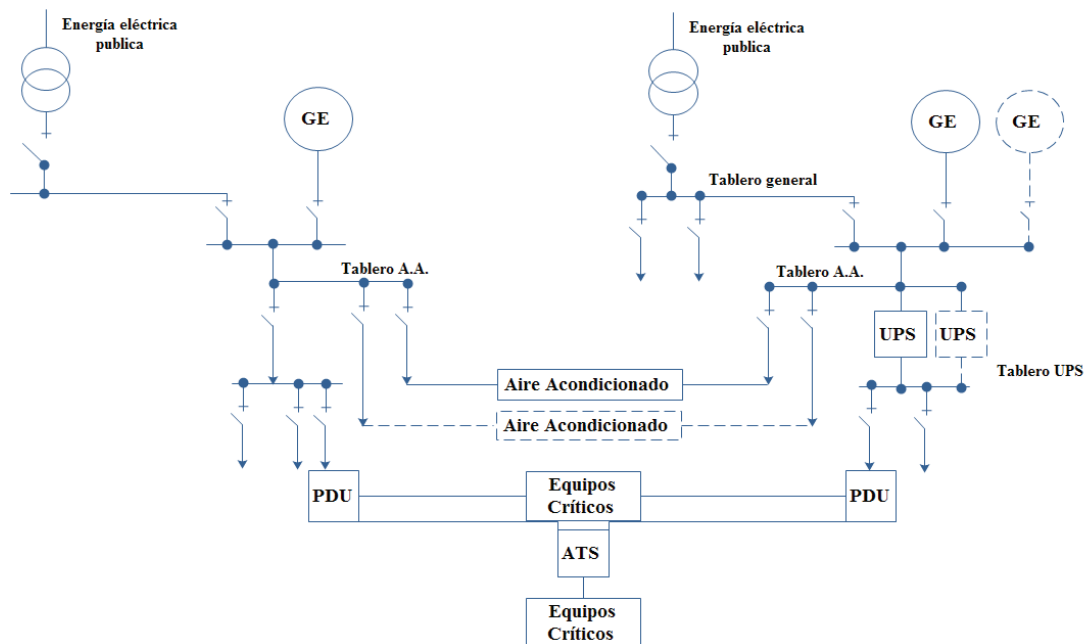


Figura 1.15 Instalación del sistema eléctrico de un *Data Center Tier III*

Fuente: [9]

La instalación del sistema eléctrico de la Figura 1.15 se caracteriza por lo siguiente:

- Incorpora dos líneas de distribución de energía eléctrica, de las cuales solo una está habilitada mientras la otra sirve de respaldo.
- Contiene equipos críticos que soportan doble entrada de alimentación eléctrica, si no lo soportan son alimentados por un Sistema de Transferencia Automática (ATS³¹).
- Soporta el fallo de un componente de la línea de distribución sin precisar ningún corte en el servicio.
- Soporta el mantenimiento programado de un tablero UPS, un tablero A/A (Aire Acondicionado) y un tablero general sin precisar ningún corte en el servicio.

1.2.3.4 Tier 4: Tolerante a fallas inesperadas

En la Figura 1.16 se muestra la instalación del sistema eléctrico de un *Data Center Tier IV*.

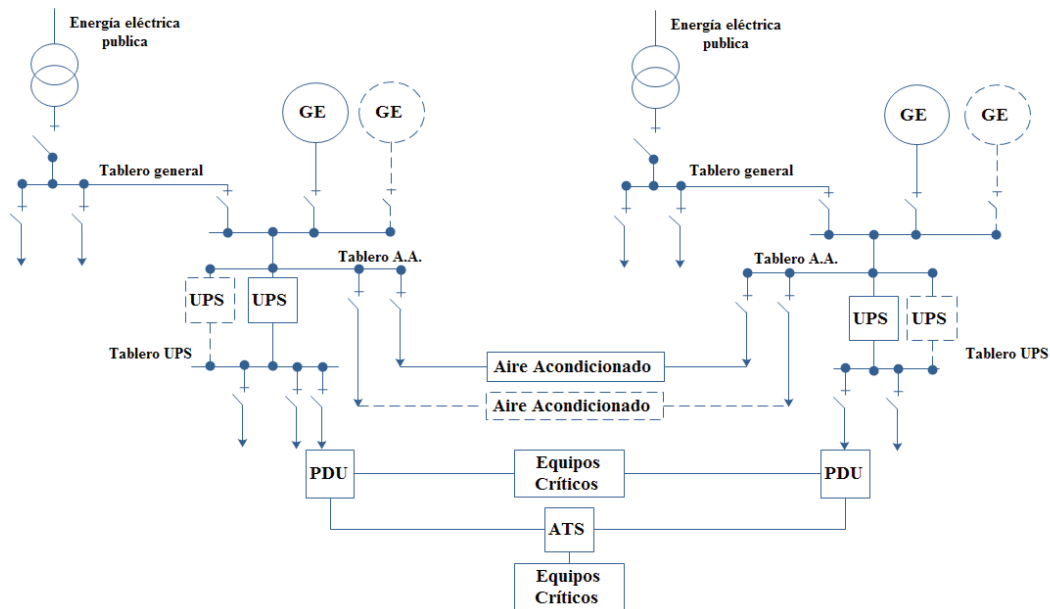


Figura 1.16 Instalación del sistema eléctrico de un *Data Center Tier IV*

Fuente: [9]

³¹ **ATS (Automatic Transfer Switch):** El ATS es un equipo que garantiza la alimentación redundante en la carga por medio de la conmutación de las fuentes de alimentación eléctrica.

En la Figura 1.16 se puede observar lo siguiente:

- Posee redundancia $2x(N+1)$. Es decir, en las dos líneas de distribución eléctrica se tienen componentes (GE, UPS) redundantes.
- Tiene diferentes canalizaciones en cada línea de distribución eléctrica, para evitar que un accidente afecte a las dos líneas.
- Incorpora equipos críticos que soportan doble entrada de alimentación eléctrica, si no lo soportan son alimentados por un ATS.

1.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS INDUSTRIALES

En esta sección se describirán las características de los equipos industriales presentes en un *Data Center* que fue construido por la empresa PIL S.A. El listado de los equipos industriales presentes en el *Data Center* se muestra en la Tabla 1.3.

Equipo Industriales	Modelo	Fabricante	Sistema del <i>Data Center</i>
Sistema de Alimentación Ininterrumpida (UPS)	Symmetra LX 16.000	APC	Sistema eléctrico
Unidad de Distribución de Energía (PDU)	AP8858NA3	APC	Sistema eléctrico
Sistema de Transferencia Automática (ATS)	AP7752	APC	Sistema eléctrico
Unidad Terminal Remota (RTU)	ioLogik E2210	MOXA	Sistema contra incendios
Aire acondicionado de precisión	BF-067	EMERSON	Sistema de aire acondicionado
Monitoreo Remoto de Medio Ambiente (NetBotz)	550	APC	-

Tabla 1.3 Listado de los equipos industriales presentes en el *Data Center*

A continuación se abordarán las características de cada equipo con el fin de conocer su funcionalidad.

1.3.1 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA (UPS)

Un Sistema de Alimentación Ininterrumpida proporciona energía eléctrica a una cantidad limitada de equipos durante un corte en la fuente de alimentación. Además, mejora la calidad de la energía eléctrica que llega a las cargas, mediante el filtrado de las variaciones de tensión y eliminación de armónicos en la red, en caso de usar corriente alterna.

Un UPS entrega energía eléctrica a equipos críticos, como: servidores, routers, switches y aires acondicionados que requieren tener siempre alimentación de calidad, debido a la necesidad de estar en todo momento operativos. Existen varios tipos de UPS que cuentan con diferentes circuitos auxiliares entre ellos el UPS *On-Line* de doble conversión descrito a continuación.

1.3.1.1 UPS *On-Line* de doble conversión [12]

Los UPS *On-Line* de doble conversión son los más comunes para rangos superiores a los 10 kVA. En la Figura 1.17 se muestra el diagrama de bloques del UPS *On-line* de doble conversión.

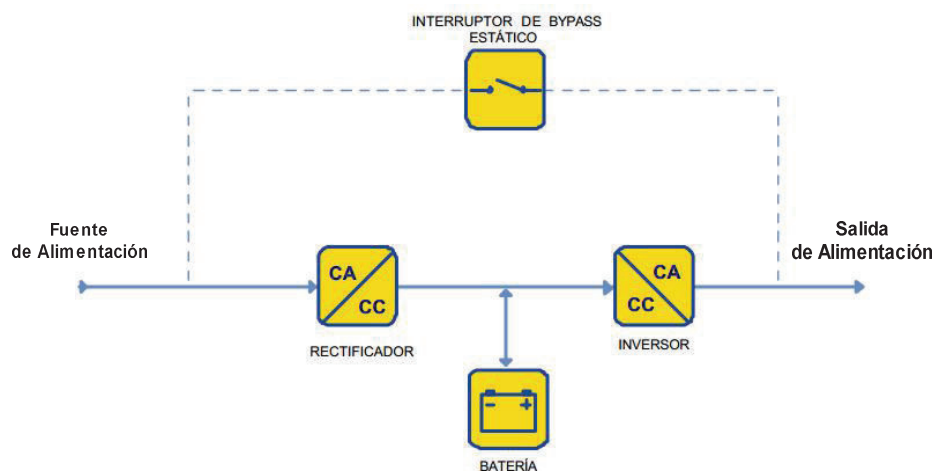


Figura 1.17 Diagrama de bloques del UPS *On-line* de doble conversión

Fuente: [12]

Los bloques “rectificador”, “batería”, “inversor”, e “interruptor de *bypass* estático” mostrado en la Figura 1.17 se describen a continuación:

- **Rectificador:** El rectificador permite transformar la energía eléctrica de CA³² obtenida de la fuente de alimentación a CC³³ para que pueda ser usada por la batería y el inversor.
- **Batería:** La batería almacena energía eléctrica para un uso futuro. La batería se carga si la fuente de alimentación está presente, si la fuente no está presente las baterías son usadas para alimentar al inversor.
- **Inversor:** El inversor transforma la energía eléctrica de CC obtenida del rectificador (si existe fuente de alimentación) o de la batería (si no existe fuente de alimentación) a CA.
- **Interruptor de *bypass* estático:** El interruptor de *bypass* estático es manual y permite conectar directamente la fuente de alimentación con la salida de alimentación.

1.3.1.2 UPS modelo “Symmetra LX 16.000” [13]

El UPS *On-Line* de doble conversión modelo “Symmetra LX 16.000” fabricado por APC tiene una capacidad de 16 kVA. En la Tabla 1.4 se muestran las características técnicas del UPS.

Características técnicas del UPS “Symmetra LX 16.000”	
Salida	Potencia de salida: 11.2 KW / 16 KVA Voltaje de salida nominal: 230V Frecuencia de salida: 47-63 Hz Tipo de forma de onda: Onda senoidal
Entrada	Voltaje nominal de entrada: 230V, 400V Frecuencia de entrada: 45-65 Hz (auto detectable) Rango de voltaje de entrada: 155V – 276V y 290V – 480V

Tabla 1.4 Características técnicas del UPS “Symmetra LX 16.000” (Parte I)

³² **CA (Corriente Alterna):** Es el flujo discontinuo de corriente eléctrica en donde el sentido de la corriente cambia en el tiempo. La forma de oscilación de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la de una oscilación senoidal.

³³ **CC (Corriente Continua):** Es el flujo continuo de corriente eléctrica en donde el sentido de la corriente no cambia en el tiempo.

Características técnicas del UPS “Symmetra LX 16.000”	
Baterías	Tipo de batería: Batería de plomo-ácido ³⁴ , hermética. Módulos de baterías: 4 Tiempo típico de recarga: 3 horas
Comunicación	Puertos disponibles: DB-9, RS-232 y RJ-45.

Tabla 1.4 Características técnicas del UPS “Symmetra LX 16.000” (Parte II)

En la Figura 1.18 se muestra el UPS modelo “Symmetra LX 16.000”.



Figura 1.18 UPS modelo “Symmetra LX 16.000”

Fuente: [13]

1.3.2 UNIDAD DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA (PDU) [14]

La Unidad de Distribución de Energía es un equipo con salidas múltiples, diseñado para distribuir energía eléctrica a nivel de rack. Las más recientes incorporan múltiples funciones, como: filtrado de potencia para disminuir las variaciones de energía y monitoreo remoto mediante HTTP, SNMP y Telnet. En la Figura 1.19 se muestra la localización de la PDU para rack.

³⁴ **Batería de plomo-ácido:** Es un tipo de batería muy común que suelen proporcionar voltajes de 6V, 12V u otro múltiplo de 2. Además pueden suministrar intensidades de corriente relativamente grandes.

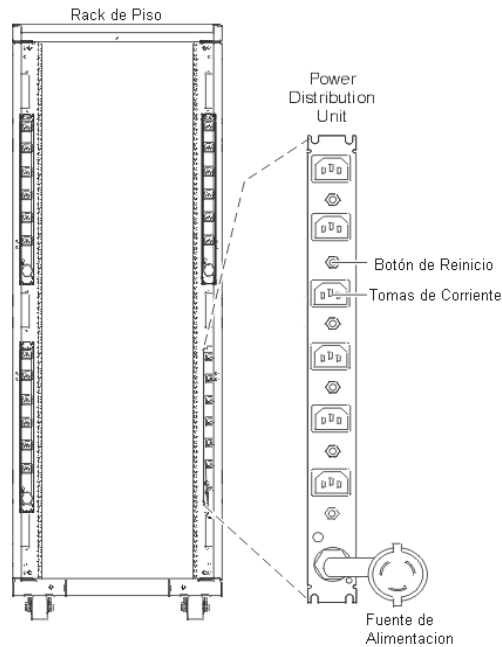


Figura 1.19 Localización de la PDU para rack

Fuente: [14]

1.3.2.1 PDU modelo “AP8858NA3” [14]

La PDU para rack “AP8858NA3” fabricado por APC tiene las siguientes características: tiene una pantalla tipo LCD, permite la optimización energética, tiene protección de circuitos, soporta umbrales de alarma para reducir el riesgo de potenciales sobrecargas y tiene capacidad de gestión remota, por lo tanto, los usuarios pueden acceder vía HTTP, SNMP y Telnet para configurarla. En la Figura 1.20 se muestra la PDU modelo “AP8858NA3”.

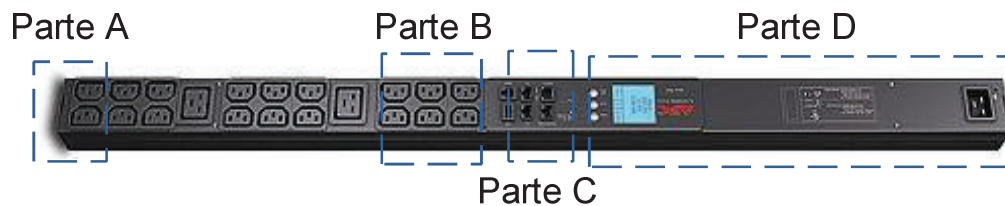


Figura 1.20 PDU modelo “AP8858NA3”

Fuente: [14]

La Figura 1.20 mostrada se tienen las siguientes partes:

- **Parte A:** Es la entrada de alimentación eléctrica del equipo.

- **Parte B:** Es una pantalla tipo LCD con botones incorporados en la parte lateral para interactuar con el equipo.
- **Parte C:** Es una sección de la PDU que tiene: un puerto de comunicación RJ-45, un puerto para la conexión de un sensor de temperatura y humedad, un puerto CAN³⁵ y un USB para la transferencia de información.
- **Parte D:** Son las salidas de alimentación eléctrica del equipo.

En la Tabla 1.5 se muestran las características técnicas de la PDU “AP8858NA3”.




Características técnicas de la PDU “AP8858NA3”	
Salida	Voltaje de salida nominal: 208V Corriente máxima soportada: 16A Protección de sobrecarga: No Conexiones de salida: <ul style="list-style-type: none"> • 18 conexiones tipo IEC 320 C13  • 2 conexiones tipo IEC 320 C19 
Entrada	Voltaje nominal de entrada: 200V, 208V, 230V Frecuencia de entrada: 50/60Hz Corriente máxima soportada por fase: 20A Conexión de entrada: <ul style="list-style-type: none"> • 1 conexión tipo NEMA L6-20P 

Tabla 1.5 Características técnicas de la PDU “AP8858NA3”

1.3.3 SISTEMA DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA (ATS) [15]

El Sistema de Transferencia Automática es un equipo que garantiza la alimentación redundante en la carga, a través de la conmutación automática de las fuentes de alimentación eléctrica.

El diagrama unifilar del sistema de transferencia automática de la Figura 1.21 tienen dos entradas de alimentación, fuente A y fuente B, de las cuales solo una se usa para alimentar la carga. La fuente escogida como primera opción se la denomina la fuente preferente y es seleccionada por el usuario. Si por alguna

³⁵ **CAN (Controller Area Network):** Es un protocolo de comunicación basado en una topología bus para la transmisión de mensajes en entornos distribuidos.

razón, la fuente preferente llega a fallar pasa a tomar el control la otra fuente, esto lo realiza el equipo de forma automáticamente con conmutación del “Interruptor A” e “Interruptor B”.

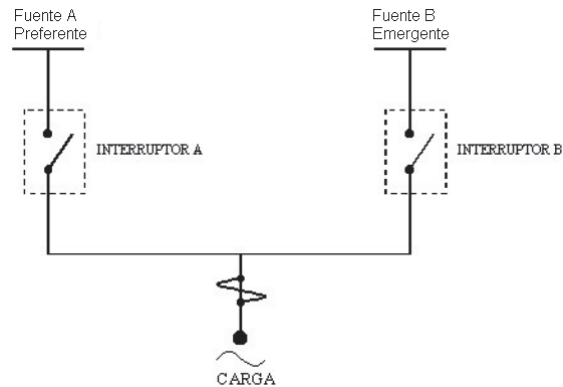


Figura 1.21 Diagrama unifilar del sistema de transferencia automática
Fuente [15]

1.3.3.1 ATS modelo “AP7752” [16]

El ATS modelo “AP7752” fabricado por APC proporciona energía fiable y redundante mediante la alimentación de entrada doble. El ATS soporta la gestión vía remota, por lo tanto, el usuario puede acceder al equipo por HTTP, SNMP y Telnet. En la Tabla 1.6 se muestran las características técnicas del ATS “AP7752”.



Características técnicas del ATS “AP7752”	
Salida	Máxima tensión total consumida por fase: 10A Protección de sobrecarga: No Conexiones de salida: <ul style="list-style-type: none"> • 10 conexiones tipo IEC 320 C13 
Entrada	Voltaje nominal de entrada: 200V, 208V, 230V Frecuencia de entrada: 47-63Hz Corriente de línea máxima: 10A Conexiones de entrada: <ul style="list-style-type: none"> • 2 conexión tipo IEC 320 C14 

Tabla 1.6 Características técnicas del ATS “AP7752”

En la Figura 1.22 se muestra el ATS modelo “AP7752”.

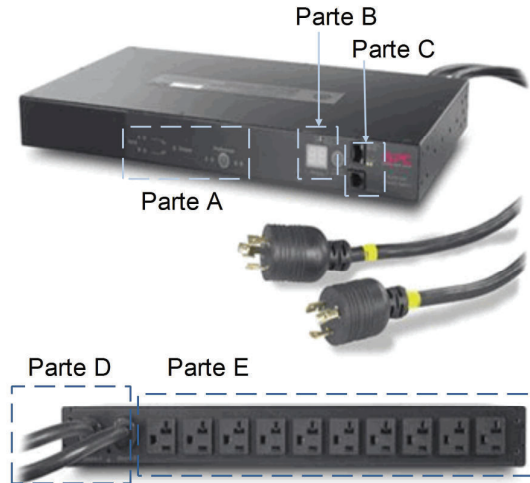


Figura 1.22 ATS modelo “AP7752”

Fuente: [16]

La Figura 1.22 presenta las siguientes partes:

- **Parte A:** Es un botón que permite seleccionar la fuente preferente.
- **Parte B:** Es una pantalla que indica la cantidad de carga conectada.
- **Parte C:** Son dos puertos de comunicación RJ-45 y RJ-11³⁶.
- **Parte D:** Son dos entradas para las fuentes de alimentación.
- **Parte E:** Son las salidas de alimentación del equipo.

1.3.4 UNIDAD TERMINAL REMOTA (RTU)

La Unidad Terminal Remota es un dispositivo electrónico con un microprocesador interno, su función es obtener señales del mundo físico y enviarlas a una estación de administración que generalmente es SCADA³⁷.

1.3.4.1 RTU modelo “ioLogik E2210” [17]

El RTU modelo ioLogik E2210 es un tipo de micro controlador RTU que permite el envío de señales del mundo físico a las estaciones de administración de SCADA y NMS. En la Figura 1.23 se muestra la RTU modelo “ioLogik E2210”.

³⁶ **RJ11:** Es un conector que tiene cuatro contactos para soportar dos pares de cables.

³⁷ **SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition):** Es una aplicación que permite controlar y supervisar procesos industriales de manera remota.

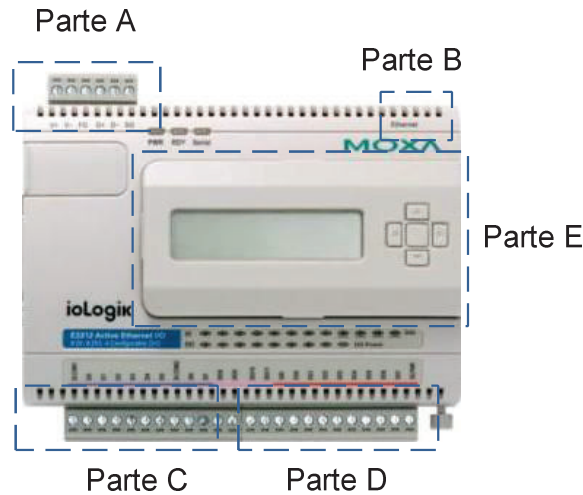


Figura 1.23 RTU modelo ioLogik E2210

Fuente: [17]

La Figura 1.23 se conforma de las siguientes partes:

- **Parte A:** Es un puerto de comunicación RS-485-2W³⁸.
- **Parte B:** Es un puerto de comunicación RJ-45.
- **Parte C:** Son doce puertos de entrada digitales. Los puertos son del tipo contacto seco³⁹ y contacto mojado⁴⁰.
- **Parte D:** Son ocho puertos de salida digitales. Los puertos pueden proporcionar 24 voltios de corriente continua.
- **Parte E:** Es una pantalla tipo LCD con botones en la parte lateral que permite interactuar con el equipo para obtener información y configurarlo.

El RTU ioLogik E2210 incorpora el software *Click & Go* que permite el control simple por eventos. Es decir, el usuario puede programar en el equipo un algoritmo lógico basándose en el estado de los puertos de entrada. El RTU se basa en el algoritmo para tomar alguna acción, como: activar y desactivar los puertos de salida y enviar un correo electrónico de notificación.

³⁸ **RS-485-2W:** Es un puerto que tiene tres pines Data-, Data+ y GND. El puerto es usado para comunicarse con la estación de administración SCADA.

³⁹ **Contacto seco:** Es la forma de comunicación más simple, permite conocer el estado abierto o cerrado de un elemento y se caracteriza por no recibir energía eléctrica del elemento.

⁴⁰ **Contacto mojado:** Es la forma de comunicación más simple, permite conocer el estado abierto o cerrado de un elemento y se caracteriza por recibir energía eléctrica del elemento.

1.3.5 NETBOTZ RACK MONITOR [18]

La serie de equipos NetBotz Rack Monitor son una solución de monitoreo y control para un *Data Center*. Son fabricados por APC y aumentan la seguridad en el *Data Center* con el monitoreo de varios datos, como: temperatura, humedad, niveles de ruido, video vigilancia, entre otros. Los datos son obtenidos por sensores incorporados. En la Figura 1.24 se muestra el NetBotz Rack Monitor modelo 550.

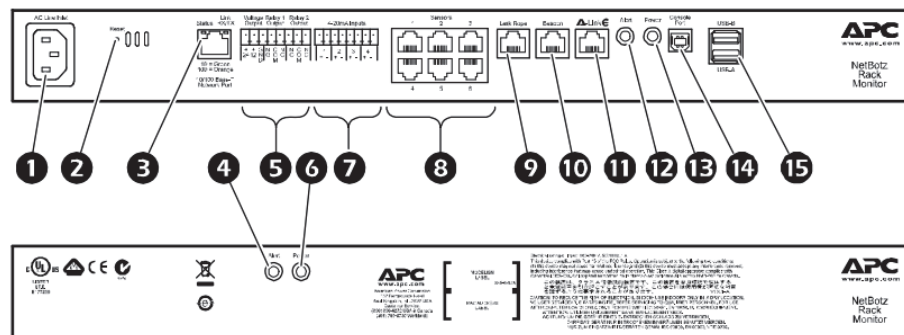


Figura 1.24 NetBotz Rack Monitor modelo 550

Fuente: [18]

La Figura 1.24 posee los siguientes elementos:

1. Conector eléctrico para alimentar el equipo.
2. Pequeño botón para reiniciar el dispositivo.
3. Puerto RJ-45 que permite la conexión a red.
4. Led que indica el estado de alerta.
5. Fuente de alimentación eléctrica que proporciona 12V de CC.
6. Led que se enciende al momento de recibir energía eléctrica.
7. Puertos usados para conectar sensores de medición de amperaje, en un rango de 4 a 20 mA.
8. Seis puertos usados para la conexión de sensores (temperatura, humedad, nivel de ruido, etc).
9. Puerto especial para la conexión de un sensor de detección de fluido de una sustancia líquida.
10. Puerto especial para la conexión de un sensor tipo sirena, este sensor alerta rápidamente al personal en situaciones críticas.
11. Puerto que permite la comunicación con otro equipo NetBotz.

12. Led de alerta similar al ítem 4.
13. Led que indica si el equipo está recibiendo energía eléctrica.
14. Puerto que permite la comunicación del equipo con una computadora vía USB.
15. Dos puertos USB utilizados para conectar sensores.

Los sensores son los responsables de obtener datos del *Data Center* y comunicarlos al NetBotz. A continuación se describen tres sensores:

- **Sensor de temperatura y humedad:** El sensor permite capturar la temperatura, humedad y el punto de rocío del *Data Center*. En la Figura 1.25 se muestra el sensor de temperatura y humedad.



Figura 1.25 Sensor de temperatura y humedad

Fuente [19]

- **Sensor de alarma baliza:** El sensor permite notificar inmediatamente al personal de situaciones críticas con una señal visual y sonora. En la Figura 1.26 se muestra el sensor de alarma baliza.



Figura 1.26 Sensor de alarma baliza

Fuente [19]

- **Sensor de cámara pod:** El sensor es una videocámara que permite vigilar el *Data Center*. El sensor se conecta al puerto USB del NetBotz y tiene el software *Advanced Pack #1*, el software detecta la apertura de la puerta y activa la grabación. En la Figura 1.27 se muestra el sensor de cámara pod.



Figura 1.27 Sensor de cámara pod

Fuente [19]

En el presente Proyecto de Titulación se utilizará el NetBotz Rack Monitor 550 con el sensor de temperatura y humedad únicamente.

1.3.6 AIRE ACONDICIONADO

Los aires acondicionados más completos realizan un tratamiento del aire, porque regulan las condiciones de temperatura, humedad, limpieza y el flujo dentro del *Data Center*.

1.3.6.1 Mecanismos del aire acondicionado

Los mecanismos que debe cumplir son:

- En verano se utilizan los mecanismos de enfriamiento y deshumidificación.
- En invierno se utilizan los mecanismos de calentamiento y humidificación.
- En verano e invierno se utiliza el mecanismo de ventilación.

1.3.6.1.1 Enfriamiento y deshumidificación

La función de enfriamiento y deshumidificación se realiza en verano en forma simultánea en la batería de refrigeración⁴¹. La deshumidificación remueve la humedad del aire por condensación, para esto trabaja la batería de refrigeración a una temperatura inferior al punto de rocío⁴².

⁴¹ **Batería de refrigeración:** Es un intercambiador de calor tipo tubos, usado para el enfriamiento del ambiente.

⁴² **Punto de rocío:** El punto de rocío es el valor de temperatura para condensar el vapor de agua contenido en el aire.

1.3.6.1.2 Calentamiento

El calentamiento del aire se efectúa en invierno en la batería de calefacción⁴³. La batería de calefacción puede ser de agua caliente o vapor y se conecta mediante cañerías al equipo.

1.3.6.1.3 Humidificación

La humidificación del aire se efectúa en invierno en el humectador, el humectador usualmente se coloca después de la batería de calefacción dado que el aire caliente tiene la propiedad de absorber más humedad.

1.3.6.1.4 Ventilación

La ventilación del aire se efectúa tanto en verano como en invierno. La ventilación consiste en la entrada de aire desde el exterior al interior de la habitación para renovar el ambiente de impurezas (polvo, gases, etc.).

1.3.6.2 Aire acondicionado de precisión modelo “BF-067” [20]

En la Figura 1.28 se muestra el acondicionamiento de aire modelo “BF-067” fabricado por Emerson.

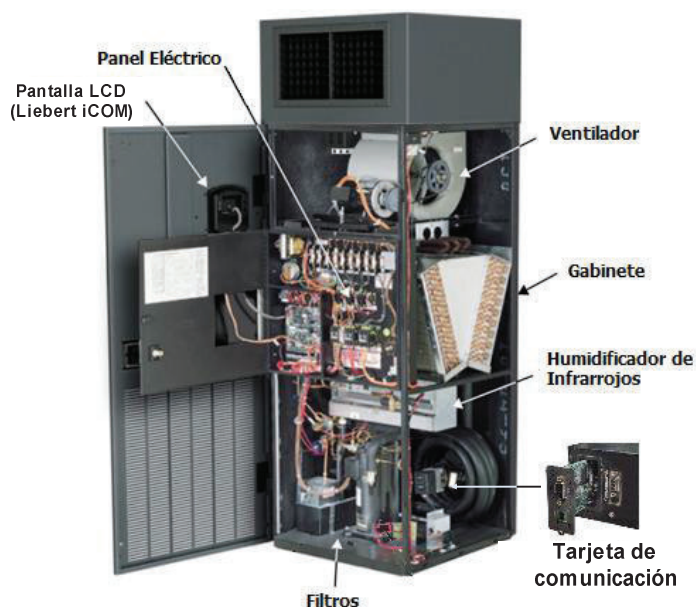


Figura 1.28 Acondicionamiento de aire de precisión modelo “BF-067”

Fuente [20]

⁴³ **Batería de calefacción:** La batería de calefacción es un dispositivo que incorpora calor al ambiente.

La Figura 1.28 contiene los siguientes elementos:

- **Gabinete:** Es una estructura de acero recubierta con una pintura negra especial para prevenir la corrosión por humedad.
- **Panel eléctrico:** El panel eléctrico contiene componentes de alta tensión y están protegidos por un dispositivo de sobre carga. Para proteger al personal de los componentes de alta tensión existe un panel frontal.
- **Ventilador:** El ventilador está montado sobre aisladores para un funcionamiento libre de vibraciones. El diseño del ventilador proporciona una distribución uniforme de aire.
- **Humidificador:** El humidificador tiene lámparas infrarrojas para proporcionar energía radiante al agua permitiendo su evaporación, sin sólidos.
- **Filtros:** Los filtros eliminan polvo, humo y otros contaminantes que pueden afectar a las vías respiratorias. Los filtros se encuentran dentro del gabinete y son accesibles desde la parte frontal del equipo.
- **Pantalla LCD (Liebert iCom):** Pantalla LCD con botones que permite configurar y observar datos de funcionamiento del equipo.
- **Tarjeta de comunicación:** Es una tarjeta de comunicación que soporta los siguientes protocolos: SNMP, Modbus TCP⁴⁴ y BACnet IP⁴⁵.

1.4 MIB DE LOS EQUIPOS INDUSTRIALES PRESENTES EN EL DATA CENTER

Para diseñar e implementar el sistema de monitoreo y control del presente Proyecto de Titulación es necesario analizar la MIB de los equipos industriales. La MIB contiene un conjunto de objetos que permiten la gestión de los equipos. Los objetos permitirán implementar en el sistema de monitoreo y control funciones, como: apagado del equipo, encendido del equipo, monitoreo del estado, detallados en la Sección 1.4.2.

⁴⁴ **Modbus TCP:** Es la evolución del protocolo Modbus dado que permite la implementación de este protocolo sobre redes Ethernet.

⁴⁵ **BACnet IP (*Building Automation and Control Networks*):** Es un protocolo de comunicación de datos diseñado para conectar diferentes aparatos electrónicos presentes en diferentes edificios.

1.4.1 ANÁLISIS DE LA MIB DE LOS EQUIPOS

En la Tabla 1.7 se observan cuatro MIB (POWERNET-MIB, MOXA-IO-E2210-MIB, NETBOTZ330-MIB y LIEBERT-GP-ENV-MIB), las cuales se analizarán con el objetivo de conocer sus características.

Base De Información De Gestión (MIB)	Descripción
POWERNET-MIB	Esta MIB es creada por la empresa APC para la gestión de los equipos que fabrican. La MIB se utilizará en la gestión de los siguientes equipos: PDU, UPS y ATS modelos “AP8858NA3” “AP7752” y “Symmetra LX 16.000” respectivamente.
MOXA-IO-E2210-MIB	Esta MIB es creada por la empresa MOXA para la gestión del equipo RTU ioLogik E2210.
NETBOTZ330-MIB	Esta MIB es creada por la empresa APC para la gestión de los equipos NetBotz 200, NetBotz 300, NetBotz 400, NetBotz 500 y NetBotz 550. La MIB se utilizará en la gestión del NetBotz 550.
LIEBERT-GP-ENV-MIB	Esta MIB es creada por la empresa Emerson para la gestión de los acondicionamientos de aire. La MIB se utilizará en la gestión del acondicionamiento de aire “BF-067”.

Tabla 1.7 Listado de las MIB

1.4.1.1 Base de Información de Gestión PowerNet-MIB

La MIB PowerNet-MIB versión 3.6.4 se usará para la gestión de los equipos ATS, UPS y PDU.

1.4.1.1.1 Grupos de automaticTransferSwitch de PowerNet-MIB [15]

Para la gestión del equipo ATS modelo “AP7752” se analizarán los grupos de automaticTransferSwitch perteneciente a la MIB PowerNet-MIB, los grupos se muestran en la Figura 1.29.

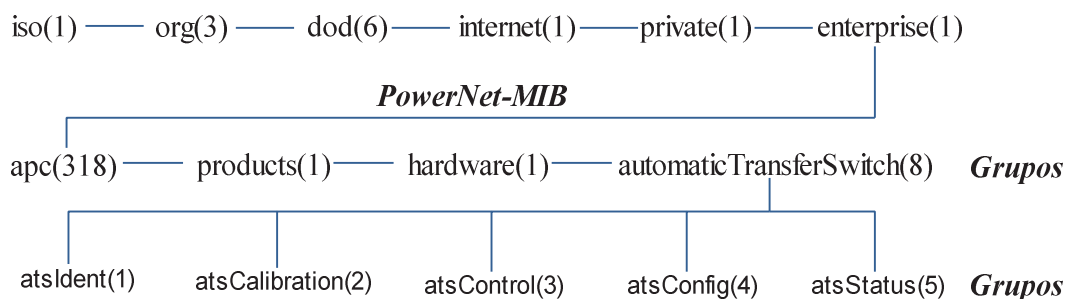


Figura 1.29 Grupos de automaticTransferSwitch

De la Figura 1.29 se aprecia que los elementos derivados del grupo apc(318) pertenecen a PowerNet-MIB. En la Tabla 1.8 se describen los grupos de automaticTransferSwitch.

Grupo	Descripción
atsIdent	El grupo atsIdent se conforma por 9 objetos para indicar las características de software y hardware del equipo. Por ejemplo el objeto atsIdentModelNumber indica el modelo del equipo.
atsCalibration	El grupo atsCalibration tiene 14 objetos para describir la calibración del equipo. La calibración es establecida en fábrica y no se puede modificar. Por ejemplo el objeto atsCalibrationPowerSupplyVoltages calibra número de fuentes de alimentación soportada por el equipo.
atsControl	El grupo atsControl tiene 2 objetos para controlar el equipo vía remota. El objeto atsControlResetATS resetea el equipo y el objeto atsControlClearAllAlarms limpia el historial de alarmas.
atsConfig	El grupo atsConfig posee 24 objetos para configurar el equipo. Por ejemplo el objeto atsConfigCurrentLimit permite configurar la carga máxima permitida.
atsStatus	El grupo atsStatus tiene 80 objetos para indicar el estado de los diferentes componentes del equipo. Por ejemplo el objeto atsStatusSwitchStatus indica el estado general del equipo.

Tabla 1.8 Grupos de automaticTransferSwitch

1.4.1.1.2 Grupos de UPS de PowerNet-MIB [13]

Para la gestión del equipo UPS modelo “Symmetra LX 16.000” se analizarán los grupos UPS perteneciente a la MIB PowerNet-MIB, los grupos se indican en la Figura 1.30.

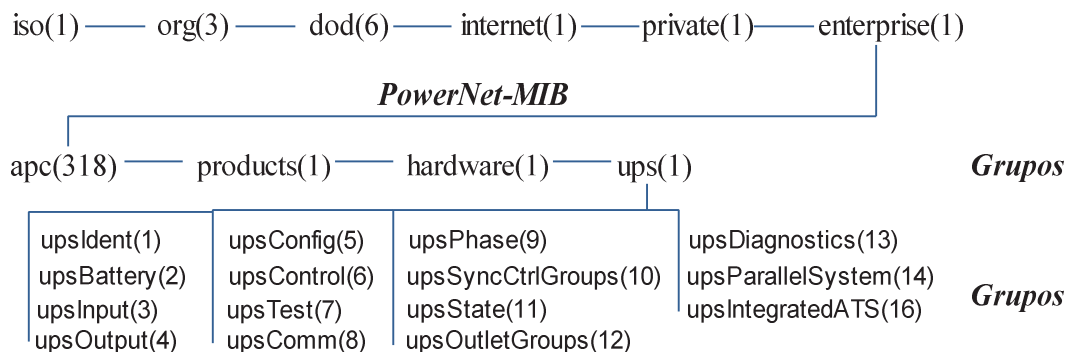


Figura 1.30 Grupos de UPS

De la Figura 1.30 se observa que los elementos derivados del grupo apc(318) pertenecen a PowerNet-MIB. En la Tabla 1.9 se muestran los grupos de UPS.

Grupos	Descripción
upsIdent	El grupo upsIdent se conforma por 7 objetos para describir el software y hardware del equipo. Por ejemplo el objeto upsBasicIdentModel indica el modelo del equipo.
upsBattery	El grupo upsBattery tiene 57 objetos para describir el banco de baterías. Por ejemplo el objeto upsAdvBatteryCapacity indica el porcentaje de carga del banco de baterías.
upsInput	El grupo upsInput tiene 28 objetos para describir la energía eléctrica recibida. Por ejemplo el objeto upsAdvInputFrequency indica el valor de frecuencia de recibida.
upsOutput	El grupo upsOutPut tiene 27 objetos para describir la energía eléctrica suministrada. Por ejemplo el objeto upsAdvOutputVoltage indica el valor de voltaje suministrado.
upsConfig	El grupo upsConfig tiene un conjunto de 56 objetos para configurar el equipo. Por ejemplo el objeto upsAdvConfigPassword configura la clave para acceder al panel frontal del equipo.
upsControl	El grupo upsControl posee 10 objetos para controlar el equipo vía remota. Por ejemplo el objeto upsAdvControlUpsOff controla el apagado del equipo.
upsTest	El grupo upsTest tiene 9 objeto para auto evaluar el equipo. Por ejemplo el objeto upsAdvTestDiagnostics auto evalúa el estado del equipo.
upsComm	El grupo upsComm tiene un objeto upsCommStatus para indicar el estado de la comunicación del equipo con el agente.
ups SyncCtrlGroups	El grupo upsSyncCtrlGroups posee 10 objetos para configurar el equipo dentro del SCG46. Por ejemplo el objeto upsSCGMembershipGroupNumber configura un número para identificar el equipo dentro del SCG.

Tabla 1.9 Grupos de UPS (Parte I)

⁴⁶ **SCG (Synchronized Control Group)**: Es una funcionalidad creada por APC para sincronizar varios equipos en eventos como: apagado, reinicio y encendido.

Grupos	Descripción
upsState	El grupo upsState tiene 14 objetos para indicar el estado del equipo. Por ejemplo el objeto upsAdvStateAbnormalConditions indica un estado anormal.
upsOutlet Groups	El grupo upsOutletGroups tiene 26 objetos para informar, configurar y controlar el outlet group ⁴⁷ del equipo. Por ejemplo el objeto upsOutletGroupConfigName configura el nombre del outlet group.
upsDiagnostics	El grupo upsDiagnostics se conforma por 137 objetos para diagnosticar los componentes del equipo. Por ejemplo el objeto upsDiagBatteryStatus diagnostica el estado de la batería.
upsParallel System	El grupo upsParallelSystem posee 34 objetos para configurar el equipo en un sistema paralelo. Por ejemplo el objeto upsParallelSysName configura el nombre del sistema paralelo.
upsIntegrated ATS	El grupo upsIntegratedATS tiene 9 objetos para integrar el equipo con un ATS. Por ejemplo el objeto upsIntegratedATSSelectedSource informa la fuente del ATS usada para alimentar el equipo.

Tabla 1.9 Grupos de UPS (Parte II)

1.4.1.1.3 Grupos de rPDU de PowerNet-MIB [21]

Para la gestión del equipo PDU modelo “AP8858NA3” se analizarán los grupos rPDU perteneciente a PowerNet-MIB, los cuales se muestran en la Figura 1.31.

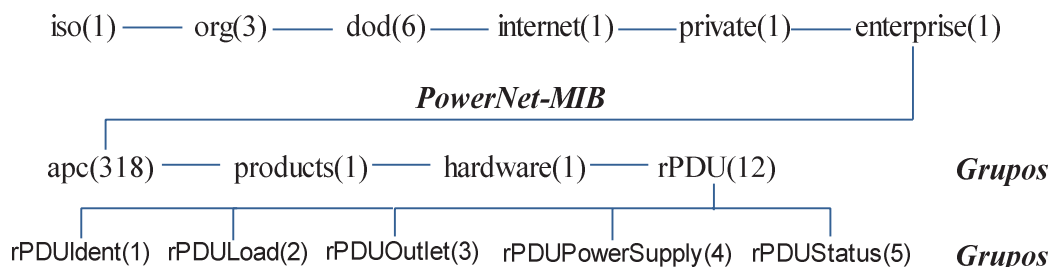


Figura 1.31 Grupos de rPDU

De la Figura 1.31 mostrada, es importante indicar que todos los elementos derivados del grupo apc(318) pertenecen a PowerNet-MIB. La descripción de los grupos de rPDU se muestra en la Tabla 1.10.

⁴⁷ **Outlet Groups:** Es una funcionalidad creada por APC para manejar los grupos de toma corrientes de forma independiente. Es decir, si el UPS tiene dos grupos se puede apagar el grupo uno mientras el grupo dos siga en funcionamiento.

Grupos	Descripción
rPDUIdent	El grupo rPDUIdent se conforma por 18 objetos para describir el software y hardware del equipo. Por ejemplo el objeto rPDUIdentModelNumber indica el modelo del equipo.
rPDULoad	El grupo rPDULoad posee 27 objetos para describir la carga eléctrica del equipo. Por ejemplo el objeto rPDULoadDevNumPhases indica el número de fases presentes.
rPDUOutlet	El grupo rPDUOutlet tiene 35 objetos para monitorear y configurar la energía eléctrica suministrada. Por ejemplo el objeto rPDUOutletStatusLoad indica el estado de la energía eléctrica suministrada.
rPDUPowerSupply	El grupo rPDUPowerSupply posee 3 objetos para monitorear el estado de la fuente de alimentación. Por ejemplo el objeto rPDUPowerSupplyAlarm indica el estado de la fuente de alimentación.
rPDUStatus	El grupo rPDUStatusPhaseState posee 12 objetos para indicar el estado del equipo. Por ejemplo el objeto rPDUPowerSupplyAlarm indica un estado de sobre carga.

Tabla 1.10 Grupos de rPDU

1.4.1.2 Base de Información de Gestión MOXA-IO-E2210-MIB [17]

Para la gestión de la RTU modelo “ioLogik E2210” se analizará la MIB MOXA-IO-E2210-MIB. En la Figura 1.32 se muestran los grupos de e2210monitor.

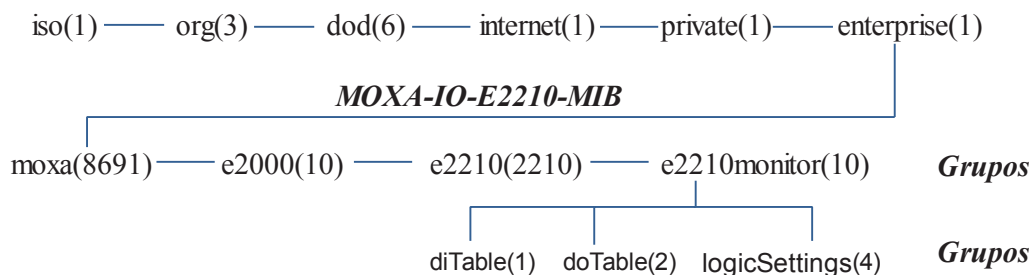


Figura 1.32 Grupos de e2210monitor

De la Figura 1.32 se ve que los elementos derivados del grupo moxa(8691) pertenecen a MOXA-IO-E2210-MIB. En la Tabla 1.11 se muestran los grupos de e2210monitor.

Grupos	Descripción
diTable	El grupo diTable tiene 7 objetos para monitorear y configurar las entradas digitales. Por ejemplo el objeto diStatus monitorea el estado activo/desactivo de una entrada digital.
doTable	El grupo doTable posee 7 objetos para controlar y configurar las salidas digitales. Por ejemplo el objeto doStatus controla el estado activo/desactivo de una salida digital.
logicSettings	El grupo logicSettings posee 3 objetos para configurar los registros. Por ejemplo el objeto irValue configura el valor del registro.

Tabla 1.11 Grupos del e2210monitor

1.4.1.3 Base de Información de Gestión NETBOTZ330-MIB [18]

Para la gestión del equipo NetBotz modelo “550” se analizará una parte de la MIB NetBotz330-MIB. En la Figura 1.33 se muestran los grupos de netBotzSensors.

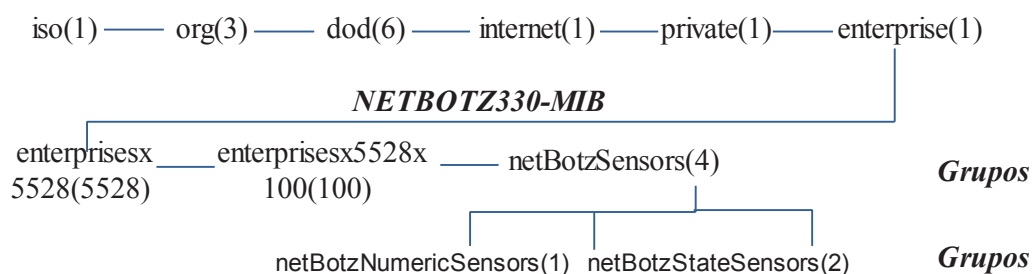


Figura 1.33 Grupos de netBotzSensors

Los grupos netBotzNumericSensors y netBotzStateSensors se describen en la Tabla 1.12.

Grupos	Descripción
netBotzNumeric Sensors	El grupo netBotzNumericSensors tiene 68 objetos para obtener los datos de los sensores conectados en el equipo. Por ejemplo el objeto tempSensorValue obtiene la temperatura.
netBotzState Sensors	El grupo netBotzStateSensors posee 32 objetos para obtener el estado de los sensores conectados en el equipo. Por ejemplo el objeto cameraMotionSensorErrorStatus obtiene el estado del sensor de la cámara.

Tabla 1.12 Grupos de netBotzSensors

1.4.1.4 Base de Información de Gestión LIEBERT-GP-ENV-MIB [22]

Para la gestión del equipo del acondicionamiento de aire de precisión modelo “BF-067” se analizará la MIB LIEBERT-GP-ENV-MIB. En la Figura 1.34 se muestran los grupos de IgpEnvironmental.

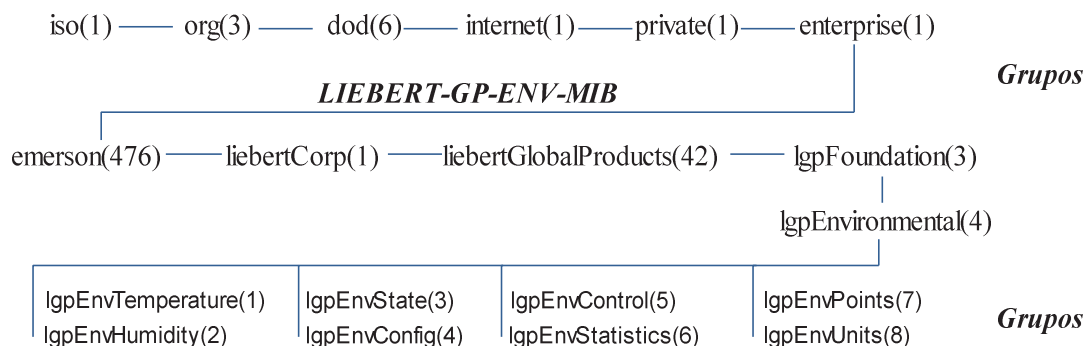


Figura 1.34 Grupos de IgpEnvironmental

Los grupos de IgpEnvironmental se explican en la Tabla 1.13.

Grupo	Descripción
IgpEnvTemperature	El grupo IgpEnvTemperature tiene 59 objetos para monitorear y controlar la temperatura. Por ejemplo el objeto IgpEnvTemperatureCelsius obtiene el valor de la temperatura.
IgpEnvHumidityRelative	El grupo IgpEnvHumidityRelative tiene 21 objetos para informar y configurar la humedad relativa del ambiente. Por ejemplo el IgpEnvHumiditySettingRel configura el valor de la humedad relativa.
IgpEnvState	El grupo IgpEnvState tiene 28 objetos para informar el estado de los mecanismos del equipo. Por ejemplo el objeto IgpEnvStateCooling indica el estado del mecanismo de enfriamiento.
IgpEnvConfig	El grupo IgpEnvConfig posee 41 objetos para configurar la operación del equipo. Por ejemplo el objeto IgpEnvConfigAutoConfiguration auto configura el equipo.
IgpEnvControl	El grupo IgpEnvControl tiene 11 objetos para controlar el equipo vía remota. Por ejemplo el objeto IgpEnvControlShutdownAfterDelay permite el apagado del equipo después de un tiempo de gracia.

Tabla 1.13 Grupos de IgpEnvironmental (Parte I)

Grupo	Descripción
IgpEnvStatistics	El grupo IgpEnvStatistics posee 16 objetos para obtener datos históricos del equipo. Por ejemplo el objeto IgpEnvStatisticsHumRunHr indica el tiempo de uso del mecanismo de humidificación.
IgpEnvPoints	El grupo IgpEnvPoints tiene 10 objetos para obtener los puntos de medición de los mecanismos. Por ejemplo el objeto IgpEnvDehumidifierPoint indica el punto de medición del mecanismo de deshumidificación.
IgpEnvUnits	El grupo IgpEnvUnits tiene un objeto IgpEnvHours para informar el tiempo de actividad del equipo.

Tabla 1.13 Grupos de IgpEnvironmental (Parte II)

1.4.2 SELECCIÓN DE LOS OBJETOS DE LA MIB

Para la selección de los objetos de cada MIB explicados en la Sección 1.4.1 se seguirán los siguientes criterios:

1. Se seleccionará un objeto que permita identificar el modelo del equipo.
2. Se seleccionará un objeto que permita identificar el estado del equipo.
3. Se seleccionarán los objetos que permitan monitorear la fuente de entrada (voltaje, frecuencia) y la fuente de salida (voltaje, frecuencia, potencia y carga) de los equipos industriales PDU, ATS y UPS.
4. Se seleccionarán los objetos que permitan obtener los datos de temperatura y humedad del sensor conectado al equipo NetBotz 550.
5. Se seleccionarán los objetos que permitan obtener el porcentaje de uso de los mecanismos de enfriamiento, deshumidificación, calentamiento, humidificación y ventilación del aire acondicionado.
6. Se seleccionará de cada equipo los objetos que permitan controlar una cierta funcionalidad de apagado o reiniciado.
7. Para una mejor organización de los objetos se clasificarán en tres categorías que son:
 - **Objetos Generales:** Son utilizados para verificar el modelo y el estado del equipo.

- **Objeto de Monitoreo:** Obtienen datos de operación del equipo, como los valores de voltaje, carga y frecuencia.
- **Objeto de Control:** Permiten manipular una cierta funcionalidad del equipo, como apagarlo y reiniciarlo.

En la Tabla 1.14 se muestra el listado de objetos seleccionados para la gestión del equipo ATS.

Objeto	Grupo	Descripción
Objetos Generales		
atsIdentModelNumber	atsIdent	El objeto atsIdentModelNumber indica el modelo del equipo.
atsStatusSwitchStatus	atsStatus	El objeto atsStatusSwitchStatus indica el estado general del equipo.
Objetos Monitoreo		
atsOutputLoad	atsStatus	El objeto atsOutputLoad indica la carga conectada en Amperios.
atsInputFrecuency	atsStatus	El objeto atsInputFrecuency indica la frecuencia de entrada en Hertz.
atsInputVoltage	atsStatus	El objeto atsInputVoltage indica el voltaje de entrada en Voltios.
atsOutputVoltage	atsStatus	El objeto atsOutputVoltage indica el voltaje de salida en Voltios.
Objetos de Control		
atsControlResetATS	atsControl	El objeto atsControlResetATS controla el reinicio del equipo.
atsControlClearAllAlarms	atsControl	El objeto atsControlClearAllAlarms limpia el historial de alarmas del equipo.

Tabla 1.14 Listado de objetos seleccionados para el ATS

En la Tabla 1.15 se muestra el listado de objetos seleccionados para la gestión del equipo UPS.

Objeto	Grupo	Descripción
Objeto General		
upsBasicIdentModel	upsIdent	El objeto upsBasicIdentModel indica el modelo del equipo.
upsCommStatus	upsComm	El objeto upsCommStatus indica el estado general del equipo.
Objeto de Monitoreo		
upsAdvBatteryCapacity	upsBattery	El objeto upsAdvBatteryCapacity indica el porcentaje de carga del banco de baterías.
upsAdvBatteryNumOfBatt	upsBattery	El objeto upsAdvBatteryNumOfBatt indica el número de baterías defectuosas.
upsAdvOutputVoltage	upsOutput	El objeto upsAdvOutputVoltage indica la salida de voltaje en Voltios.
upsAdvOutputFrequency	upsOutput	El objeto upsAdvOutputFrequency indica la salida de frecuencia en Hertz.
upsAdvInputLineVoltage	upsInput	El objeto upsAdvInputLineVoltage indica la entrada de voltaje en Voltios.
upsAdvInputFrequency	upsInput	El objeto upsAdvInputFrequency indica la entrada de frecuencia en Hertz.
Objeto de Control		
upsAdvControlUpsOff	upsControl	El objeto upsAdvControlUpsOff controla el apagado del equipo.
upsAdvControlReboot	upsControl	El objeto upsAdvControlReboot controla el reinicio del equipo.
upsAdvControlTurnOn UPS	upsControl	El objeto upsAdvControlTurnOnUPS controla el encendido del equipo.
upsAdvControlBypass Switch	upsControl	El objeto upsAdvControlTurnOnUPS pasa a modo <i>bypass</i> el equipo.

Tabla 1.15 Listado de objetos seleccionados para el UPS

En la Tabla 1.16 se muestra el listado de objetos seleccionados para la gestión del equipo PDU.

Objeto	Grupo	Descripción
Objeto General		
rPDUIdentModel Number	rPDUIdent	El objeto rPDUIdentModelNumber indica el modelo del equipo.
rPDUPowerSupply1 Status	rPDUPower Supply	El objeto rPDUPowerSupply indica el estado del equipo.
Objeto de Monitoreo		
rPDUPhaseStatus Voltage	rPDUPhase	El objeto rPDUPhaseStatusVoltage indica el voltaje suministrado en Voltios
rPDUPhaseStatus Current	rPDUPhase	El objeto rPDUPhaseStatusCurrent indica la cantidad de carga conectada en Amperios.
rPDUPhaseStatus Power	rPDUPhase	El objeto rPDUPhaseStatusPower indica la potencia de salida en Kilovatios.

Tabla 1.16 Listado de objetos seleccionados para la PDU

Se debe indicar que no existen objetos para controlar la PDU, porque el modelo del equipo utilizado en el *Data Center* no soporta funcionalidades de control.

En la Tabla 1.17 se muestra el listado de objetos seleccionados para la gestión del equipo ioLogik E2210.

Objeto	Grupo	Descripción
Objeto General		
serverModel	e2210	El objeto serverModel indica el modelo del equipo.
Objeto de Monitoreo		
diStatus	e2210monitor	El objeto diStatus indica el estado de las entradas digitales.
Objeto de Control		
doStatus	e2210monitor	El objeto doStatus controla el estado de las salidas digitales.

Tabla 1.17 Listado de objetos seleccionados para el ioLogik E2210

Cabe mencionar que no existe un objeto que permita obtener el estado del equipo, pues no se encontró en la MIB MOXA-IO-E2210-MIB.

En la Tabla 1.18 se muestra el listado de objetos seleccionados para la gestión del aire acondicionado.

Objeto	Grupo	Descripción
Objeto General		
IgpAgentIdentModel	IgpEnvConfig	El objeto IgpAgentIdentModel indica el modelo del equipo.
IgpEnvStateSystem	IgpEnvState	El objeto IgpEnvStateSystem indica el estado general del equipo.
Objetos Monitoreo		
IgpEnvStateFanCapacity	IgpEnvState	El objeto IgpEnvStateFanCapacity indica el porcentaje de uso del mecanismo de ventilación.
IgpEnvStateCooling Capacity	IgpEnvState	El objeto IgpEnvStateCoolingCapacity indica el porcentaje de uso del mecanismo de enfriamiento.
IgpEnvStateHeating Capacity	IgpEnvState	El objeto IgpEnvStateHeatingCapacity indica el porcentaje de uso del mecanismo de calentamiento.
IgpEnvStateHumidifying Capacity	IgpEnvState	El objeto IgpEnvStateHumidifyingCapacity indica el porcentaje de uso del mecanismo de humidificación.
IgpEnvStateDehumidifying Capacity	IgpEnvState	El objeto IgpEnvStateDehumidifyingCapacity indica el porcentaje de uso del mecanismo de deshumidificación.

Tabla 1.18 Listado de objetos seleccionados para el aire acondicionado

Se debe señalar que no existen objetos para controlar el aire acondicionado, porque el modelo del equipo utilizado en el *Data Center* no soporta las funciones de control.

En la Tabla 1.19 se muestra el listado de objetos seleccionados para la gestión del equipo NetBotz.

Objeto	Grupo	Descripción
Objetos Generales		
enclosureLabel	enterprisesx552 8x100	El objeto enclosureLabel indica el modelo del equipo.
netBotzErrorStatus	enterprisesx552 8x100	El objeto netBotzErrorStatus indica el estado general del equipo.
Objeto	Grupo	Descripción
Objetos Monitoreo		
dewPointSensor Value	netBotzNumeric Sensors	El objeto dewPointSensorValue indica el punto de rocío del ambiente en porcentaje.
tempSensorValue	netBotzNumeric Sensors	El objeto tempSensorValue indica la temperatura en grados centígrados.
humiSensorValue	netBotzNumeric Sensors	El objeto humiSensorValue indica la humedad del ambiente en porcentaje.

Tabla 1.19 Listado de objetos seleccionados para el NetBotz

1.5 METODOLOGÍA DE PROGRAMACIÓN SCRUM [23], [24]

Para el desarrollo del sistema de monitoreo y control del presente Proyecto de Titulación se usará la metodología de programación Scrum. Scrum es un conjunto de buenas prácticas para el desarrollo ágil de sistemas. Scrum se basa en un proceso de mejora incremental con cada entrega fraccional del sistema.

El principio de la metodología de programación Scrum es el reconocimiento continuo de los cambios que el cliente pudiera tener y los desafíos que involucrarían dichos cambios. Por lo tanto, Scrum adopta una aproximación inicial del sistema, aceptando que el problema no puede ser completamente entendido y definido.

1.5.1 EQUIPO DE SCRUM

El equipo de personas conformadas en Scrum son: *Product Owner*, *Development Team* y *Scrum Master*. Los integrantes del equipo eligen la forma de llevar a cabo su trabajo organizadamente, y no son dirigidos por personas externas. La organización está diseñada para optimizar la flexibilidad, la creatividad y la

productividad. Los integrantes tienen todas las capacidades necesarias para llevar a cabo el trabajo, sin depender de otras personas que no son parte del equipo.

Cada integrante tiene una responsabilidad que se describe a continuación:

- **Development Team:** El *Development Team* es el responsable de desarrollar un incremento del sistema en un intervalo de tiempo.
- **Product Owner:** El *Product Owner* es el responsable de la calidad del sistema y el trabajo del *Development Team*.
- **Scrum Master:** El *Scrum Master* es el responsable de asegurar que Scrum sea entendido y adoptado en el desarrollo del sistema.

1.5.2 PROCESO DE SCRUM

El proceso de Scrum se desarrolla de forma general de la siguiente manera: primero, se crea la lista del producto que contiene todas las tareas necesarias para la elaboración del sistema; segundo, se elabora una lista de pendientes seleccionando las tareas más importantes; tercero, se desarrollan las tareas seleccionadas en un lapso de tiempo aproximado de 30 días; cuarto, se revisan las tareas por el *Product Owner*, quien aprueba y modifica las tareas; quinto, se repite el proceso hasta terminar el sistema. En la Figura 1.35 se muestra el proceso de desarrollo de Scrum.

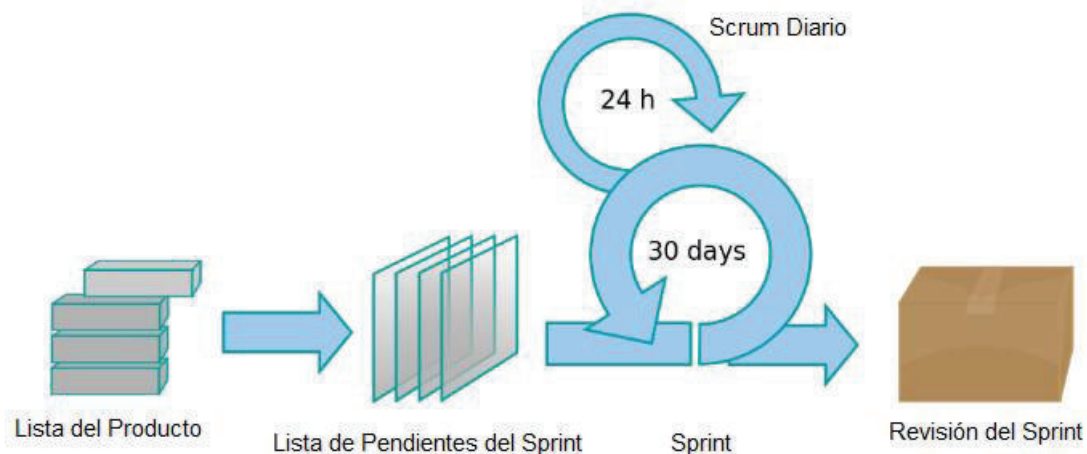


Figura 1.35 Proceso de Scrum

Fuente: [25]

La “Lista del producto”, “Lista de pendientes del *sprint*”, “*sprint*” y “Revisión del *sprint*” que conforman el proceso Scrum, se describen a continuación.

1.5.2.1 Lista del producto o *Backlog*

La lista del producto o *Backlog* es una enumeración ordenada de todas las tareas necesarias para desarrollar un sistema. La lista del producto es la única fuente de requerimientos para cualquier cambio a realizarse en el sistema. Un ejemplo de la lista del producto se muestra en la Tabla 1.20.

Tarea ID	Prioridad	Tarea	Días
1	Muy alta	Diseño de la plataforma tecnológica.	10
2	Muy alta	Diseño de la interfaz de usuario.	5
3	Alta	Implementación de la plataforma tecnológica.	8
4	Media	Implementación de la interfaz de usuario.	8

Tabla 1.20 Ejemplo de la lista del producto

La Tabla 1.20 muestra la predicción de las tareas necesarias para desarrollar un sistema. La lista del producto es elaborada por el Scrum *Master* y es validada por el *Product Owner*. El *Product Owner* es el responsable de la lista de producto, incluyendo su contenido, disponibilidad y organización. La lista debe estar organizada de mayor a menor prioridad y tiene una estimación en días del tiempo requerido para la elaboración de cada tarea.

1.5.2.2 El *sprint*

El corazón de Scrum es el *sprint*, este es un bloque de tiempo de un mes o menos, durante el cual, se crea un incremento del sistema potencialmente entregable. Cada nuevo *sprint*, comienza inmediatamente después de la finalización del *sprint* previo. En el transcurso del *sprint* se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- No se realizan cambios que puedan afectar al objetivo del *sprint*.
- Los objetivos de calidad no disminuyen.
- El alcance puede ser clarificado y renegociado entre el *Product Owner* y el *Development Team* a medida que se va aprendiendo más.

1.5.2.3 Lista de pendientes del *sprint*

La lista de pendientes del *sprint* es un conjunto de tareas escogidas de la lista del producto, con el fin de ser desarrolladas en un *sprint*. La lista de pendientes es una predicción hecha por el *Development Team*. Un ejemplo de la lista de pendientes del *sprint* #2 se muestra en la Tabla 1.21.

Tarea ID	Tiempo (días)	Avance de las tareas	
		<i>Sprint</i> 1	<i>Sprint</i> 2
		Inicio: 2014-01-06 Fin: 2014-01-27	Inicio: 2014-01-27 Fin: 2014-02-12
1	10	Terminado	
2	5	Iniciada	Revisando
3	8		Desarrollo
4	8		Desarrollo

Tabla 1.21 Ejemplo de la lista de pendientes del *sprint* #2

La Tabla 1.21 presenta dos *sprints*, el *sprint* #1 fue realizado desde 2014-01-06 al 2014-01-27, y el *sprint* #2 se va a desarrollar desde 2014-01-27 al 2014-02-12, en 16 días laborables. Cada tarea tiene una casilla que indica su estado dentro del *sprint*, que puede ser:

- **Iniciado:** Indica cuando se comenzó a realizar la tarea.
- **Desarrollo:** Indica que la tarea está en realización.
- **Terminado:** Indica que la tarea está finalizada.
- **Revisando:** Indica que la tarea está en modificación.

1.5.2.4 El Scrum diario

El Scrum diario es una reunión restringida a un bloque de tiempo de 15 minutos, para que las personas sincronicen sus actividades y cree un plan para las siguientes 24 horas. Este se lleva a cabo inspeccionando el trabajo avanzado desde el último Scrum diario y haciendo una predicción acerca del trabajo que podría ser completado antes del siguiente.

1.5.2.5 Revisión del *sprint*

Al final del *sprint* se lleva a cabo una revisión de mismo, para inspeccionar el incremento y adaptar la lista de producto si fuese necesario. Se trata de una reunión informal, que tiene como objetivo facilitar la retroalimentación de

información y fomentar la colaboración del equipo. En la revisión del *sprint* las tareas cambian su estado, como se observa a continuación:

- Desarrollo → Terminado (Si la tarea es aceptada).
- Desarrollo → Revisando (Si la tarea no es aceptada).
- Revisando → Terminado (Si la tarea es aceptada).

CAPÍTULO 2

DISEÑO DEL SISTEMA

En el presente capítulo se aborda el diseño del sistema de monitoreo y control de equipos industriales. Primero se describen los requerimientos del sistema, los cuales sirven para establecer las características del mismo y definir el comportamiento ante los eventos realizados por el usuario. Luego se explican las herramientas utilizadas en el diseño del sistema. Por último se detalla cada etapa en el desarrollo del sistema utilizando la metodología de desarrollo Scrum.

2.1 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

Los requerimientos del sistema son una descripción completa y detallada del sistema de monitoreo y control.

2.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

El sistema de monitoreo y control de manera general permite monitorear y controlar los equipos industriales presentes en un *Data Center*. En la Tabla 2.1 se muestra el listado de equipos industriales a gestionar por el sistema.

EQUIPO INDUSTRIAL	MODELO
Sistema de Alimentación Ininterrumpida (UPS)	Symmetra LX 16.000
Unidad de Distribución de Energía (PDU)	AP8858NA3
Sistema de Transferencia Automática (ATS)	AP7752
Unidad Terminal Remota (RTU)	ioLogik E2210
Monitoreo Remoto de Medio Ambiente (NetBotz)	550
Acondicionamiento de aire	BF-067

Tabla 2.1 Listado de equipos industriales a gestionar por el sistema

Con el uso del sistema de monitoreo y control el usuario puede ser capaz de gestionar los seis tipos de equipos industriales de la Tabla 2.1. Una descripción a detalle de los componentes del sistema se muestra a continuación en las secciones 2.1.2 (requerimientos funcionales) y 2.1.3 (requerimientos no funcionales).

2.1.2 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

Los requerimientos funcionales ayudan a definir el comportamiento del sistema ante los eventos realizados por el usuario, estos eventos son: consulta de datos históricos, configuración del protocolo SNMP, monitoreo y control de equipos. Para la identificación de cada requerimiento funcional se usa la siguiente nomenclatura:

- **R:** Requerimiento
- **F:** Funcional
- **XXX:** Secuencia de 3 dígitos para la enumeración de cada requisito.

Con el uso de la nomenclatura se identifican los ocho requerimientos funcionales (RF001, RF002, RF003, RF004, RF005, RF006, RF007 y RF008).

RF001. El usuario podrá manejar funciones del sistema, las cuales serán:

- **Nuevo:** Crea un nuevo documento.
- **Abrir:** Abre documento previamente realizado.
- **Cerrar:** Cierra el documento activo.
- **Guardar:** Guarda los cambios de la configuración de los equipos en el documento.
- **Monitorear/Pausar:** Activa o pausa el envío de mensajes SNMP a los equipos. Si el control está en monitorear se enviarán los mensajes, si por el contrario está en pausar no se los enviarán.
- **Añadir equipo:** Muestra una interfaz gráfica para agregar un nuevo equipo. Para agregar el equipo se deberá especificar el modelo e identificación.
- **Eliminar equipo:** Elimina un equipo indicado por el usuario.
- **Configuración:** Muestra una interfaz gráfica para revisar los datos de configuración general. Los datos son: nombre, ubicación y descripción.

RF002. El usuario podrá controlar el tiempo de *polling*⁴⁸ del sistema. El sistema contará con un control para la configuración del tiempo de *polling*, el valor deberá estar en la unidad de mili segundos y en el rango de 1.000 ms a 10.000 ms.

RF003. El usuario podrá visualizar en la interfaz gráfica principal del sistema el estado de los equipos, dichos estados son: desconectado, normal y en alerta.

RF004. El usuario podrá visualizar en una interfaz gráfica los datos monitoreados de cada equipo. El sistema para monitorear los datos necesita de los objetos indicados en la Sección 1.4. En la Tabla 2.2 se muestra un resumen de los objetos de monitoreo seleccionados a implementar en el sistema.

Equipo	Objetos de monitoreo	Descripción
ioLogik modelo E2210	serverModel	Indica el modelo del equipo.
	diStatus	Indica el estado de la señal digital.
ATS modelo AP7752	atsOutputLoad	Indica la carga conectada en Amperios.
	atsInputFrequency	Retorna la frecuencia en Hertz.
	atsInputVoltage	Indica el voltaje de entrada en Voltios.
	atsOutputVoltage	Indica el voltaje de salida en Voltios.
UPS modelo Symmetra LX 16.000	upsAdvBatteryCapacity	Indica el porcentaje de carga del banco de baterías.
	upsAdvBatteryNumOfBatt	Indica la cantidad de baterías dañadas.
	upsAdvOutputVoltage	Indica la salida de voltaje en Voltios.
	upsAdvOutputLoad	Indica la carga conectada en Amperios.
	upsAdvOutputFrequency	Indica la salida de frecuencia en Hertz.
	upsAdvInputLineVoltage	Indica el voltaje de entrada en Voltios.
PDU modelo AP8858NA3	rPDU2PhaseStatusVoltage	Indica el voltaje de salida en Voltios.
	rPDU2PhaseStatusCurrent	Indica el consumo de corriente en Amperios.
	rPDU2PhaseStatusPower	Indica la potencia en kilovatios.

Tabla 2.2 Resumen de objetos de monitoreo seleccionados a implementar en el sistema (Parte I)

⁴⁸ **Polling:** El *polling* es el sondeo que realiza un servidor cada cierto intervalo de tiempo a los equipos de la red.

Equipo	Objetos de Monitoreo	Descripción
Acondicionamiento de aire Modelo "BF-067"	IgpEnvStateFanCapacity	Indica el porcentaje de uso del mecanismo de ventilación.
	IgpEnvStateCoolingCapacity	Indica el porcentaje de uso del mecanismo de enfriamiento.
	IgpEnvStateHeatingCapacity	Indica el porcentaje de uso del mecanismo de calentamiento.
	IgpEnvStateHumidifying Capacity	Indica el porcentaje de uso del mecanismo de humidificación.
	IgpEnvStateDehumidifying Capacity	Indica el porcentaje de uso del mecanismo de deshumidificación.

Tabla 2.2 Resumen de objetos de monitoreo seleccionados a implementar en el sistema (Parte II)

RF005. El usuario podrá modificar la configuración de SNMP de cada equipo. Existirán dos interfaces gráficas según la versión de SNMP a utilizar, las cuales son:

- **Interfaz A:** La interfaz A será utilizada con la versión 1 y 2c de SNMP y permitirá configurar la comunidad de lectura, la comunidad de escritura y la dirección IP del equipo.
- **Interfaz B:** La interfaz B será utilizada con la versión 3 de SNMP y permitirá configurar el tipo de autenticación, tipo de privacidad, clave de autenticación, clave de privacidad, puerto, nombre de usuario y la dirección IP del equipo.

RF006. El usuario tendrá un perfil que restringirá el acceso al sistema. Existirán tres tipos de perfiles, los cuales son:

- **Monitoreo:** El usuario con perfil de monitoreo podrá supervisar el estado de los equipos, pero no podrá añadir nuevos, eliminarlos ni configurarlos.
- **Control:** El usuario con perfil de control podrá supervisar y controlar los equipos, pero no podrá añadir nuevos, eliminarlos ni configurarlos.

- **Administrador:** El usuario con perfil de administrador tendrá total acceso al sistema. Por lo tanto, podrá supervisar, controlar, añadir, eliminar y configurar los equipos. Además, gestionará las cuentas de los usuarios con perfil de administrador, monitoreo y control.

RF007. El usuario podrá controlar los equipos RTU modelo “ioLogik E2210”, UPS modelo “Symmetra LX 16.000” y ATS modelo “AP7752. En la Tabla 2.3 se muestra un resumen de los objetos de control seleccionados a implementar en el sistema.

Equipo	Objetos de Control	Descripción
ioLogiK modelo E2210	doStatus	Permite activar o desactivar las salidas digitales del equipo.
UPS modelo Symmetra LX 16.000	upsAdvControlUpsOff	Permite apagar el equipo.
	upsAdvControlReboot	Permite reiniciar el equipo.
	upsAdvControlTurnOnUPS	Permite prender el equipo.
	upsAdvControlBypassSwitch	Permite establecer al equipo en modo <i>bypass</i> .
ATS modelo AP7752	atsControlResetATS	Permite reiniciar el equipo
	atsControlClearAllAlarms	Permite limpiar el historial de alarmas.

Tabla 2.3 Resumen de los objetos de control seleccionados a implementar en el sistema

RF008. El usuario podrá consultar los datos históricos de funcionamiento de los equipos mediante una interfaz gráfica. La interfaz implementará opciones para filtrar la información, las cuales son:

- **Filtrado por equipo:** El filtrado por equipo permitirá al usuario seleccionar de un listado el equipo deseado.
- **Filtrado por tiempo:** El filtrado por tiempo permitirá al usuario seleccionar un rango de tiempo, es decir, se escogerá una fecha inicial y una fecha final que limite tiempo de la consulta.
- **Filtrado por dato:** El filtrado por dato permitirá al usuario seleccionar de un listado el objeto de monitoreo del equipo (mostrado en la Tabla 2.2) que requiera consultar.

2.1.3 REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES

Los requerimientos no funcionales son las características del sistema que se aplican de manera general, por lo tanto, no se definen sus rasgos particulares. Para la identificación de cada requerimiento no funcional se usa la siguiente nomenclatura:

- **R:** Requerimiento
- **NF:** No funcional
- **XXX:** Secuencia de 3 dígitos para la enumeración de cada requisito.

Con el uso de la nomenclatura se identifican los cinco requerimientos no funcionales (RNF001, RNF002, RNF003, RNF004 y RNF005).

RNF001. El sistema de monitoreo y control deberá correr en los sistemas operativos Windows XP, Vista, 7 y 8.

RNF002. El sistema deberá manejar varias conexiones SNMP con los agentes de los equipos de manera concurrente. El sistema deberá poder establecer y mantener varias conexiones con los agentes SNMP, en el envío y recepción de mensajes SNMP de manera simultánea.

RNF003. El sistema deberá esperar un tiempo máximo de 5 segundos por la respuesta del agente SNMP. Si se supera este plazo el sistema deberá catalogarle como desconectado.

RNF004. El sistema será modular para un mejoramiento futuro sin complicaciones, por medio de la utilización de la estructura desarrollada.

RNF005. El sistema guardará los datos de los equipos mostrados en el RF004, en una base de datos de PostgreSQL.

2.1.4 DISEÑO GENERAL DEL SISTEMA

El diseño del sistema de monitoreo y control de equipos industriales se divide en cuatro subsistemas, los cuales son: subsistema de comunicación, subsistema de

acceso de datos, subsistema de control de equipos y subsistema de presentación. Cada subsistema se presenta mediante diagramas UML⁴⁹, como se aprecia en la Figura 2.1.

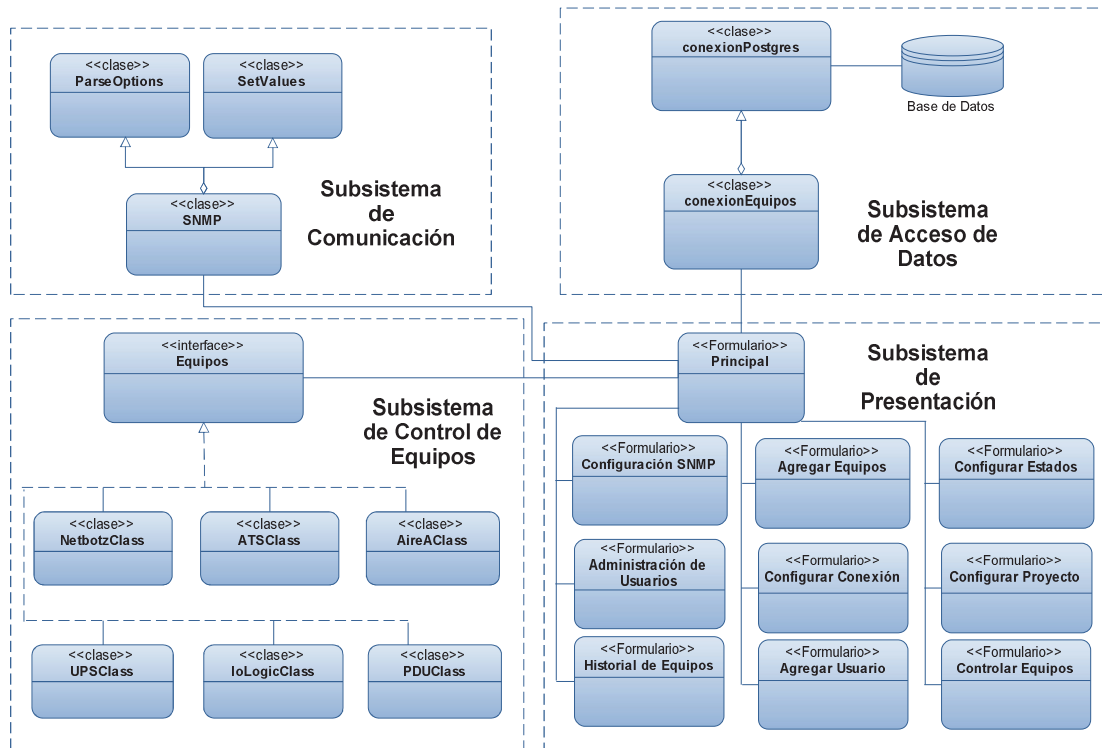


Figura 2.1 Diagrama UML del sistema

Cada subsistema tiene una funcionalidad dentro del sistema, a continuación se presenta una descripción de cada uno:

- **Subsistema de comunicación SNMP:** El subsistema de comunicación SNMP utilizará una API⁵⁰ SNMP de Java para comunicar el sistema con los equipos.
- **Subsistema de control de equipos:** El subsistema de control de equipos permitirá controlar y monitorear a los equipos.
- **Subsistema de acceso de datos:** El subsistema de acceso de datos se conectará con la base de datos PostgreSQL para almacenar un registro de los datos históricos de los equipos.

⁴⁹ **UML (Unified Modeling Language):** UML es un lenguaje utilizado para el modelado de sistemas, es de tipo gráfico y permite visualizar, especificar, construir y documentar el sistema.

⁵⁰ **API (Application Programming Interfaces):** Una API es un conjunto de clases utilitarias cuyo objetivo es facilitar el trabajo en el desarrollo de sistemas en Java.

- **Subsistema de presentación:** El subsistema de presentación contará con interfaces gráficas para la interacción del usuario con el sistema.

2.2 HERRAMIENTAS A UTILIZAR

2.2.1 NETBEANS IDE [26]

NetBeans IDE⁵¹ es un entorno de desarrollo en donde los programadores pueden escribir, compilar, depurar y ejecutar software. Está especializado para el desarrollo mediante el lenguaje de programación Java, pero puede servir para cualquier otro lenguaje. NetBeans IDE es un producto libre y gratuito sin restricciones de uso. Además, existen módulos para extender las funcionalidades del NetBeans IDE.

2.2.2 SERVIDOR DE BASE DE DATOS POSTGRESQL [27]

PostgreSQL es una de base de datos objeto-relacional potente de código abierto. Cuenta con más de 15 años de desarrollo activo y una arquitectura probada que ha ganado una sólida reputación de fiabilidad e integridad de datos. Se ejecuta en los principales sistemas operativos que existen en la actualidad, como: Linux, UNIX y Windows.

2.2.3 API SNMP WEBNMS [28]

La API SNMP WebNMS permite el desarrollo de software para administrar redes. La API se basa en el protocolo SNMP para establecer la comunicación con los equipos administrados. La API tiene un conjunto integrado de herramientas y funciones útiles para el ciclo de vida completo en el desarrollo de software. La API es compatible con las versiones 1, 2c y 3 de SNMP.

2.2.4 BIBLIOTECA JFREECHART [29]

JFreeChart es una librería que permite la creación de gráficos complejos en 2D y 3D en el lenguaje de programación Java. La librería es compatible con varios tipos de gráficos, como: gráficos XY, gráficos circulares, gráficos de Gantt, gráficos de barras y gráficos combinados.

⁵¹ **IDE (Integrated Development Environment):** Es un programa informático compuesto por un conjunto de herramientas para un programador. Las herramientas permiten editar, compilar y depurar el código.

2.2.5 BIBLIOTECA JESFXML [30]

JespXML es una librería que permite crear, abrir, modificar y cerrar archivos XML. La librería se puede usar conjuntamente con NetBeans en el desarrollo de software.

2.3 DESARROLLO DEL SISTEMA CON SCRUM

Para el diseño e implementación del sistema de monitoreo y control se usa la metodología de desarrollo Scrum.

2.3.1 EQUIPO DE SCRUM

El equipo de Scrum se conforma con las siguientes personas:

- **Product Owner:** Ing. Cristian Valarezo
- **Scrum Master:** MSc. David Mejía
- **Development Team:** Sr. Edison Ibujés

La metodología de desarrollo Scrum se la adapta para que el *Development Team* sea conformado por una persona.

2.3.2 LISTADO DE HISTORIAS DE SCRUM

El listado de historias de Scrum ayuda a enfocar y definir lo que el usuario necesita hacer, sin describir el cómo. Esto no pretende ser una lista del producto, por lo que no se incluyen el nivel de prioridad. En la Tabla 2.4 se muestra el listado de historias.

ID	Historia	Dependencias
A	Diseño del subsistema de comunicación SNMP	-
B	Diseño del subsistema de control de equipos	A
C	Diseño del subsistema de acceso de datos	A, B
D	Diseño del subsistema de presentación	A, B, C
E	Revisión del sistema	A, B, C, D

Tabla 2.4 Listado de historias

2.3.3 LISTA DEL PRODUCTO DE SCRUM

La lista del producto de Scrum contiene todas las tareas necesarias para el desarrollo del sistema. En la Tabla 2.5 se muestra la lista del producto.

Tarea ID	Historia ID	Tarea	Días	Condición de Aceptación
1	A	Diseñar un diagrama UML para la comunicación con los equipos.	4	Verificar que el diseño esté acorde con la descripción del sistema.
2	A	Implementar la conexión con los equipos con el uso de del protocolo SNMP.	4	Verificar que esté acorde con la descripción del sistema.
3	B	Seleccionar el listado de objetos de la MIB de cada equipo.	5	Verificar que esté acorde con la descripción del sistema.
4	B	Diseñar un diagrama UML para la gestión de los equipos.	5	Verificar que esté acorde con la descripción del sistema.
5	B	Implementar la clase para la gestión del ATS.	3	Verificar que esté acorde con la descripción del sistema.
6	B	Implementar la clase para la gestión del ioLogik.	3	Verificar que esté acorde con la descripción del sistema.
7	B	Implementar la clase para la gestión de la PDU.	3	Verificar que esté acorde con la descripción del sistema.
8	B	Implementar la clase para la gestión del UPS.	3	Verificar que esté acorde con la descripción del sistema.
9	B	Implementar la clase para la gestión el acondicionamiento de aire.	3	Verificar que esté acorde con la descripción del sistema.
10	B	Implementar la clase para la gestión del NetBotz.	5	Verificar que esté acorde con la descripción del sistema.
11	C	Diseñar la base de datos con el uso del modelo entidad relación.	4	Verificar que esté acorde con la descripción del sistema.
12	C	Diseñar una conexión del sistema con la base de datos.	4	Verificar que esté acorde con la descripción del sistema.
13	C	Implementar la base de datos en PostgreSQL y la conexión.	4	Verificar que esté acorde con la descripción del sistema.
14	D	Diseñar un esquema general de la organización de las interfaces.	3	Verificar que esté acorde con la descripción del sistema.
15	D	RF001: El usuario podrá manejar funciones del sistema.	4	Verificar su funcionamiento de acuerdo con la descripción del requerimiento.
16	D	RF002: El usuario podrá controlar el tiempo de <i>polling</i> del sistema.	3	Verificar su funcionamiento de acuerdo con la descripción del requerimiento.
17	D	RF003: El usuario podrá visualizar en la interfaz principal el estado de todos los equipos.	3	Verificar su funcionamiento de acuerdo con la descripción del requerimiento.
18	D	RF004: El usuario podrá visualizar en una interfaz los datos monitoreados del equipo.	3	Verificar su funcionamiento de acuerdo con la descripción del requerimiento.
19	D	RF005: El usuario podrá modificar la configuración SNMP de cada equipo.	3	Verificar su funcionamiento de acuerdo con la descripción del requerimiento.
20	D	RF006: El usuario tendrá un perfil, que restringirá el acceso al sistema.	3	Verificar el funcionamiento del requerimiento con su descripción.
21	D	RF007: El usuario podrá controlar a los equipos.	2	Verificar su funcionamiento de acuerdo con la descripción del requerimiento.
22	D	RF008: El usuario podrá consultar los datos históricos del funcionamiento de los equipos.	2	Verificar su funcionamiento de acuerdo con la descripción del requerimiento.

Tabla 2.5 Lista del producto

Los requerimientos no funcionales estarán presentes en el desarrollo de todo el sistema. El listado del producto mostrado en la Tabla 2.5 contiene todas las tareas necesarias para la elaboración del sistema. Las tareas se realizarán por medio de cinco *sprints*, los cuales se exponen a continuación.

2.3.4 SPRINT #1: DISEÑO DEL SUBSISTEMA DE COMUNICACIÓN

2.3.4.1 Planeación del *sprint* #1

La planeación del *sprint* #1 se realizó el 03-12-2012, en esta reunión se escogió tareas (1 y 2) de la historia A (Diseño del subsistema de comunicación) y tareas (3 y 4) de la historia B (Diseño del subsistema de control de equipos) para ser desarrolladas en el *sprint* #1.

2.3.4.2 Lista de pendientes del *sprint* #1

En base a la planeación del *sprint* #1, se realizó el listado de pendientes del *sprint* #1, que se muestra en la Tabla 2.6.

Tarea ID	Historia ID	Tiempo en días	Avance de las Tareas				
			<i>Sprint</i> 1	<i>Sprint</i> 2	<i>Sprint</i> 3	<i>Sprint</i> 4	<i>Sprint</i> 5
			Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
1	A	4	Desarrollo				
2	A	4	Desarrollo				
3	B	5	Desarrollo				
4	B	5	Desarrollo				
5	B	3					
6	B	3					
7	B	3					
8	B	3					
9	B	3					
10	B	5					
11	C	4					
12	C	4					
13	C	4					
14	D	3					
15	D	4					
16	D	3					
17	D	3					
18	D	3					
19	D	3					

Tabla 2.6 Lista de pendientes del *sprint* #1

La lista de pendientes, mostrada en la Tabla 2.6, lleva el registro del estado de cada tarea, la lista tiene las siguientes características:

- La columna seleccionada con color gris indica el *sprint* actual.
- La casilla de cada tarea indica su estado, que puede ser: desarrollado, terminado, revisando e iniciado.

2.3.4.3 Revisión del *sprint* #1

La revisión del *sprint* #1 se realizó el 07-01-2013. En la revisión de las tareas (1, 2, 3 y 4) se aceptó dos tareas (1 y 2) y dos tareas (3 y 4) se comentaron. A continuación se muestra el diseño del diagrama UML del subsistema de comunicación (tarea 2) y el diseño del diagrama UML del subsistema de control de equipos (tarea 3).

2.3.4.3.1 Diseño del diagrama UML del subsistema de comunicación

En la Figura 2.2 se muestra el diagrama UML del subsistema de comunicación.

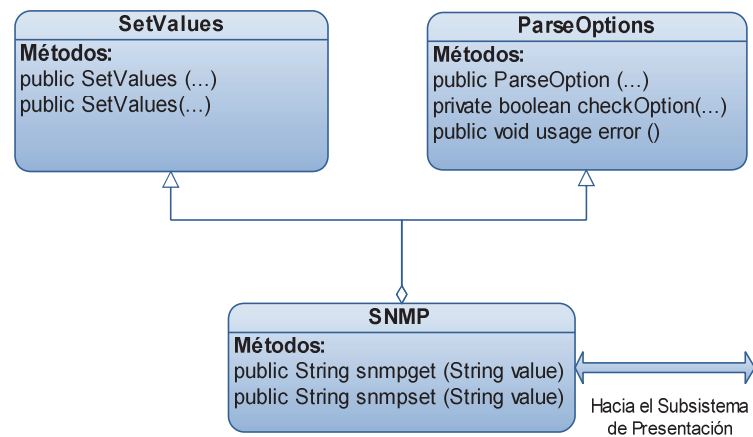


Figura 2.2 Diseño del diagrama UML del subsistema de comunicación

A continuación se detalla de forma general la funcionalidad de cada clase:

- **SetValues:** Es una clase propietaria de la API SNMP WebNMS que permite validar los parámetros de ingreso, por ejemplo la versión de SNMP.
- **ParseOptions:** Es una clase propietaria de la API SNMP WebNMS que procesa los parámetros ingresados conjuntamente con la clase SetValues.

- **SNMP**: Es una clase desarrollada en base a los ejemplos incluidos en la API, la clase implementa las operaciones *Set* y *Get* en las versiones 1, 2c y 3 de SNMP.

Las clases `SetValues` y `ParseOptions` requieren las librerías `AdvenNetLogging.jar` y `AdventNetSnm.jar` que son parte de la API SNMP `WebNMS`.

2.3.4.3.2 Ejemplo de uso del subsistema de comunicación SNMP

Para el ejemplo de uso del subsistema de comunicación SNMP se utiliza la clase `SNMP` con el método `snmpget()`. El método `snmpget()` generará un mensaje de SNMPv3 para adquirir el modelo del equipo. En el código 2.1 se muestra el ejemplo de uso del método `snmpget()`.

```

/* Ejemplo de uso del subsistema de comunicación SNMP, con el uso de la
 * clase SNMP y el método snmpget().
 */

import SubComunicacionSNMP.*;

public class Prueba {
    public static void main(String[] args) {
        SNMP consulta = new SNMP();
        String args1[] = {
            "-v", "v3",
            "-p", "161",
            "192.168.2.20",
            ".1.3.6.1.4.1.318.1.1.8.1.5.0",
            "-u", "redesEdison",
            "-a", "MD5", "-w", "abc12345",
            "-pp", "AES", "-s", "abc12345"}
        System.out.println(consulta.snmpget(args1));
    }
}

```

Código 2.1 Ejemplo de uso del método `snmpget()`

En la Figura 2.3 se muestra la respuesta del ejemplo de uso del método `snmpget()`.

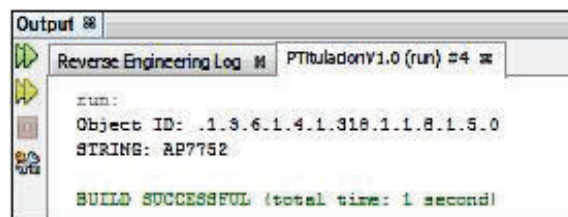


Figura 2.3 Respuesta del ejemplo de uso del método `snmpget()`

2.3.4.3.3 Diseño del diagrama UML del subsistema de control de equipos

En la Figura 2.4 se muestra el diagrama UML del subsistema de control de equipos.

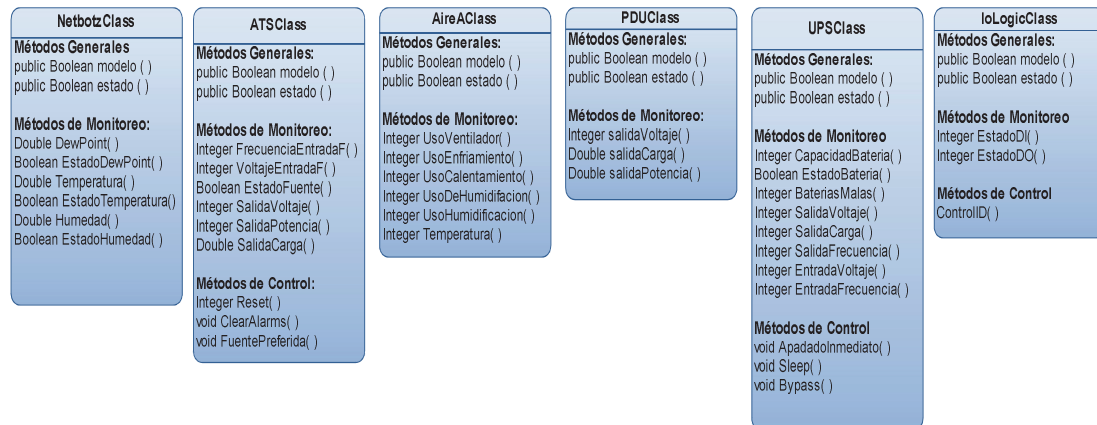


Figura 2.4 Diagrama UML del subsistema de control de equipos

En la Figura 2.4 se pueden apreciar seis clases (NetbotzClass, ATSClase, AireAClase, PDUClass, UPSClass y IoLogikClass), cada clase permite gestionar un equipo industrial (UPS modelo “Symmetra LX 16.000”, PDU modelo “AP8858NA3”, ATS modelo “AP7752”, RTU modelo “ioLogik E2210”, acondicionamiento de aire modelo “BF-067” y NetBotz modelo “550”).

Los métodos de cada clase están clasificados en tres categorías, descritos a continuación:

- **Métodos generales:** Estos métodos verifican el modelo e indican el estado del equipo.
- **Métodos de monitoreo:** Estos métodos indican datos de funcionamiento del equipo.
- **Métodos de control:** Estos métodos controlan funcionalidades del equipo.

El diagrama UML diseñado es una primera aproximación del subsistema de control de equipos y no representa el diseño final empleado por el sistema.

2.3.5 SPRINT #2: DISEÑO DEL SUBSISTEMA DE CONTROL DE EQUIPOS

2.3.5.1 Planeación del *sprint* #2

La planeación del *sprint* #2 fue el 07-01-2013, en esta reunión se escogió nuevas tareas (5, 6, 7, 8, 9 y 10) de la historia B para ser desarrolladas en el *sprint* #2.

2.3.5.2 Lista de pendientes del *sprint* #2

En base a la planeación del *sprint* #2, se realizó el listado de pendientes del *sprint* #2, el cual se muestra en la Tabla 2.7.

Tarea ID	Historia ID	Tiempo en días	Avance de las Tareas				
			<i>Sprint</i> 1	<i>Sprint</i> 2	<i>Sprint</i> 3	<i>Sprint</i> 4	<i>Sprint</i> 5
			Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
1	A	4	Terminado				
2	A	4	Terminado				
3	B	5	Iniciado	Revisando			
4	B	5	Iniciado	Revisando			
5	B	3		Desarrollo			
6	B	3		Desarrollo			
7	B	3		Desarrollo			
8	B	3		Desarrollo			
9	B	3		Desarrollo			
10	B	5		Desarrollo			
11	C	4					
12	C	4					
13	C	4					
14	D	3					
15	D	4					

Tabla 2.7 Lista de pendientes del *sprint* #2

2.3.5.3 Revisión del *sprint* #2

La revisión del *sprint* #2 se realizó el 04-02-2013. En la revisión de las tareas se aceptó cinco tareas (3, 4, 7, 9 y 10) y tres tareas (5, 6 y 8) se comentaron. A continuación se muestra el rediseño realizado al subsistema de control de equipos (tarea 3).

2.3.5.3.1 Rediseño del diagrama UML del subsistema de control de equipos

En la Figura 2.5 se muestra el diagrama UML del subsistema de control de equipos.

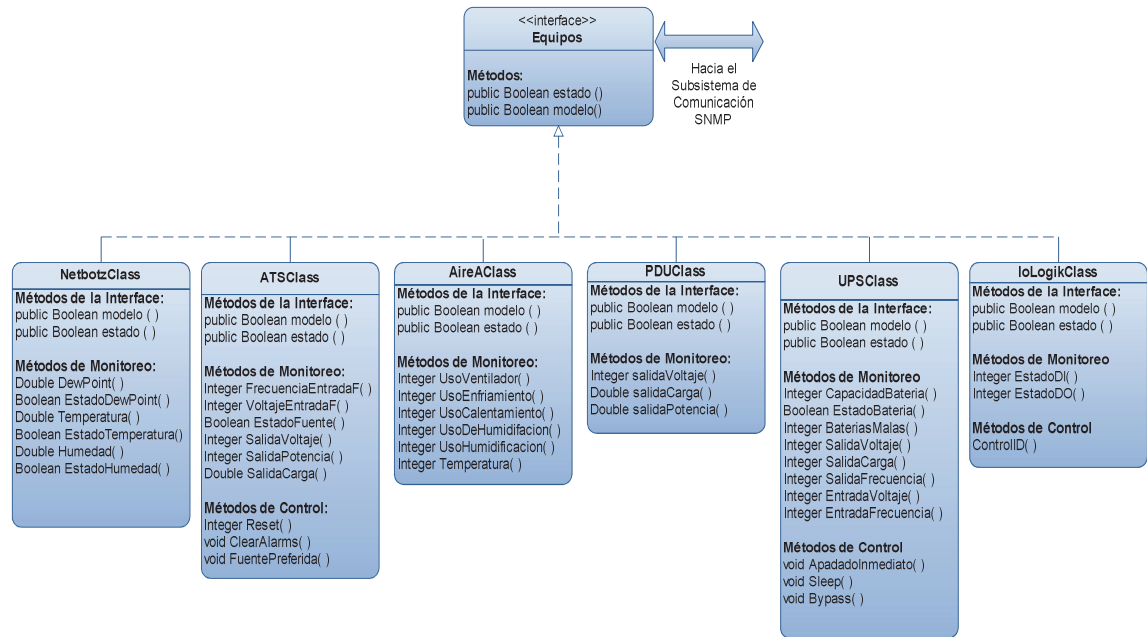


Figura 2.5 Diagrama UML del subsistema de control de equipos

El diagrama UML de la Figura 2.5 tiene una interfaz llamada `Equipos`. La interfaz define dos métodos `modelo()` y `estado()`, que deben implementar las seis clases (`NetbotzClass`, `ATSCClass`, `AireAClass`, `PDUClass`, `UPSClass` y `IoLogikClass`) que la heredan. La descripción de los métodos se muestra a continuación:

- **`modelo()`**: El método `modelo()` es de tipo booleano, el cual retornará `true` si el modelo del equipo es correcto, en caso contrario retornará `false`.
- **`estado()`**: El método `estado()` es de tipo booleano, el cual retornará `true` si el equipo está en estado normal, en caso contrario retornará `false`.

Los métodos de las clases (`NetbotzClass`, `ATSCClass`, `AireAClass`, `PDUClass`, `UPSClass` y `IoLogikClass`) se las implementaron de acuerdo a los requerimientos funcionales RF003, RF004 y RF007.

Para la implementación de cada método del subsistema de control de equipos se utilizó un código similar al mostrado en el Código 2.2.

```

/**
 * Este método permite obtener el estado del equipo ATS.
 * Retorna "true" en funcionamiento normal y "false" en caso contrario.
 */
public Boolean estado() {

    String oidEstado = oidATS + ".5.1.10.0";
    String Respuesta;

    if (version.equals("v2") || version.equals("v1")) {
        String args1[] = { "-c", comunidad, "-v", version, "-p", +
            port, ip, oid + estado };
        Respuesta = (consulta.snmpget(args1));

        try
        {
            if (Integer.parseInt(Respuesta.substring(52,53))
                == estadoNormal )
                return (true);
        }catch (Exception exp){
            return (false);
        }
    }

    if (version.equals("v3")){
        String args1[] = {"-v", version,"-p", port, "-u",usuario,ip,
            oid + estado,"-a", autenticacion, + "-w", passwordA,"-pp",
            privacidad, "-s", passwordP };
        Respuesta =(consulta.snmpget(args1));

        try
        {
            if (Integer.parseInt(Respuesta.substring(52, 53))
                == estadoNormal)
                return (true);
        }catch (Exception exp){
            return (false);
        }
    }
    return (false);
}

```

Código 2.2 Implementación del método estado()

2.3.5.3.2 Ejemplo de uso del subsistema de control de equipos

Para el ejemplo de uso del subsistema de control de equipos se utiliza el método estado() de la clase ATSClass. El método verifica el estado del equipo ATS y retornará un true si está en normalidad o un false si está en alerta. En el Código 2.3 se muestra el ejemplo del uso del método estado().

```

/**
 *Ejemplo de uso del subsistema de control de equipos, con el uso de la
 *clase ATSCClass y el método estado().
 */

import SubControlEquipos.*;

public class Prueba {
    public static void main(String[] args) {
        ATSCClass ats = new ATSCClass(
            "192.168.2.20",
            "v3",
            "redesEdison",
            "MD5",
            "abc12345",
            "AES",
            "abc12345",
            "161");
        System.out.println(ats.estado());
    }
}

```

Código 2.3 Ejemplo de uso del método `estado()`

En la Figura 2.6 se muestra la respuesta del ejemplo de uso del método `estado()`.

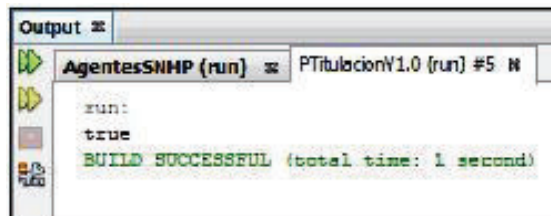


Figura 2.6 Respuesta del ejemplo de uso del método `estado()`

2.3.6 SPRINT #3: DISEÑO DEL SUBSISTEMA DE ACCESO DE DATOS

2.3.6.1 Planeación del *sprint* #3

La planeación del *sprint* #3 fue el 04-02-2013, en esta reunión se escogió las tareas (11, 12 y 13) de la historia C y tareas (5, 6 y 8) de la historia B para ser desarrolladas en el *sprint* #3.

2.3.6.2 Lista de pendientes del *sprint* #3

En base a la planeación del *sprint* #3, se realizó el listado de pendientes del *sprint* #3, que se muestra en la Tabla 2.8.

Tarea ID	Historia ID	Tiempo en días	Avance de las Tareas				
			<i>Sprint</i> 1	<i>Sprint</i> 2	<i>Sprint</i> 3	<i>Sprint</i> 4	<i>Sprint</i> 5
			Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
1	A	4	Terminado				
2	A	4	Terminado				
3	B	5	Iniciado	Terminado			
4	B	5	Iniciado	Terminado			
5	B	3		Iniciado	Revisando		
6	B	3		Iniciado	Revisando		
7	B	3		Terminado			
8	B	3		Iniciado	Revisando		
9	B	3		Terminado			
10	B	5		Terminado			
11	C	4			Desarrollo		
12	C	4			Desarrollo		
13	C	4			Desarrollo		
14	D	3					
15	D	4					
16	D	3					
17	D	3					
18	D	3					
19	D	3					
20	D	3					
21	D	2					
22	D	2					

Tabla 2.8 Lista de pendientes del *sprint* #3

2.3.6.3 Revisión del *sprint* #3

La revisión del *sprint* #3 se realizó el 04-03-2013. En la revisión de las tareas se aceptó tres tareas (5, 6 y 8) y tres tareas (11, 12 y 13) fueron comentadas. A continuación se muestra el diseño del subsistema de acceso de datos (tareas 11 y 12).

2.3.6.3.1 Diseño del subsistema de acceso de datos

El diseño del subsistema de acceso de datos se divide en dos partes, que son:

- Diseño de la base de datos con el uso del modelo entidad relación (tarea 11).
- Diseño de la conexión del sistema con la base de datos (tarea 12).

En la Figura 2.7 se muestra el modelo entidad-relación de la base de datos.

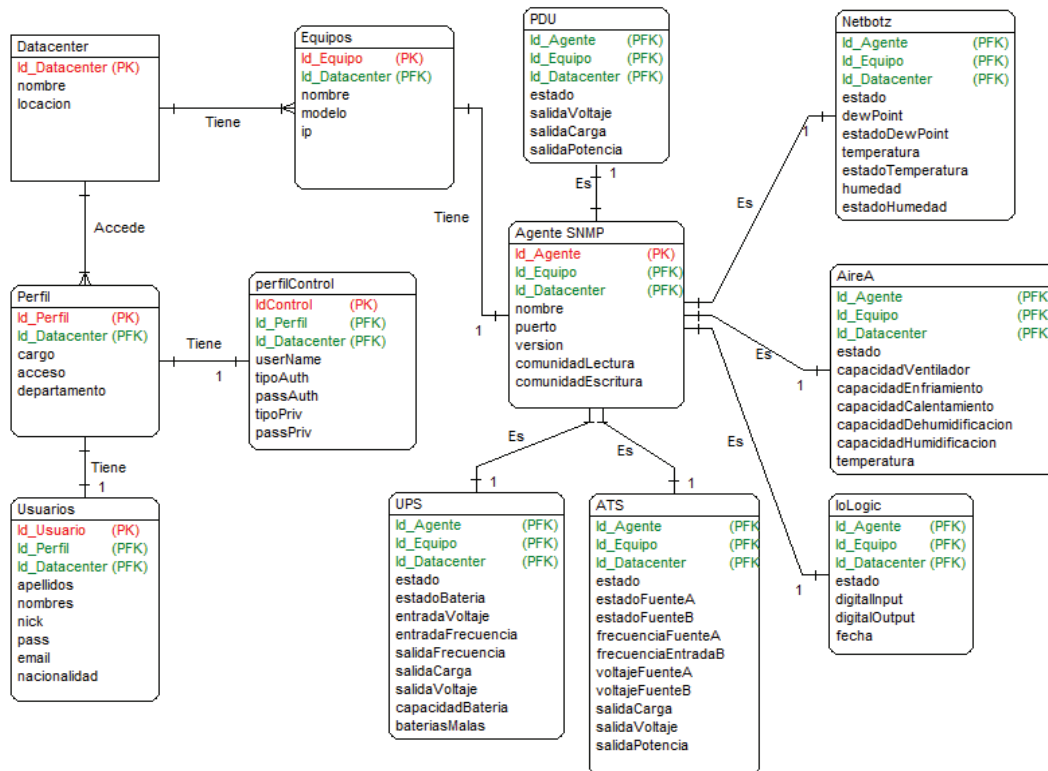


Figura 2.7 Modelo entidad-relación de la base de datos

El modelo entidad-relación presentado en la Figura 2.7 permite almacenar los datos históricos de los equipos industriales y los datos (identificación, nombre, apellidos, perfil, clave email y nacionalidad) del usuario. El diseño del modelo entidad-relación es una primera aproximación y no representa el diseño final.

En la Figura 2.8 se muestra el diagrama UML del subsistema de acceso de datos.

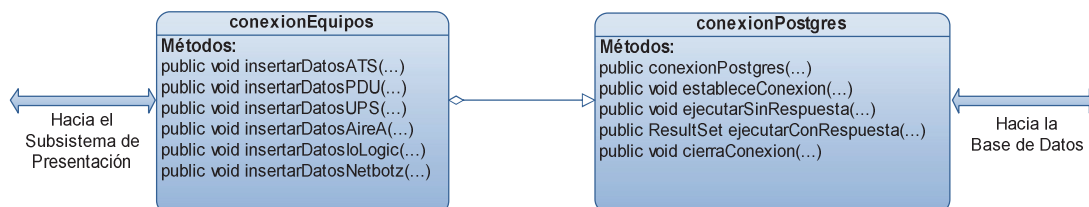


Figura 2.8 Diagrama UML del subsistema de acceso de datos

La Figura 2.8 presenta las clases `conexionPostgres` y `conexionEquipos`, las cuales permiten la comunicación con la base de datos y el subsistema de presentación respectivamente. La función de cada clase es la siguiente:

- **conexionPostgres**: La clase implementará métodos que permitirán establecer, mantener y cerrar la conexión con la base de datos.
- **conexionEquipos**: La clase implementará métodos que facilitará la inserción y extracción de información en la base de datos.

Para la implementación de los métodos pertenecientes a la clase `conexionPostgres` se utiliza un código similar al mostrado en el Código 2.4.

```
/**
 * Este método ejecuta un código SQL en la base de datos.
 */
public void EjecutarSinRespuesta (String Codigo)
{
    Statement s = null;
    try
    {
        s = conexion.createStatement();
        s.execute(Codigo);
    }catch (Exception e){
        System.out.println("Problema al ejecutar el código \n" + e);
    }
}
```

Código 2.4 Implementación del método `EjecutarSinRespuesta()`

Para la implementación de los métodos pertenecientes a la clase `conexionEquipos` se utiliza un código similar al mostrado en el Código 2.5.

```
/**
 * Este método guarda en la base de datos un registro histórico
 * del equipo ATS.
 */
public void insertarDatosATS (String IdAgente, String estado, String
frecuenciaA, String frecuenciaB, String voltajeA, String voltajeB, Double
salidaCarga, String salidaVoltaje, String salidaPotencia ) {

    Calendar cal = Calendar.getInstance();
    Integer mes = cal.get(cal.MONTH) + 1;
    String fecha = cal.get(cal.YEAR)+"-"+mes+"-"+cal.get(cal.DATE);
    String hora = cal.get(cal.HOUR_OF_DAY)+":"+
        cal.get(cal.MINUTE)+"."+cal.get(cal.SECOND);
    String codigo = ("INSERT INTO
    \"ATS\"(\"Id_Equipo\", \"Id_Datacenter\", estado, +
    \"frecuenciaFuenteA\", \"frecuenciaFuenteB\", \n" +
    "\"voltajeFuenteA\", \"voltajeFuenteB\", \"salidaCarga\", +
    \"salidaVoltaje\", \n" +
    "\"salidaPotencia\", fecha, hora)\n" +
    "VALUES ('"+IdAgente+"', '001', '"+estado+', '"+frecuenciaA+"', +
```

Código 2.5 Implementación del método `insertarDatosPDU()` (Parte I)

```

"+frecuenciaB+", \n" +
""+voltajeA+", ""+voltajeB+", ""+salidaCarga+", ' +
"+salidaVoltaje+", \n" +
""+salidaPotencia+", ""+fecha+", ""+hora+");");
insertar.EjecutarSinRespuesta(codigo); }

```

Código 2.5 Implementación del método `insertarDatosPDU()` (Parte II)

2.3.6.3.2 Ejemplo de uso del subsistema de acceso de datos

Para el ejemplo de uso del subsistema de acceso de datos se utiliza la clase `conexionEquipos` con la API `JFreeChart`. En el ejemplo se consulta de la base de datos la información del equipo ATS y se grafican los datos obtenidos en la consulta. En el Código 2.6 se muestra el ejemplo de uso de la API `JFreeChart`.

```

/**
 * Este programa consulta de la base de datos información del equipo
 * ATS y gráfica el voltaje de salida con el uso de la API JFreeChart.
 */
import SubAccesoDatos.*;
public class Prueba extends java.awt.Frame {

    BufferedImage grafica = null;
    Integer year, mes, dia, hora, minuto, segundo, value;
    String idElemento, Dato, FechaInicio, FechaFin;
    conexionEquipos conx;

    Prueba (String idElemento, String Dato, String FechaInicio,
            String FechaFin ){
        this.idElemento = idElemento;
        this.Dato = Dato;
        this.FechaInicio = FechaInicio;
        this.FechaFin = FechaFin;
        conx = new conexionEquipos
            ("jdbc:postgresql://localhost:5432/iNMS","postgres","123456");
    }
    public static void main(String args[]) {
        Prueba ejemploJFreeChart =
            new Prueba("ATS01","Estado","2014-7-3","2014-7-31");
        ejemploJFreeChart.grafica = ejemploJFreeChart.creaImagen();
        ejemploJFreeChart.setSize(400,400);
        ejemploJFreeChart.show();
    }

    /**
     * Este método consulta de la base de datos información del equipo
     * ATS y retorna una imagen haciendo uso de la API JfreeChart.
     */
    public BufferedImage creaImagen() throws SQLException {
        TimeSeries s1 = new TimeSeries(idElemento);
        ResultSet datos = conx.consultarDatosATS
            (idElemento, FechaInicio, FechaFin);
    }
}

```

Código 2.6 Ejemplo de uso de la API `JFreeChart` (Parte I)

```

while (datos.next()) {
    String[] fecha = datos.getString(11).split("-");
    year = Integer.parseInt(fecha[0]);
    mes = Integer.parseInt(fecha[1]);
    dia = Integer.parseInt(fecha[2]);
    String[] horas = datos.getString(12).split(":");
    hora = Integer.parseInt(horas[0]);
    minuto = Integer.parseInt(horas[1]);
    segundo = Integer.parseInt(horas[2]);
    value = Integer.parseInt(datos.getString(3));
    sl.add(new Second
            (segundo, minuto, hora, dia, mes, year), value);
}
TimeSeriesCollection dataset = new TimeSeriesCollection();
dataset.addSeries(s1);
JFreeChart chart = ChartFactory.createXYLineChart(
    "Automatic Transfer Switch",
    "Tiempo (Hora-Minuto-Segundo)",
    "Voltaje de Salida (Voltios)",
    dataset, PlotOrientation.VERTICAL, true, true, false );
BufferedImage image = chart.createBufferedImage(600,600);
return image;
}

```

Código 2.6 Ejemplo de uso de la API JFreeChart (Parte II)

En la Figura 2.9 se muestra la respuesta del ejemplo de uso de la API JFreeChart.

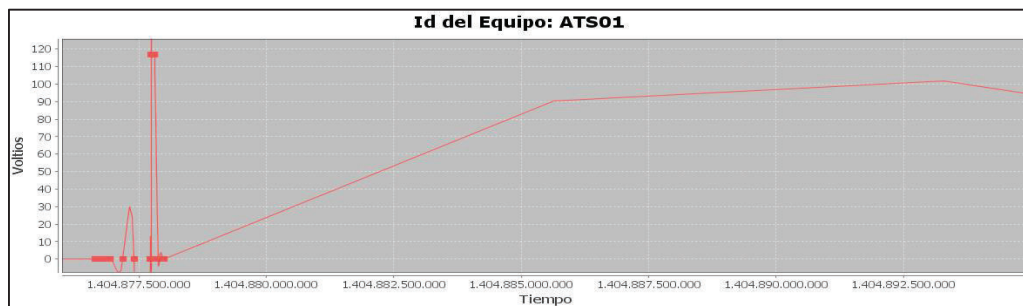


Figura 2.9 Respuesta del ejemplo de uso de la API JFreeChart

2.3.7 SPRINT #4: DISEÑO DEL SUBSISTEMA DE PRESENTACIÓN

2.3.7.1 Planeación del *sprint* #4

La planeación del *sprint* fue el 04-03-2013, en esta reunión se escogieron las tareas (14, 15, 16, 17, 19, 20 y 22) de la historia D y tareas (11, 12 y 13) de la historia C para ser desarrolladas en el *sprint* #4.

2.3.7.2 Lista de pendientes del *sprint* #4

En base a la planeación del *sprint* #4, se realizó el listado de pendientes del *sprint* #4, que se muestra en la Tabla 2.9.

Tarea ID	Historia ID	Tiempo en días	Porcentaje de Avance de Cada ID				
			<i>Sprint</i> 1	<i>Sprint</i> 2	<i>Sprint</i> 3	<i>Sprint</i> 4	<i>Sprint</i> 5
			Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
1	A	4	Terminado				
2	A	4	Terminado				
3	B	5	Iniciado	Terminado			
4	B	5	Iniciado	Terminado			
5	B	3		Terminado			
6	B	3		Terminado			
7	B	3		Iniciado	Terminado		
8	B	3		Iniciado	Terminado		
9	B	3		Iniciado	Terminado		
10	B	5		Iniciado	Terminado		
11	C	4			Iniciado	Revisando	
12	C	4			Iniciado	Revisando	
13	C	4			Iniciado	Revisando	
14	D	3				Desarrollo	
15	D	4				Desarrollo	
16	D	3				Desarrollo	
17	D	3				Desarrollo	
18	D	3					
19	D	3				Desarrollo	
20	D	3				Desarrollo	
21	D	2					
22	D	2				Desarrollo	

Tabla 2.9 Lista de pendientes del *sprint* #4

2.3.7.3 Revisión del *sprint* # 4

La revisión del *sprint* #4 se realizó el 29-03-2013. En la revisión de las tareas se aceptó tres tareas (11, 12 y 13) y siete tareas (14, 15, 16, 17, 19, 20 y 22) se comentaron. A continuación se muestra el rediseño del subsistema de acceso de datos (tarea 11) y el diseño del subsistema de presentación (tarea 14, 15, 16, 17, 19, 20 y 22).

2.3.7.3.1 Rediseño del subsistema de acceso de datos

El rediseño del subsistema de acceso de datos es realizado debido a la incorporación de dos campos (fecha y hora) y a la eliminación de la configuración de los equipos industriales, porque se guarda la configuración en un documento con extensión .XML, explicado en la Sección 2.3.7.3.3.

En la Figura 2.10 se muestra el modelo entidad relación de la base de datos.

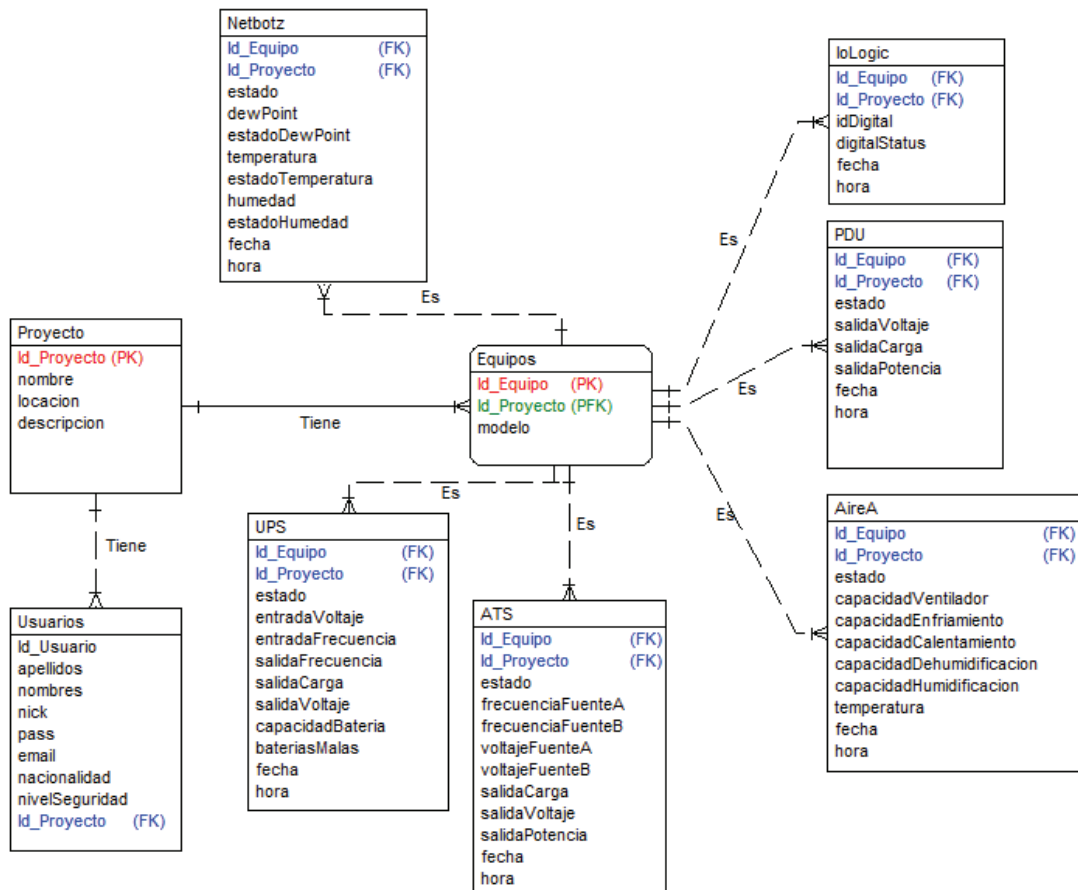


Figura 2.10 Modelo entidad relación de la base de datos

2.3.7.3.2 Diseño del subsistema de presentación

El diseño del subsistema de presentación se realiza a través de las tareas 14, 15, 16, 17, 19, 20 y 22. A continuación se explicada lo desarrollado en cada tarea.

La tarea 14 es el diseño de los esquemas generales de las interfaces gráficas. Antes de mostrar los esquemas se escoge un nombre y logo para el sistema. El nombre escogido para el sistema es SAEI (Solución de Administración de Equipos Industriales) y el logo se muestra en la Figura 2.11.



Figura 2.11 Logo del sistema de monitoreo y control de equipos

Los esquemas son una idea general de la distribución de espacios y colores que tendrán las interfaces gráficas. En la Figura 2.12 se muestra el esquema general de la interfaz estándar.

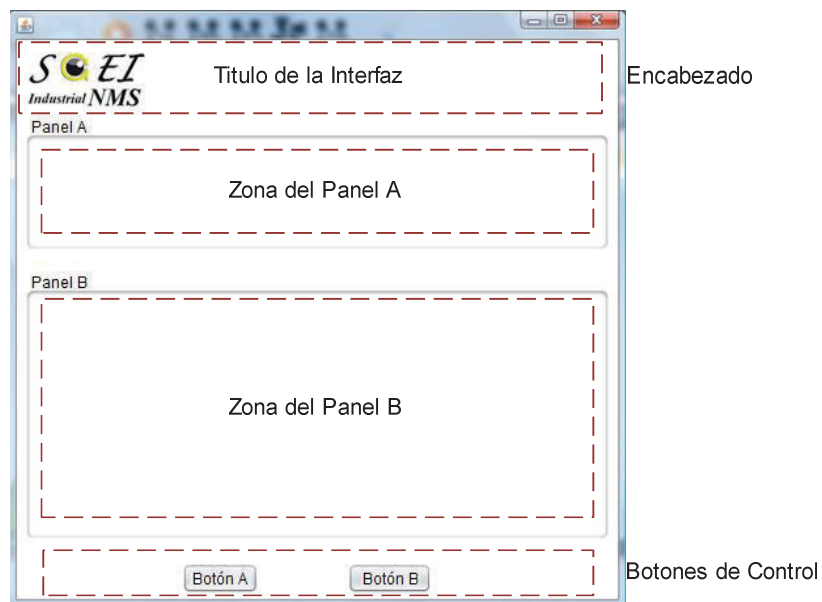


Figura 2.12 Esquema general de la interfaz estándar

En la Figura 2.13 se muestra el esquema de la interfaz principal.

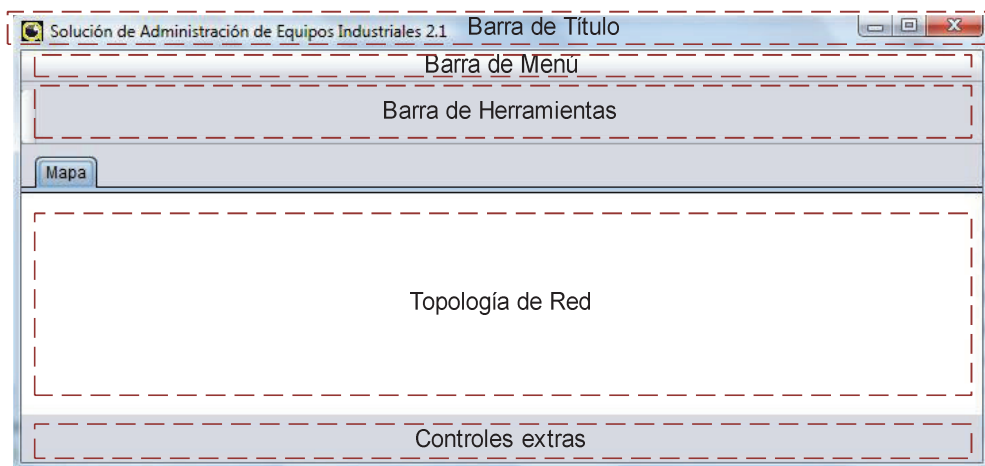


Figura 2.13 Esquema de la interfaz principal

La tarea 15 hace referencia al requerimiento RF001 (el usuario podrá manejar funciones del sistema). Para el requerimiento se utiliza controles para manejar las funciones del sistema. Los controles están ubicados en una barra de herramientas de la interfaz principal. En la Figura 2.14 se muestra la barra de controles del SAEI.



Figura 2.14 Barra de herramientas

Los controles de la barra de herramientas mostrado en la Figura 2.14 se detallan a continuación:

- A. **Nuevo:** Crea un nuevo documento.
- B. **Abrir:** Abre un documento previamente creado.
- C. **Cerrar:** Cierra el documento activo.
- D. **Información del proyecto:** Indica los datos generales que son: nombre, locación y descripción los cuales se almacenan en la base de datos. En la Figura 2.15 se muestra la interfaz gráfica de información del proyecto.

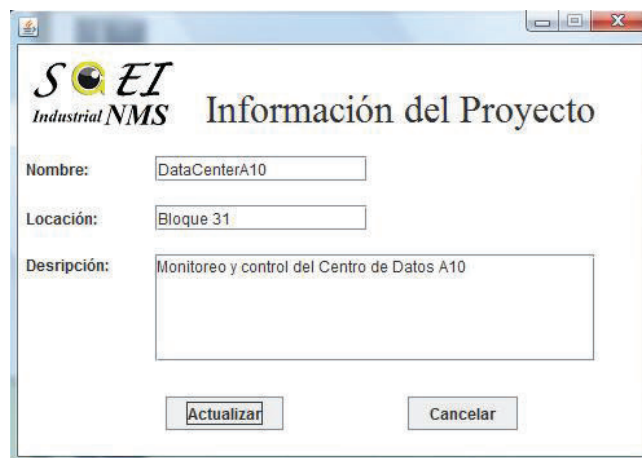


Figura 2.15 Interfaz gráfica "Información del Proyecto"

- E. **Pausar/Monitorear:** Permite activar o pausar el monitoreo del SAEI, cuando el control se encuentra en pausa se deja de enviar mensajes SNMP a los equipos, si está en monitorear se reanuda el envío de los mensajes.
- F. **Seleccionar imagen de fondo:** Permite cambiar la imagen de fondo.

G. **Añadir equipo:** Permite añadir un nuevo equipo. En la Figura 2.16 se muestra la interfaz de agregar equipo.



Figura 2.16 Interfaz gráfica “Agregar Equipo”

En la Figura 2.16 se observa el “Id del Equipo” que permite establecer la identificación para el nuevo equipo, el “Modelo del Equipo” que permite seleccionar el modelo de nuevo equipo, el botón “Seleccionar” que permite cambiar la imagen mostrada y los datos de “alto” y “ancho” permiten establecer las dimensiones de la imagen.

- H. **Eliminar equipo:** Permite eliminar un equipo.
- I. **Configurar SNMP:** Permite cambiar los parámetros de configuración de SNMP. La interfaz gráfica del control se encuentra explicada más adelante en la tarea 18.
- J. **Configurar estados:** Permite establecer la imagen que se mostrará cuando el equipo se encuentre desconectado, normal o en alerta. En la tarea 17 se explicara la interfaz gráfica relacionada al control.

La tarea 16 hace referencia al requerimiento RF002 (el usuario podrá controlar el tiempo de *polling* del sistema). Para el requerimiento se integra en la interfaz principal del sistema, un control ubicado en la parte inferior derecha como se muestra en la Figura 2.17.

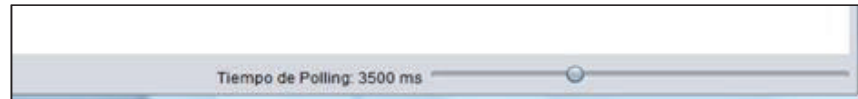


Figura 2.17 Control de *polling* del sistema

La tarea 17 hace referencia al requerimiento RF003 (el usuario podrá visualizar en la interfaz principal el estado de todos los equipos). En la Figura 2.18 se muestra la visualización de los equipos en la interfaz principal.

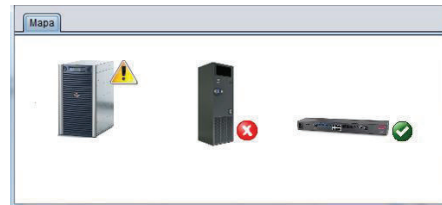


Figura 2.18 Visualización de los equipos en la interfaz principal

En la Figura 2.18 se observa a los equipos UPS, acondicionamiento de aire y NetBotz con sus estados de alerta, desconectado y normal respectivamente. Las imágenes mostradas pueden ser modificadas por medio de la interfaz presentada en la Figura 2.19.



Figura 2.19 Interfaz gráfica “Configuración de Estados”

En la Figura 2.19 se observa el “Id del Equipo” que permite seleccionar el equipo a configurar, el botón “Seleccionar” que permite cambiar la imagen mostrada y los datos de “alto” y “ancho” permiten establecer las dimensiones de la imagen.

La tarea 19 hace referencia al requerimiento RF005 (el usuario podrá cambiar la configuración SNMP de cada equipo). Para el requerimiento se diseña la interfaz gráfica mostrada en la Figura 2.20.

Figura 2.20 Interfaz gráfica “Configuración de SNMP”

En la Figura 2.20 mostrada se observan los siguientes elementos de la interfaz gráfica.

- **Id del Equipo:** Indica la identificación del equipo.
- **Versión SNMP:** Establece la versión de SNMP.
- **IP:** Indica la dirección de red del equipo.
- **Puerto:** Establece el puerto a enviar los mensajes SNMP.
- **Comunidad Lectura/Comunidad Escritura:** Son una cadena de caracteres que establecen una relación entre los agentes SNMP y el sistema en SNMPv2c y SNMPv1.
- **Usuario:** Establece el nombre de usuario a usar en SNMPv3.
- **Privacidad:** Establece el algoritmo DES o AES a usar para la privacidad en SNMPv3.

- **Clave de Privacidad:** Es la clave utilizada para la privacidad en la versión 3 de SNMP. La clave está en texto legible.
- **Autenticación:** Establece el algoritmo SHA o MD5 a utilizar para la autenticación en la versión 3 de SNMP.
- **Clave de Autenticación:** Es la clave utilizada para la privacidad en la versión 3 de SNMP. La clave está en texto legible.

La tarea 20 hace referencia al requerimiento RF006 (el usuario tendrá un perfil el que se utilizará para restringir el acceso al sistema). Para el requerimiento se diseña cuatro interfaces gráficas que permitan acceder al sistema y gestionar las cuentas de los usuarios. En la Figura 2.21 se muestra la interfaz gráfica de identificación de usuario, en donde el usuario ingresará sus credenciales.

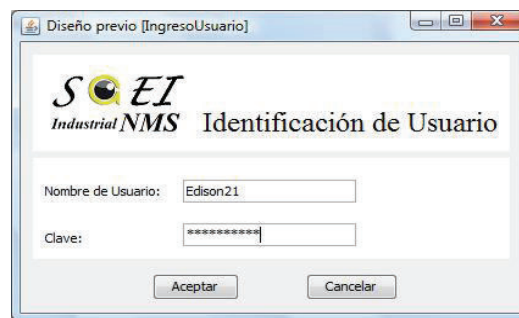


Figura 2.21 Interfaz gráfica “Identificación de Usuario”

En la Figura 2.22 se muestra la interfaz gráfica de administración de usuarios.

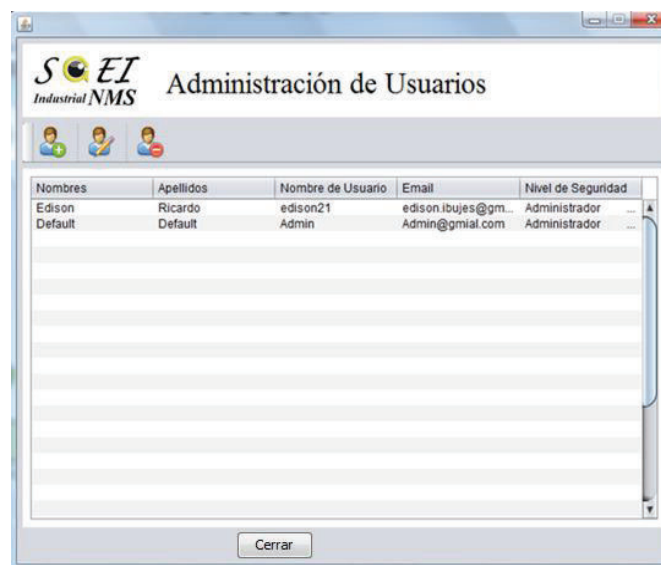


Figura 2.22 Interfaz gráfica “Administración de Usuarios”

En la Figura 2.22 se observan tres iconos en la parte superior izquierda que permitirán agregar, editar y eliminar usuarios. En la parte inferior una tabla muestra los datos de los usuarios.

En la Figura 2.23 se muestra la interfaz gráfica de agregar usuario.

The screenshot shows a window titled "Agregar Usuario" with the SAEI Industrial NMS logo. The form contains the following fields and values:

Nombres:	Edison
Apellidos:	Ibujés
Nombre de Usuario:	edison21
Email:	i.ibujes@gmail.com
Nivel de Acceso:	Administrador
Clave:	abc123456
Confirmar Clave:	abc123456
Nacionalidad:	Ecuatoriano

At the bottom of the form are two buttons: "Aceptar" and "Cancelar".

Figura 2.23 Interfaz gráfica "Agregar Usuarios"

En la Figura 2.23 se observan los siguientes elementos:

- **Nombres:** Especifica el nombre del nuevo usuario.
- **Apellidos** Especifica el apellido del nuevo usuario.
- **Nombre de Usuario:** Especifica el nombre con el cual el sistema SAEI lo reconocerá.
- **Email:** Es el correo electrónico del nuevo usuario.
- **Nivel de Acceso:** Especifica el nivel de acceso de administrador, monitoreo y control. Estos niveles de acceso están diseñados de acuerdo al RF004.
- **Clave:** Es la clave de usuario para acceder al sistema.
- **Nacionalidad:** Es un campo informativo de la procedencia del usuario.

Para editar los datos de un usuario previamente agregado se utiliza la interfaz gráfica mostrada en la Figura 2.24.

Figura 2.24 Interfaz gráfica “Editar Usuario”

La tarea 22 hace referencia al requerimiento RF008 (El usuario podrá consultar datos históricos del funcionamiento de cada equipo). Para el requerimiento se desarrolla la interfaz gráfica mostrada en la Figura 2.25.

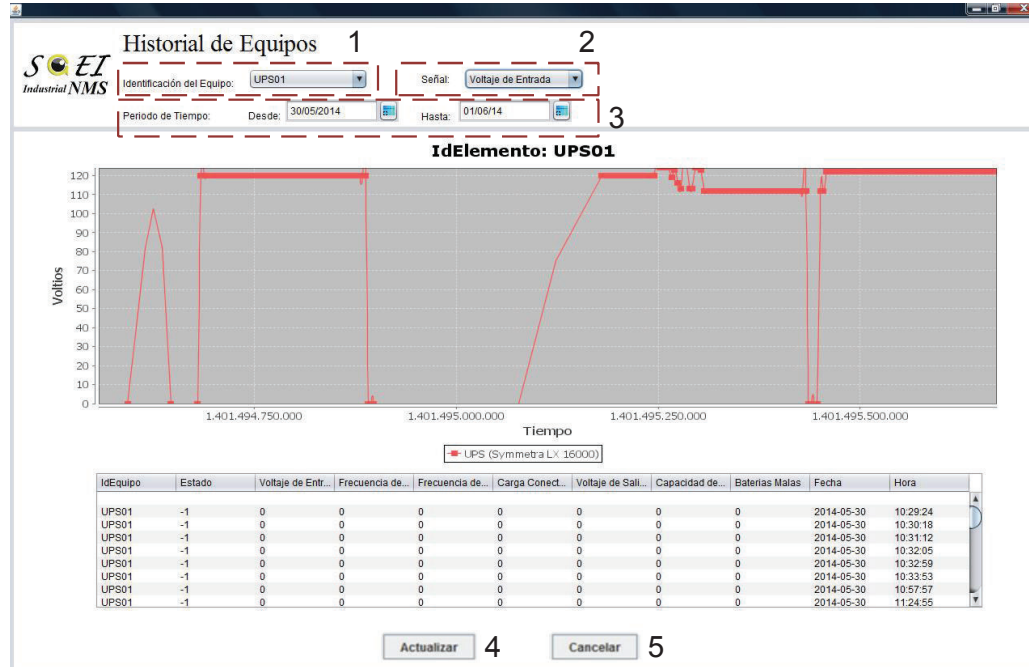


Figura 2.25 Interfaz gráfica “Historial de Equipos”

Los elementos enumerados en la Figura 2.25 se describen a continuación:

1. El elemento permite seleccionar de una lista la identificación del equipo.

2. El elemento permite seleccionar un dato de una lista mostrada.
3. El elemento permite seleccionar un rango de tiempo.
4. El elemento actualiza el gráfico y la tabla con los nuevos valores.
5. El elemento cierra la interfaz gráfica del historial de equipos.

2.3.7.3.3 Estructura del documento SAEI

La información de la configuración de los equipos se guarda en un documento SAEI con extensión .XML. Antes de mostrar la estructura del documento SAEI se realiza un ejemplo de uso de la librería JespXML para crear un documento XML, el cual presenta el Código 2.7.

```

/**
 * Este programa crea un documento XML sencillo con el uso de la
 * librería JespXML.
 */
import java.io.FileNotFoundException;
import java.util.logging.Level;
import java.util.logging.Logger;
import javax.xml.parsers.ParserConfigurationException;
import javax.xml.transform.TransformerConfigurationException;
import javax.xml.transform.TransformerException;
import org.jespxml.JespXML;
import org.jespxml.modelo.Atributo;
import org.jespxml.modelo.Tag;

public class PruebaEjemplo {
    public static void main(String[] args) throws
        ParserConfigurationException,
        TransformerConfigurationException,
        FileNotFoundException,
        TransformerException {
        JespXML archivo = new JespXML("Ejemplo.xml");
        Tag Proyecto = new Tag("Proyecto");
        Proyecto.addAtributo(new Atributo("idProyecto", "1324AW21"));
        Tag equipo = new Tag("equipo");
        Tag nombre, modelo;
        nombre = new Tag("nombre");
        modelo = new Tag("modelo");
        nombre.addContenido("PDU01");
        modelo.addContenido("AP8858NA3");
        equipo.addTagHijo(nombre);
        equipo.addTagHijo(modelo);
        Proyecto.addTagHijo(equipo);
        archivo.escribirXML(Proyecto);
    }
}

```

Código 2.7 Ejemplo de uso de la librería JespXML

En la Figura 2.26 se muestra la respuesta del ejemplo de uso de la librería JespXML.


```

1  <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no" ?>
2  <Proyecto idProyecto="1324AW21">
3    <equipo>
4      <nombre>PDU01</nombre>
5      <modelo>AP8858NA3</modelo>
6    </equipo>
7  </Proyecto>

```

Figura 2.26 Respuesta del ejemplo de uso de la librería JespXML

Con la librería JespXML se desarrolla un documento .XML que guarda la configuración de los equipos en el sistema SAEI, la estructura del documento SAEI se muestra en el Código 2.8.

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no" ?>
<INMS>
<General
<!-- Guarda el alto de la imagen de fondo. -->
alto="426"
<!-- Guarda el ancho de la imagen de fondo. -->
ancho="1063"
<!-- Guarda la identificación del proyecto. -->
idProyecto="001"
<!-- Guarda el nombre de la imagen de fondo. -->
imagen="PlotPlan"
<!-- Guarda la posición en x de la imagen de fondo. -->
positionx="10"
<!-- Guarda la posición en y de la imagen de fondo. -->
positiony="10"
/>
<Equipos>
<!-- Guarda la identificación del equipo. -->
<PDU01

<!-- Datos generales del equipo

Guarda la dirección de red del equipo.
-->
IP="169.254.254.25"
<!-- Guarda la versión de SNMP que se está utilizando. -->
version="v2"
<!-- Guarda el puerto usado en el envío de los mensajes SNMP. -->
puerto="2004"
<!-- Guarda el modelo del equipo. -->
tipoAgente="PDU (AP8858NA3) "
<!-- Guarda el alto de la imagen del equipo. -->
alto="26"
<!-- Guarda el ancho de la imagen del equipo. -->
ancho="26"
<!-- Guarda el nombre de la imagen, que es
mostrado cuando el equipo esta alertado. -->
imagenAlerta="IconAlerta.png"
<!-- Guarda el nombre de la imagen, que es
mostrado cuando el equipo esta desconectado. -->
imagenError="IconError.png"

```

Código 2.8 Estructura del documento SAEI (Parte I)

```

<!-- Guarda el nombre de la imagen, que es
mostrado cuando el equipo está en operación normal. -->
imagenOk="IconOk.png"
<!-- Guarda la posición horizontal de la imagen del equipo. -->
positionx="715"
<!-- Guarda la posición vertical de la imagen del equipo. -->
positiony="144"
<!-- Datos para SNMP versión 1 y 2
Guarda el tipo de comunidad de escritura. -->
comunidadEscritura="private"
<!-- Guarda el tipo de comunidad de lectura. -->
comunidadLectura="public"
<!-- Datos para SNMP versión 3
Guarda el nombre del usuario. -->
nombreUsuario="newUser"
<!-- Guarda el tipo de autenticación usado. -->
auth="MD5"
<!-- Guarda el password de autenticación. -->
authPassword="abc12345"
<!-- Guarda el tipo de privacidad usado. -->

priv="DES"
<!-- Guarda el password de privacidad. -->
privPassword="abc12345"
/>
<!-- Continúa con la definición del siguiente equipo. -->

<PDU02
IP="169.254.254.26"
... />

</Equipos> </INMS>

```

Código 2.8 Estructura del documento SAEI (Parte II)

El archivo está dividido en dos secciones, la primera sección guarda la información general y la segunda sección guarda la configuración de cada equipo. El documento se genera automáticamente por el sistema SAEI cuando se crea un nuevo documento, y lo actualiza a medida que el usuario va ingresando equipos y configurándolos.

2.3.8 *SPRINT* #5 REVISIÓN DEL SISTEMA

2.3.8.1 Planeación del *sprint* #5

La planificación del último *sprint* #5 fue el 01-04-2013, en esta reunión se escogieron las tareas (18 y 21) de la historia D y las tareas que no estaban concluidas para ser desarrolladas en el *sprint* #5.

2.3.8.2 Lista de pendientes del *sprint* #5

En base a la planeación del *sprint* #5, se realizó el listado de pendientes del *sprint* #5, que se muestra en la Tabla 2.10.

Tarea ID	Historia ID	Tiempo en días	Porcentaje de Avance de Cada ID				
			<i>Sprint</i> 1	<i>Sprint</i> 2	<i>Sprint</i> 3	<i>Sprint</i> 4	<i>Sprint</i> 5
			Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
1	A	4	Terminado				
2	A	4	Terminado				
3	B	5	Iniciado	Terminado			
4	B	5	Iniciado	Terminado			
5	B	3		Terminado			
6	B	3		Terminado			
7	B	3		Iniciado	Terminado		
8	B	3		Iniciado	Terminado		
9	B	3		Iniciado	Terminado		
10	B	5		Iniciado	Terminado		
11	C	4			Iniciado	Terminado	
12	C	4			Iniciado	Terminado	
13	C	4			Iniciado	Terminado	
14	D	3				Iniciado	Revisión
15	D	4				Iniciado	Revisión
16	D	3				Iniciado	Revisión
17	D	3				Iniciado	Revisión
18	D	3					Desarrollo
19	D	3				Iniciado	Revisión
20	D	3				Iniciado	Revisión
21	D	2					Desarrollo
22	D	2				Iniciado	Revisión

Tabla 2.10 Lista de pendientes del *sprint* #5

2.3.8.3 Revisión del *sprint* # 5

El 30-04-2013 se revisó el último *sprint* #5. En la revisión de las tareas se aceptaron todas, finalizando el desarrollo del sistema SAEI.

2.3.8.3.1 Rediseño del subsistema de presentación

El rediseño del subsistema de presentación se realiza a través de las tareas 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 y 22. A continuación se explica lo desarrollado en cada tarea.

La tarea 14 es la realización de los esquemas generales de las interfaces gráficas. Para el requerimiento se rediseña el “Esquema general de la interfaz gráfica estándar”, los cambios realizados son: se elimina el encabezado, se agrega el logo y un nuevo botón, como se muestra en la Figura 2.27.

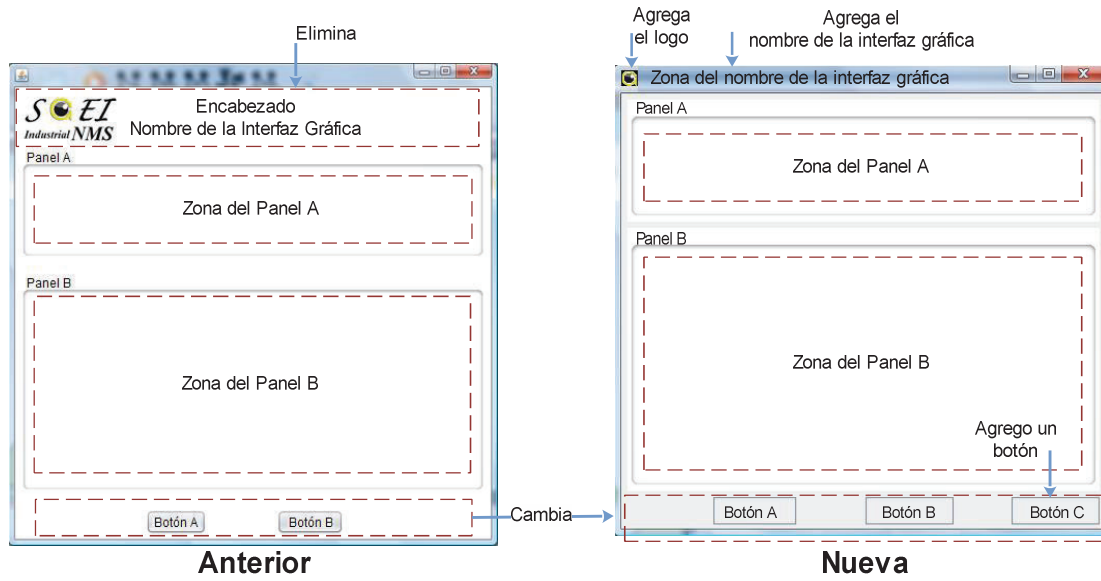


Figura 2.27 Rediseño del esquema general de la interfaz gráfica estándar

La tarea 15 hace referencia al requerimiento RF001. Para el requerimiento se rediseña la “Barra de herramientas” debido a la incorporación de nuevos controles. En la Figura 2.28 se muestra el rediseño de la barra de herramientas.

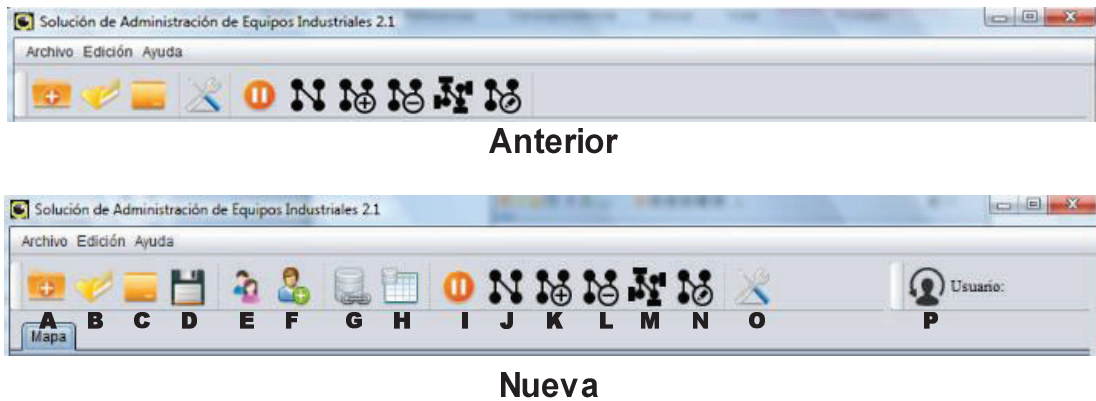


Figura 2.28 Rediseño de la barra de herramientas

A continuación se describe cada control de la barra de herramientas.

- A. **Nuevo:** Crea un nuevo documento.
- B. **Abrir:** Abre un documento previamente creado.
- C. **Cerrar:** Cierra el documento activo.
- D. **Guardar:** Guarda los cambios que se han realizado en el documento.

- E. **Administrar usuarios:** Gestiona la cuenta de los usuarios que podrán acceder al proyecto. La interfaz gráfica relacionada al control se muestra más adelante en la tarea 19.
- F. **Agregar usuario:** Muestra una interfaz gráfica para agregar un nuevo usuario. La interfaz fue rediseñada con los siguientes cambios: eliminación del encabezado, agregación del logo y modificación de los campos “clave” y “confirmar clave” a texto oculto, visto en la Figura 2.29.

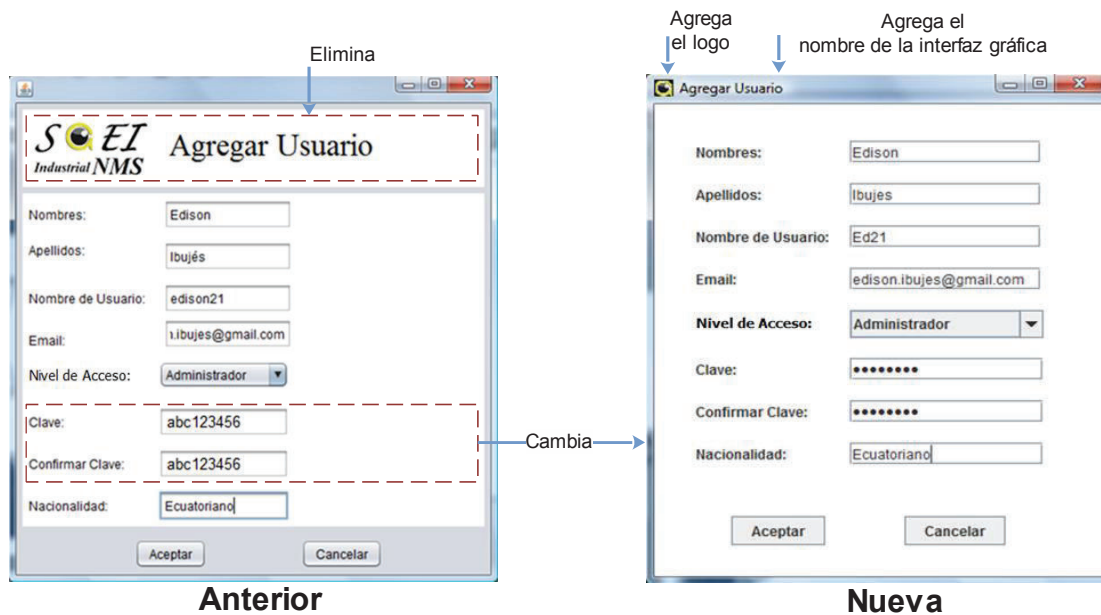


Figura 2.29 Rediseño de la interfaz gráfica “Agregar Usuario”

- G. **Conexión a base de datos:** Configura la conexión con la base de datos PostgreSQL. En la Figura 2.30 se muestra la interfaz gráfica de configuración de la base de datos.

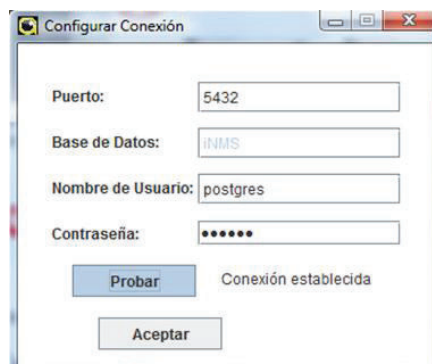


Figura 2.30 Interfaz gráfica “Configurar Conexión”

- H. **Historial**: Accede al historial de los equipos. La interfaz gráfica relacionada al control se muestra más adelante en la tarea 22.
- I. **Pausar/Monitorear**: Permite pausar o monitorear los equipos.
- J. **Imagen de fondo**: Permite cambiar la imagen de fondo.
- K. **Añadir equipo**: Muestra una interfaz gráfica que permite añadir un equipo. La interfaz fue rediseñada y los cambios realizados son: eliminación del encabezado; agregación del logo, nombre de la interfaz y del botón “Vista Previa”; y modificación de las imágenes de los equipos, mostrado en la Figura 2.31.

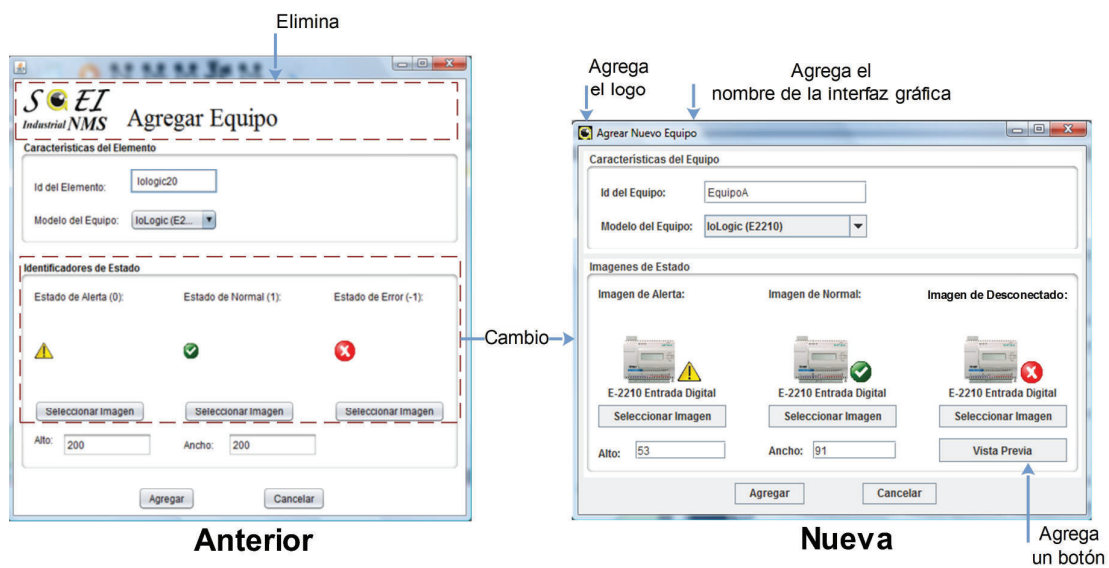


Figura 2.31 Rediseño de la interfaz gráfica “Agregar Equipo”

- L. **Eliminar equipo**: Elimina un equipo.
- M. **Configurar SNMP**: Cambia los parámetros de configuración de SNMP por equipo. La interfaz gráfica relacionada al control se muestra más adelante en la tarea 18.
- N. **Configurar imágenes**: Muestra la interfaz gráfica configuración de imágenes. La interfaz fue rediseñada con la eliminación del encabezado; agregación del logo y nombre de la interfaz; modificación del id, modelo del equipo e imágenes; y agregación del botón “Vista Previa”, como se muestra en la Figura 2.32.

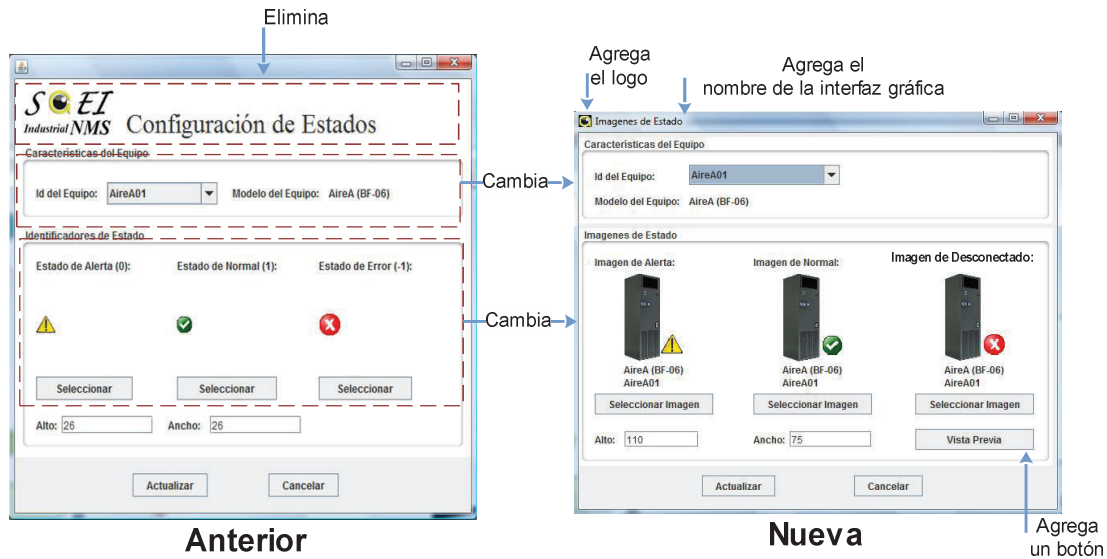


Figura 2.32 Rediseño de la interfaz gráfica “Configuración de Imágenes”

O. **Información del proyecto:** Indica los datos generales del proyecto que son: nombre, ubicación y descripción. La interfaz gráfica relacionada al control se muestra más adelante en la tarea 16.

P. **Cambiar usuario:** Permite cambiar el usuario que ha ingresado.

La tarea 16 hace referencia al requerimiento RF002 (el usuario podrá controlar el tiempo de *polling* del sistema). Para lo cual se rediseña la interfaz gráfica de información del proyecto, las modificaciones son: se elimina el encabezado, se agrega el logo y se agrega el control de *polling*, visto en la Figura 2.33.

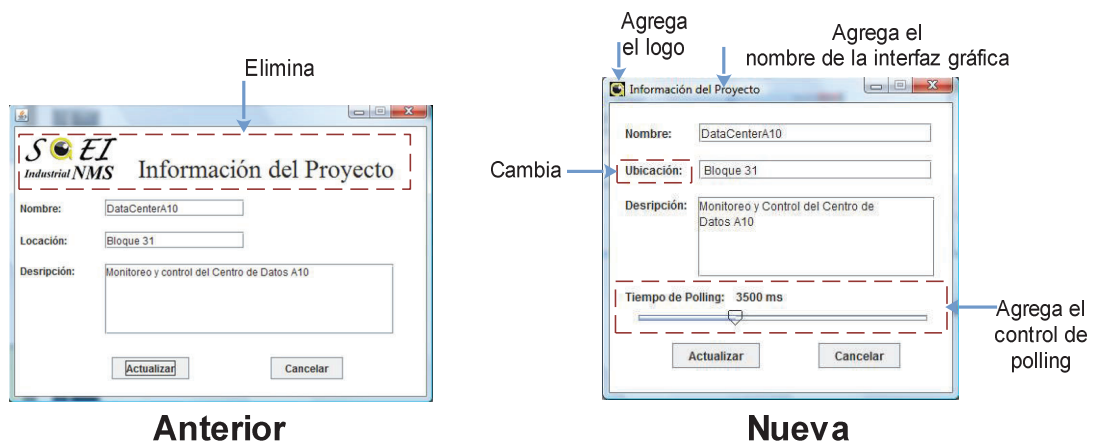


Figura 2.33 Rediseño de la interfaz gráfica “Información del Proyecto”

La tarea 17 hace referencia al requerimiento RF003 (el usuario podrá visualizar en la interfaz principal el estado de todos los equipos). Para el requerimiento se rediseña la visualización de los equipos, por lo cual se incorpora el modelo y la identificación del equipo en parte inferior de la imagen, como se presenta en la Figura 2.34.

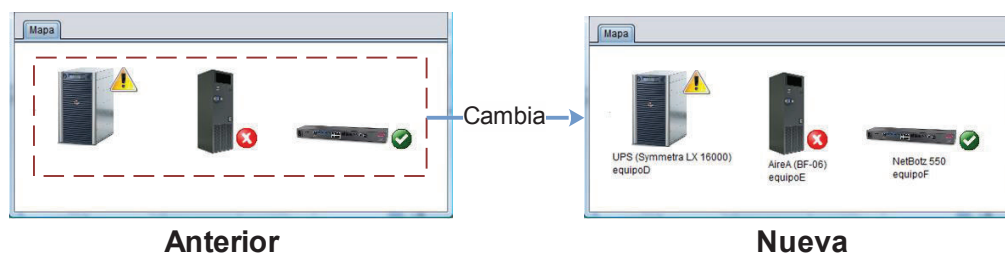


Figura 2.34 Rediseño de la visualización de los equipos

La tarea 18 hace referencia al requerimiento RF004 (el usuario podrá visualizar en una interfaz los datos monitoreados del equipo). Para el requerimiento se diseña una interfaz gráfica por cada modelo de equipo. En la Figura 2.35 se muestra la interfaz gráfica del equipo UPS.

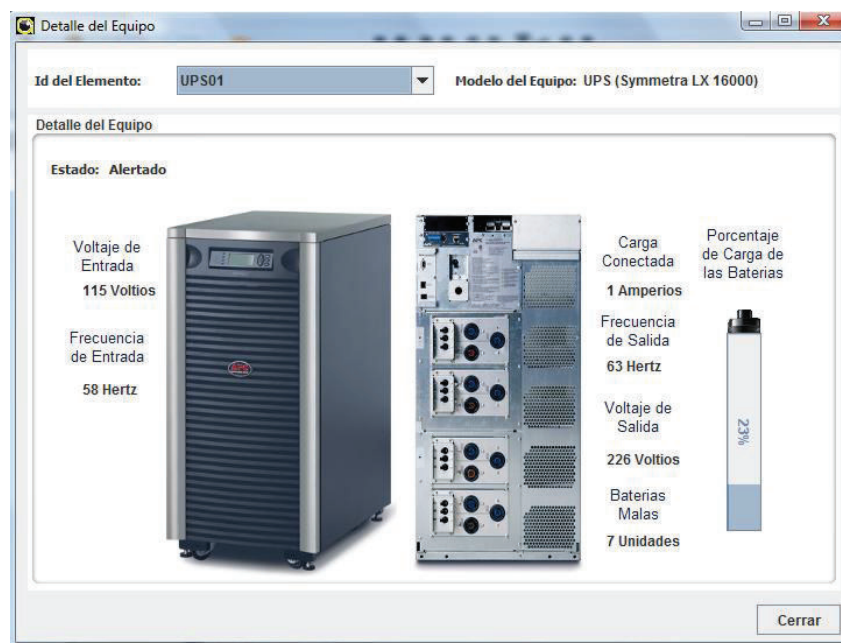


Figura 2.35 Interfaz gráfica del equipo UPS

En la Figura 2.36 se muestra la interfaz gráfica del acondicionamiento de aire.

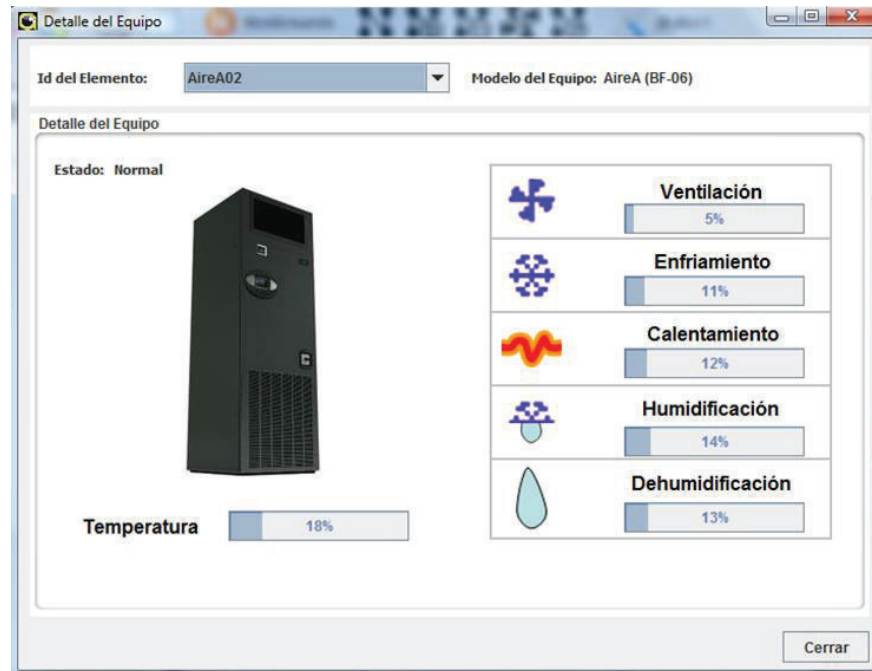


Figura 2.36 Interfaz gráfica del acondicionamiento de aire

En la Figura 2.37 se muestra la interfaz gráfica del equipo ATS.

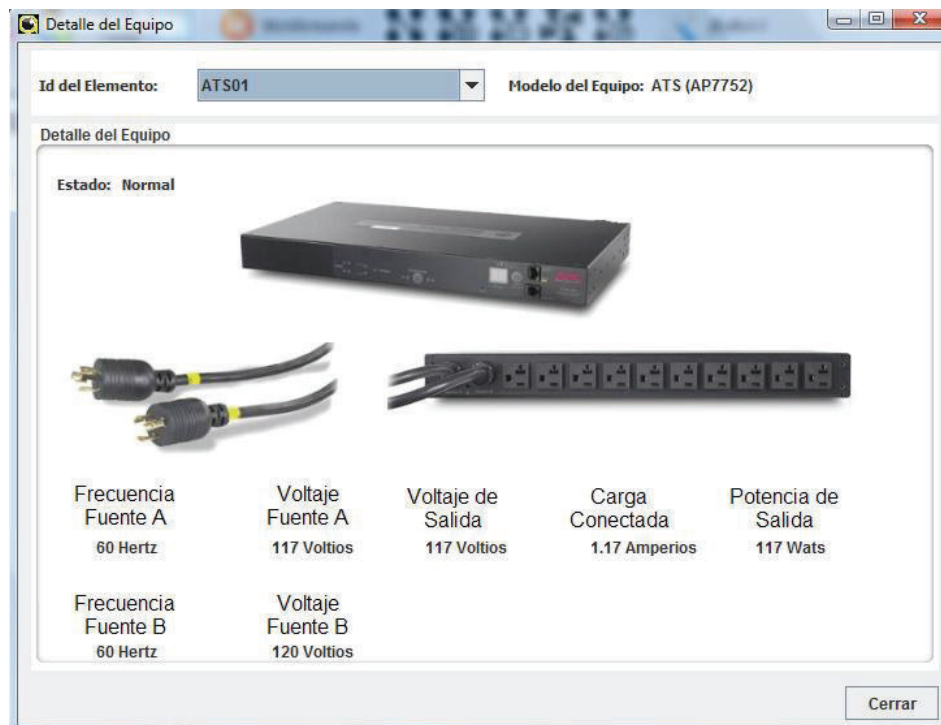


Figura 2.37 Interfaz gráfica del equipo ATS

En la Figura 2.38 se muestra la interfaz gráfica del equipo PDU.



Figura 2.38 Interfaz gráfica del equipo PDU

En la Figura 2.39 se muestra la interfaz gráfica del equipo ioLogic E2210.

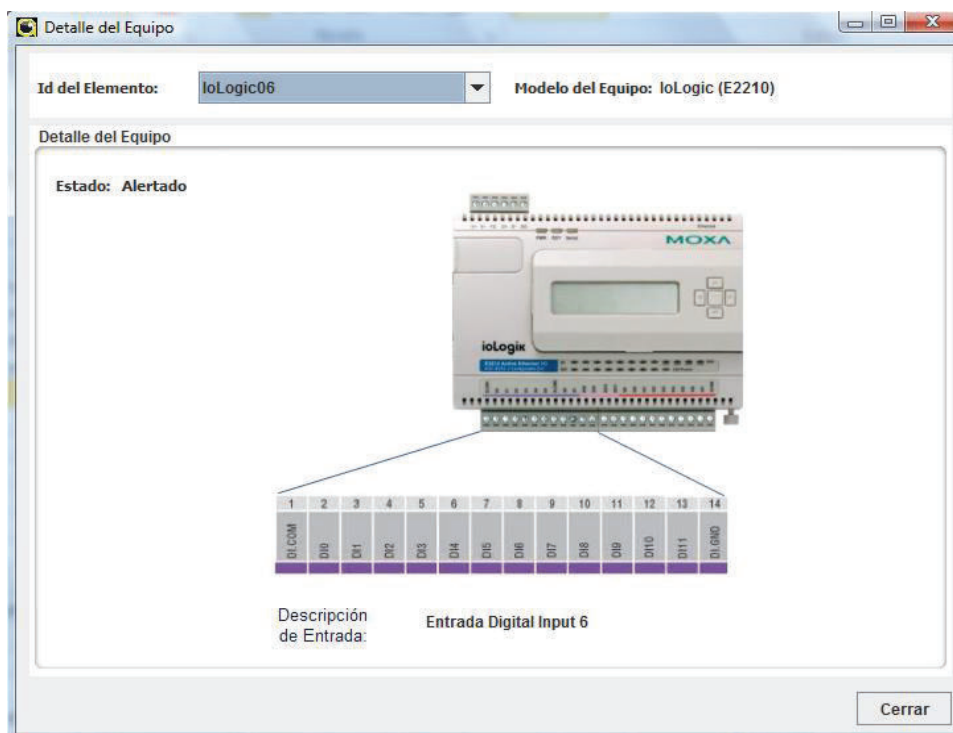


Figura 2.39 Interfaz gráfica del equipo ioLogic E2210

En la Figura 2.40 se muestra la interfaz gráfica del equipo NetBotz 550.

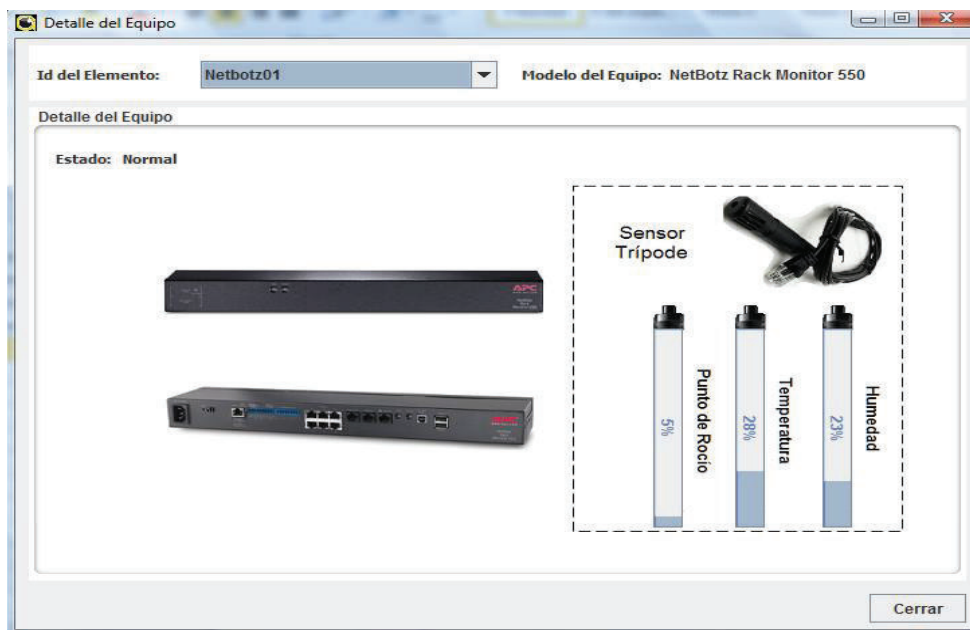


Figura 2.40 Interfaz gráfica del equipo NetBotz 550

La tarea 19 hace referencia al requerimiento RF004 (el usuario podrá cambiar la configuración SNMP de cada equipo). En la Figura 2.42 se muestra el rediseño de la interfaz gráfica de configuración para la versión 1 y 2c de SNMP, los cambios realizados son: se elimina el encabezado, se agrega el logo y se reordena los elementos para una mejor visualización.

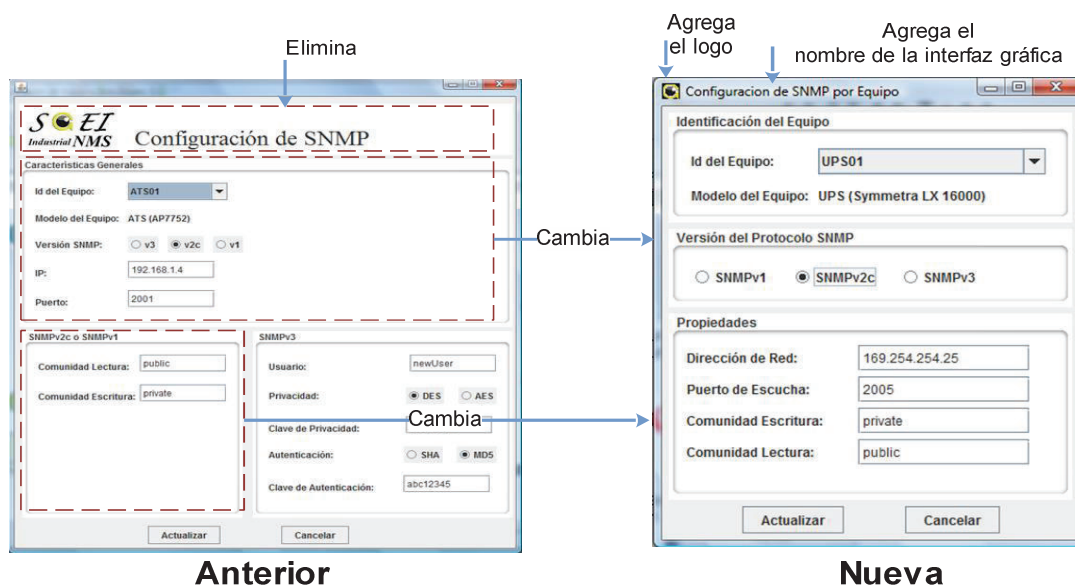


Figura 2.41 Rediseño de la interfaz gráfica “Configuración de SNMP” para la versión 1 y 2c

En la Figura 2.41 se muestra el rediseño de la interfaz gráfica de configuración para la versión 3 de SNMP, los cambios realizados son: se elimina el encabezado; se agrega el logo, la confirmación de la clave de privacidad y la confirmación de la clave de autenticación; y se cambia el tipo de texto de los campos “Clave de Privacidad” y “Clave de Autenticación” a tipo clave.

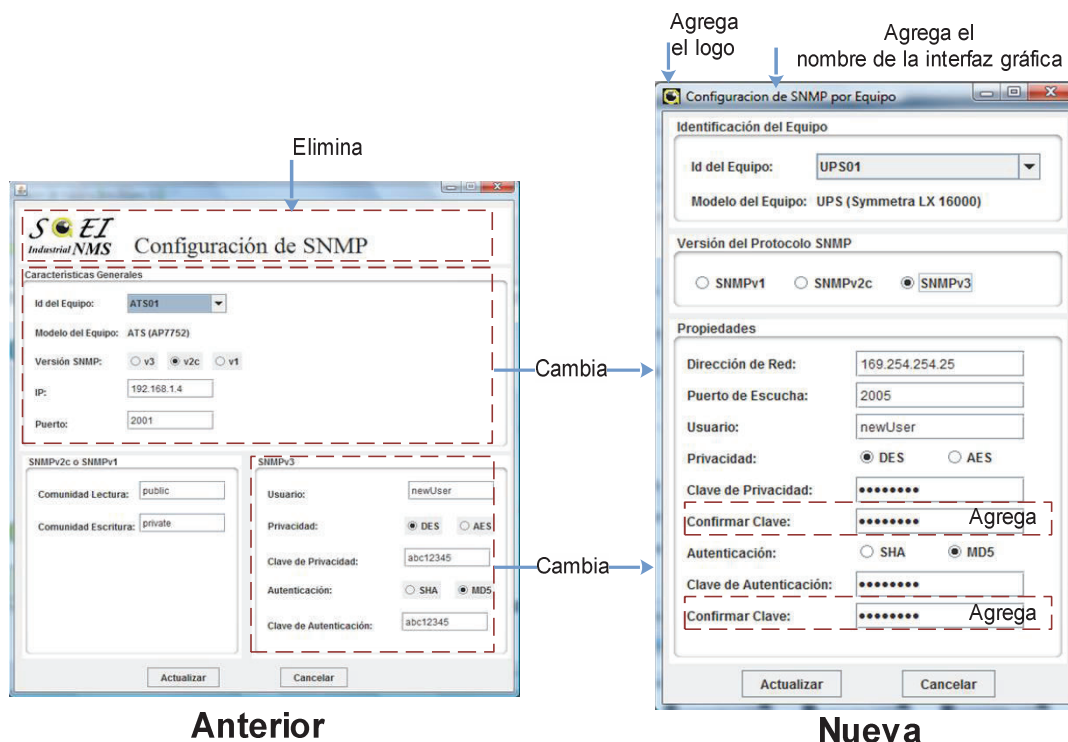


Figura 2.42 Rediseño de la interfaz gráfica “Configuración de SNMP” para la versión 3

La tarea 20 hace referencia al requerimiento RF006 (el usuario tendrá un perfil, el cual se utilizará para restringir el acceso al sistema). Para el requerimiento se rediseña la interfaz gráfica “Identificación de Usuario” y “Administración de Usuarios”. En la Figura 2.43 se muestra el rediseño de la interfaz gráfica de identificación de usuario, los cambios realizados son: se elimina el encabezado y se agrega el logo.

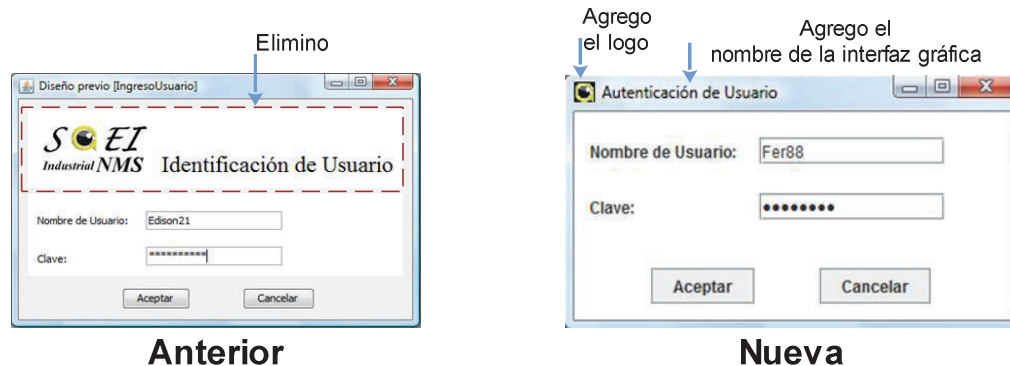


Figura 2.43 Rediseño de la interfaz gráfica “Identificación de Usuario”

En la Figura 2.44 se muestra el rediseño de la interfaz gráfica de administración de usuarios, los cambios realizados son: se elimina el encabezado, se agrega el logo y se mueve el botón “Cerrar”.

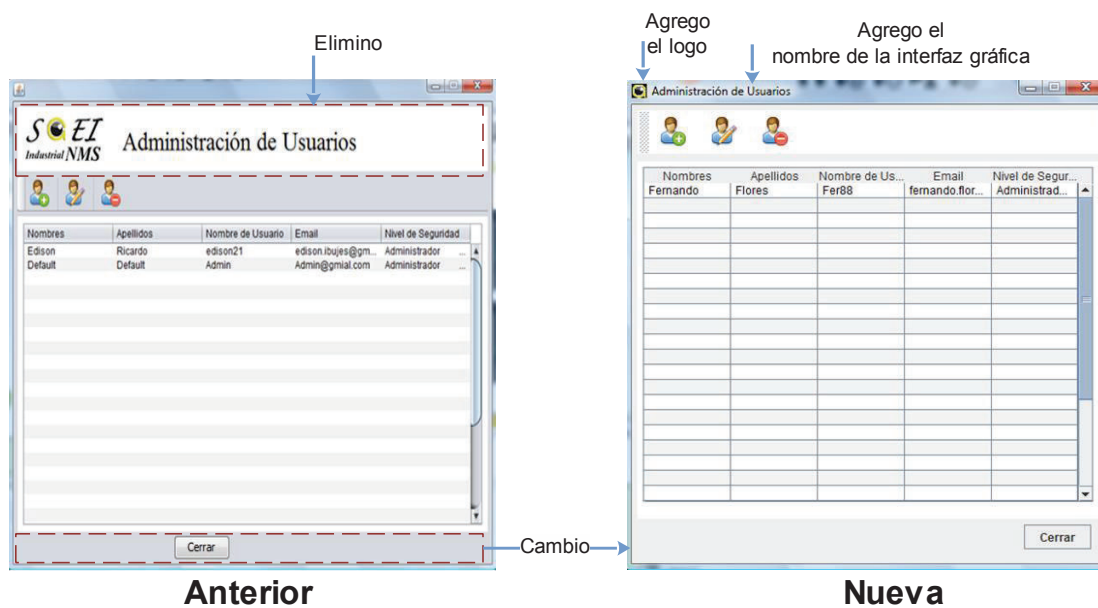


Figura 2.44 Rediseño de la interfaz gráfica “Administración de usuarios”

La tarea 21 hace referencia al requerimiento RF007, para el requerimiento se diseñan tres interfaces, que son: interfaz gráfica de control del ATS, interfaz gráfica de control del UPS e interfaz gráfica de control del ioLogik.

La interfaz de control del ATS permite las acciones: reiniciar, limpiar el historial de alarmas y establecer la fuente preferida. En la Figura 2.45 se muestra la interfaz gráfica de control del ATS.

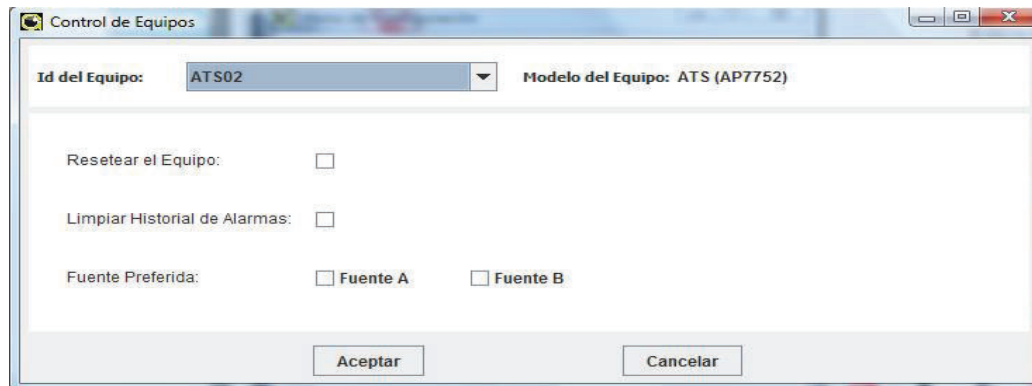


Figura 2.45 Interfaz gráfica “Control del ATS”

La interfaz de control del UPS permite las acciones: apagar, reiniciar, encender y establecer en modo *bypass*. En la Figura 2.46 se muestra la interfaz gráfica de control del UPS.

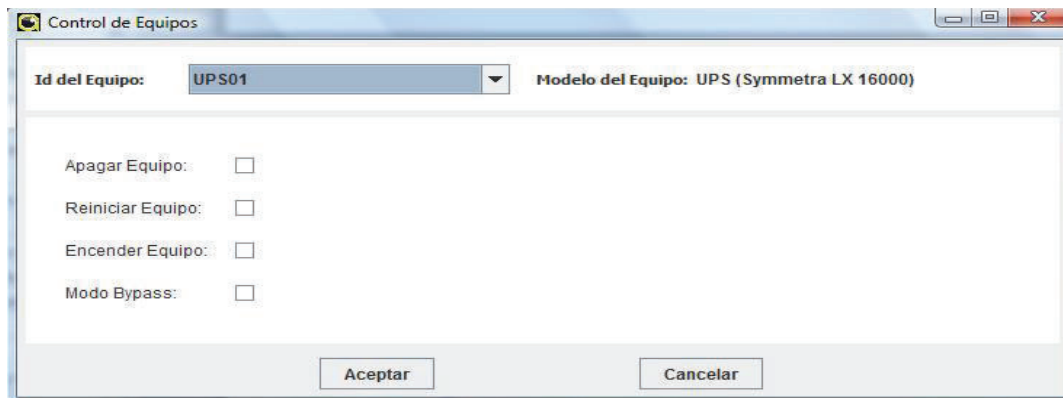


Figura 2.46 Interfaz gráfica “Control del UPS”

La interfaz de control del ioLogic permite las acciones: encender y apagar cada una de las ocho salidas digitales disponibles. En la Figura 2.47 se muestra la interfaz gráfica de control del ioLogic.

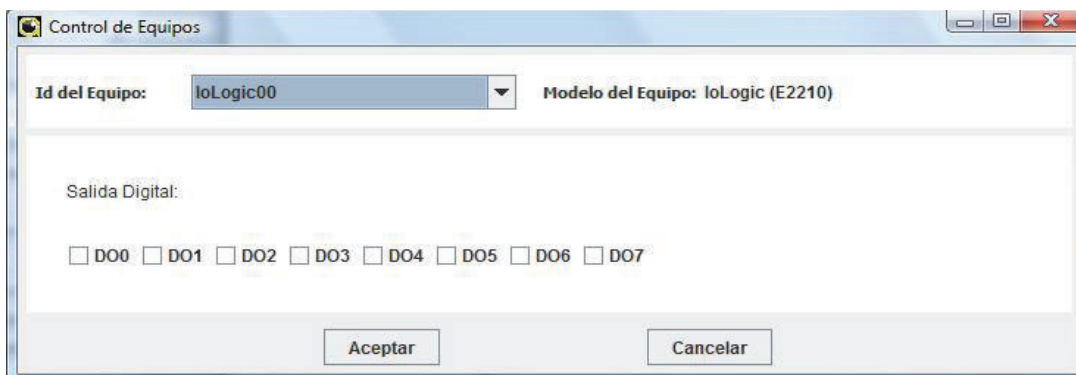


Figura 2.47 Interfaz gráfica “Control del ioLogic”

La tarea 22 hace referencia al requerimiento RF007 (el usuario podrá consultar datos históricos del funcionamiento de cada equipo). Para el requerimiento se rediseña la interfaz gráfica “Historial de Equipos”. En las Figuras 2.48 y 2.49 mostradas, los cambios realizados son: eliminación del encabezado, agregación del logo, organización de los campos de la interfaz, modificación de la unidad de tiempo y cambio del tipo de gráfico.

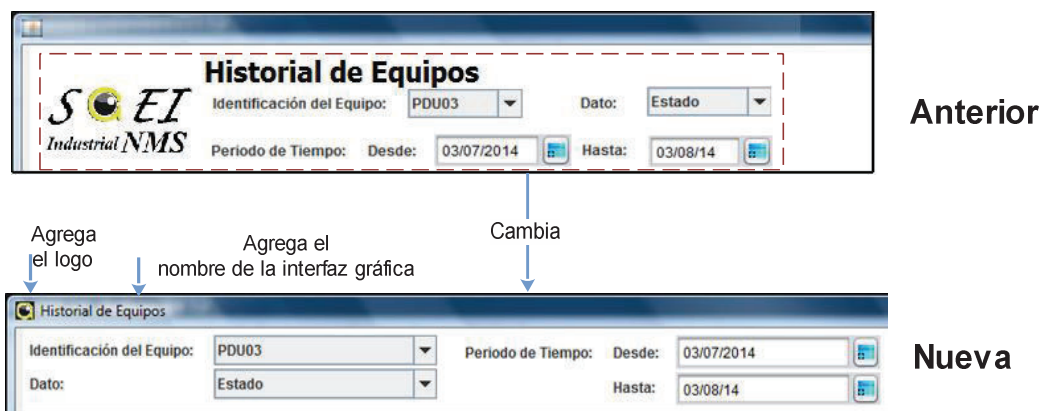


Figura 2.48 Rediseño del encabezado de la interfaz gráfica “Historial de Equipos”

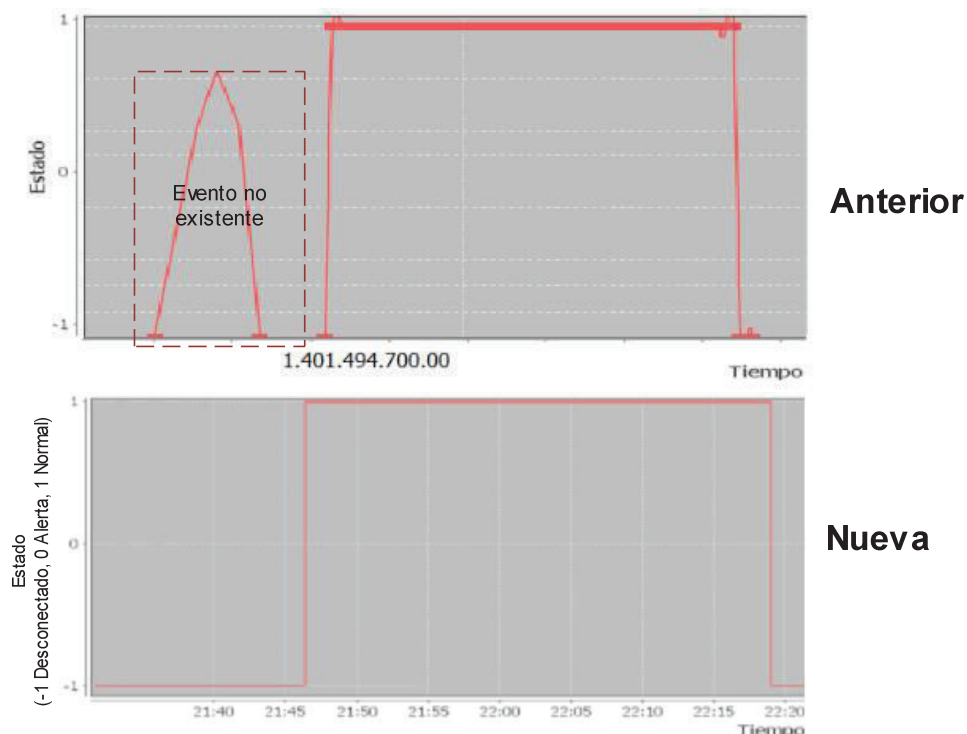


Figura 2.49 Rediseño de la interfaz gráfica “Historial de Equipos”

2.3.9 RESUMEN DEL AVANCE DE LAS TAREAS EN LOS *SPRINTS*

Un resumen del avance de las tareas en cada *sprint* se muestra en la Tabla 2.11.

Tarea ID	Historia ID	Tiempo en días	Avance de las Tareas				
			<i>Sprint</i> 1	<i>Sprint</i> 2	<i>Sprint</i> 3	<i>Sprint</i> 4	<i>Sprint</i> 5
			Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
1	A	4	Terminado				
2	A	4	Terminado				
3	B	5	Iniciado	Terminado			
4	B	5	Iniciado	Terminado			
5	B	3		Terminado			
6	B	3		Terminado			
7	B	3		Iniciado	Terminado		
8	B	3		Iniciado	Terminado		
9	B	3		Iniciado	Terminado		
10	B	5		Iniciado	Terminado		
11	C	4			Iniciado	Terminado	
12	C	4			Iniciado	Terminado	
13	C	4			Iniciado	Terminado	
14	D	3				Terminado	
15	D	4				Iniciado	Terminado
16	D	3				Iniciado	Terminado
17	D	3				Iniciado	Terminado
18	D	3					Terminado
19	D	3				Iniciado	Terminado
20	D	3				Iniciado	Terminado
21	D	2					Terminado
22	D	2				Iniciado	Terminado

Tabla 2.11 Resumen del avance de las tareas en cada *sprint*

En resumen el sistema fue desarrollado en cinco *sprints* con la realización de veintidós tareas. Al finalizar cada *sprint* se realizaron pruebas de funcionamiento para validar los requerimientos funcionales del sistema, dichas pruebas se describen en la Sección 3.1.

CAPÍTULO 3

PRUEBAS DEL SISTEMA

En el presente capítulo se presentan dos tipos de pruebas realizadas en el sistema SAEI (Solución de Administración de Equipos Industriales). La primera prueba permite validar y verificar el funcionamiento del sistema. La segunda prueba calcula el consumo de los recursos de hardware (CPU, memoria y almacenamiento) en diferentes escenarios. Al final del capítulo se determinan los requerimientos mínimos de hardware y software para el uso del sistema con la ayuda de las pruebas previamente realizadas.

3.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA SAEI

Las pruebas de funcionamiento del sistema SAEI permiten validar y verificar si el sistema final cumple los objetivos para los cuales fue construido. Las pruebas fueron realizadas durante la realización del Proyecto de Titulación con la ayuda de un *Data Center* proporcionado por la empresa PIL S.A. Los objetivos de las pruebas de funcionamiento son tres: (1) validar si el sistema muestra de forma entendible el estado (desconectado, alerta y normal) de los equipos industriales. (2) Verificar si el sistema puede controlar correctamente los equipos. (3) Validar la capacidad del sistema para almacenar y mostrar los datos históricos.

3.1.1 DIAGRAMA DE RED PARA LAS PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

En la Figura 3.1 se muestra el diagrama de red para las pruebas de funcionamiento.

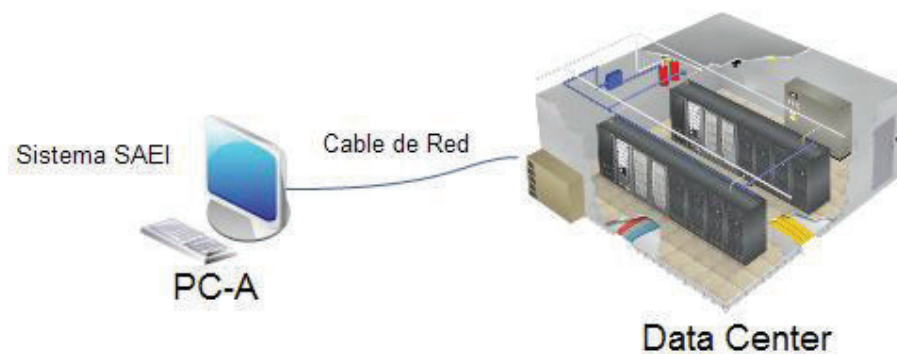


Figura 3.1 Diagrama de red para las pruebas de funcionamiento

El medio físico para la comunicación de los equipos industriales ubicados en el *Data Center* es mediante un cable UTP categoría 6. El cable de red para la conexión de la PC-A es también categoría 6.

La PC-A indicada en la Figura 3.1 ejecuta el sistema SAEI y gestiona el *Data Center*. Las características de hardware de la PC-A son las siguientes:

- **Fabricante:** Dell
- **Memoria:** 3 GB
- **Procesador:** Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU (2.00 Ghz)
- **Sistema Operativo:** Windows Vista de 32 bits

Las características del *Data Center* se detallan a continuación.

3.1.2 DESCRIPCIÓN DEL DATA CENTER

El *Data Center* construido por la empresa PIL S.A. está ubicado en sector del oriente del Ecuador, en el Parque Nacional Yasuní, bloque 31. En la Figura 3.2 se muestra la parte exterior del *Data Center*.



Figura 3.2 Exterior del *Data Center*

El interior del *Data Center* consta del área de oficina para el trabajo del personal y del cuarto de comunicaciones para albergar los equipos industriales. El área de oficina y el cuarto de comunicaciones se muestran en la Figura 3.3.

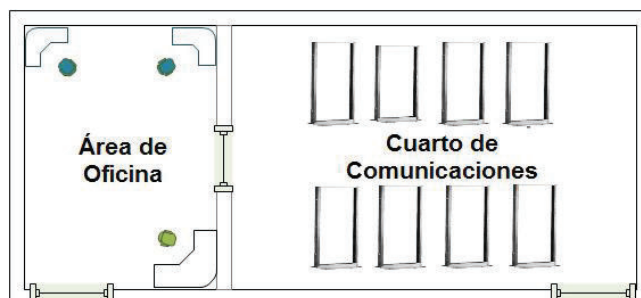


Figura 3.3 Distribución de espacio en el *Data Center*

3.1.2.1 Diagrama de conexiones de equipos presentes en el *Data Center*

En el diagrama de conexiones los equipos están conectados a un switch modelo “Cisco 2960s” que permite su conectividad en red. En la Figura 3.4 se muestra el diagrama de conexiones de equipos presentes en el *Data Center*.

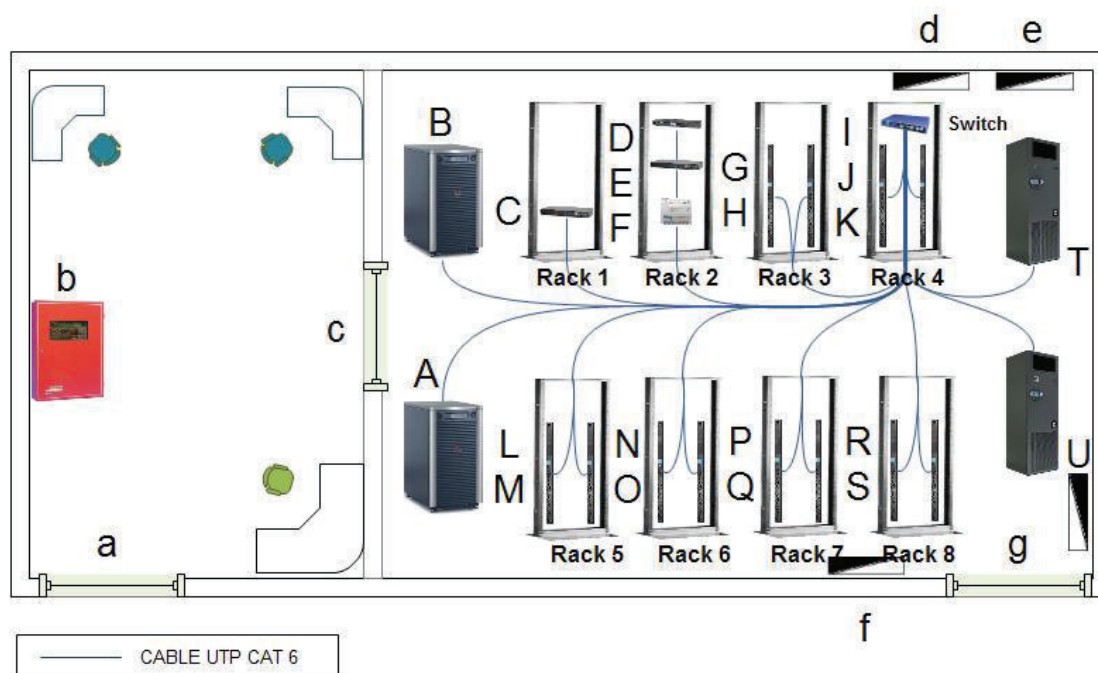


Figura 3.4 Diagrama de conexiones de equipos presentes en el *Data Center*

En la Figura 3.4 se observan los equipos enumerados con una letra mayúscula, estos se conectan al switch ubicado en el rack 4. Los equipos encontrados fuera de los racks son: las UPS (A y B) y los aires acondicionados de precisión (T y U). Los equipos instalados en los ocho racks son: la RTU (F), las PDU (G, H, J, K, L, M, N, O, P, Q, R y S), las ATS (C y E) y el NetBotz Rack Monitor (D), los equipos están distribuidos en los ocho racks y sus características técnicas fueron descritas

en la Sección 1.3. En la Tabla 3.1 se muestra el listado de los equipos presentes en el *Data Center*.

Ítem	Nombre	Sistema del <i>Data Center</i>	Cantidad
A y B	Sistema de Alimentación Ininterrumpida (UPS)	Sistema eléctrico	2
C y D	Sistema de Transferencia Automática (ATS)	Sistema eléctrico	2
E	NetBotz Rack Monitor 550	-	1
F	RTU ioLogik	Sistema contra incendios	1
G, H, J, K, L, M, N, O, P, Q, R y S	Unidad de Distribución de Energía (PDU)	Sistema eléctrico	12
I	Switch Cisco 2960s	-	
T y U	Aire acondicionado de precisión	Sistema aire acondicionado	2

Tabla 3.1 Listado de equipos presentes en el *Data Center*

El rack 4 presente en el *Data Center* se muestra en la Figura 3.5.

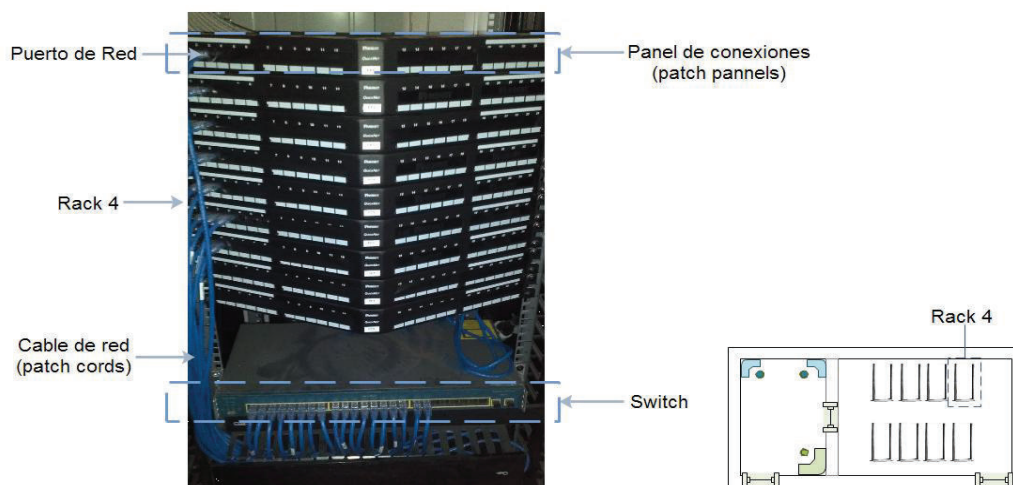


Figura 3.5 Rack 4 presente en el *Data Center*

A continuación se muestran imágenes de los equipos industriales. En la Figura 3.6 se muestra el UPS modelo “Symmetra LX 16.000” presente en el *Data Center* (B).

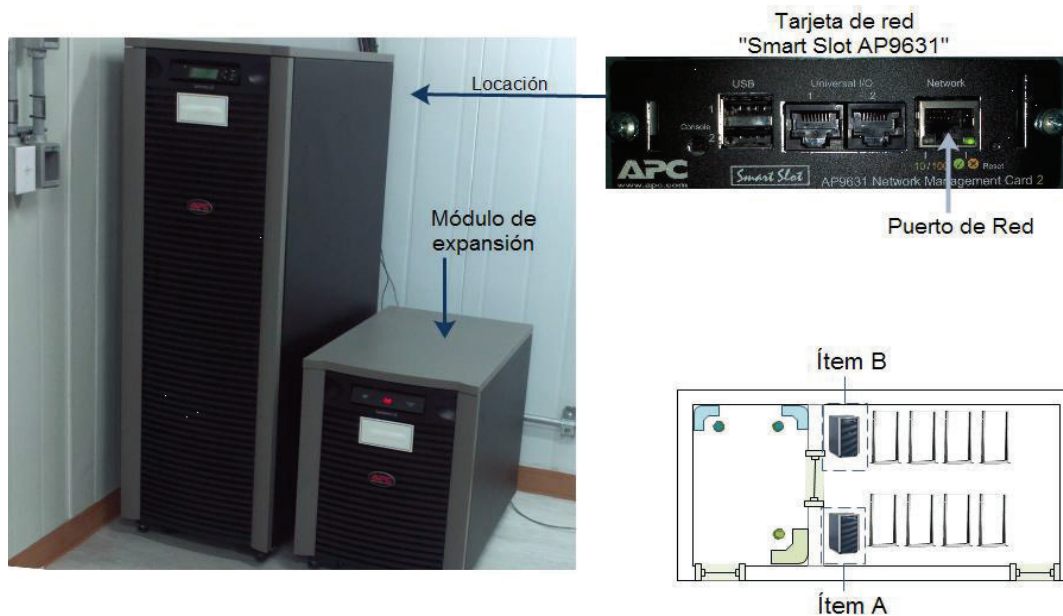


Figura 3.6 UPS modelo "Symmetra LX 16.000" presente en el *Data Center* (B)

El equipo industrial UPS tiene un módulo de expansión para ampliar su capacidad y una tarjeta de red modelo "Smart Slot AP9631" para la conexión del UPS al switch.

En la Figura 3.7 se muestra una fotografía de los aires acondicionados modelo "BF-067" presentes en el *Data Center* (T y U).



Figura 3.7 Aires acondicionados de precisión modelo "BF-067" presentes en el *Data Center* (T y U)

En la Figura 3.8 se muestra una fotografía del equipo industrial ATS modelo “AP7752” presente en el *Data Center* (C).



Figura 3.8 ATS modelo “AP7752” presente en el *Data Center* (C)

Existen dos ATS (C y F) de las mismas características ubicados en dos racks (1 y 2), estos se conectan al switch por medio del puerto red que tiene el ATS en la parte frontal.

Existen un total de doce PDU (G, H, J, K, L, M, N, O, P, Q, R y S) distribuidos en seis racks (3, 4, 5, 6, 7 y 8). En la Figura 3.9 se muestran dos PDU modelo “AP8858NA3” presentes en el *Data Center* (G y H).

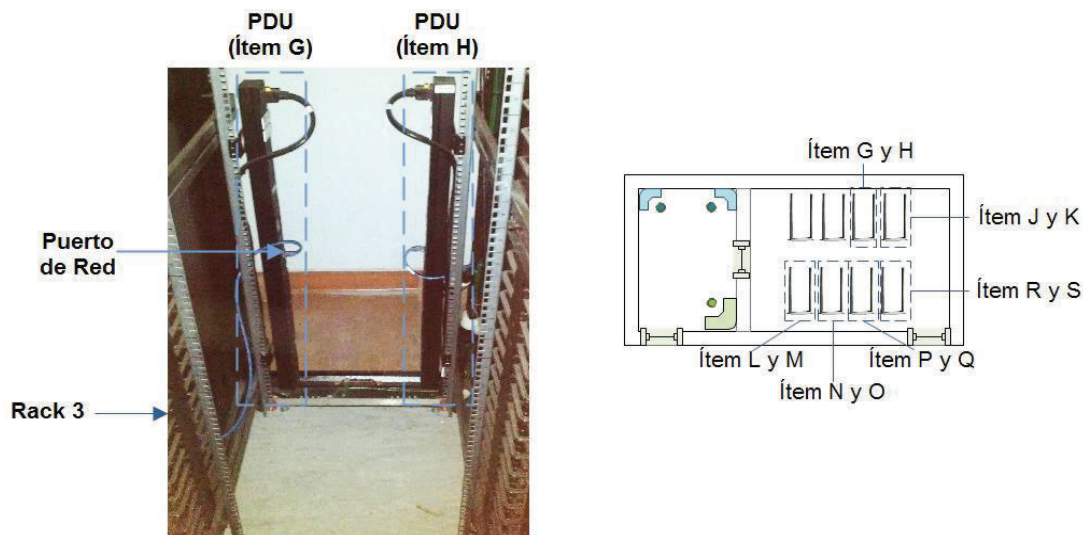


Figura 3.9 PDU modelo “AP8858NA3” presente en el *Data Center* (G y H)

En la Figura 3.10 se muestra el NetBotz Rack Monitor modelo “550” presente en el *Data Center* (E).

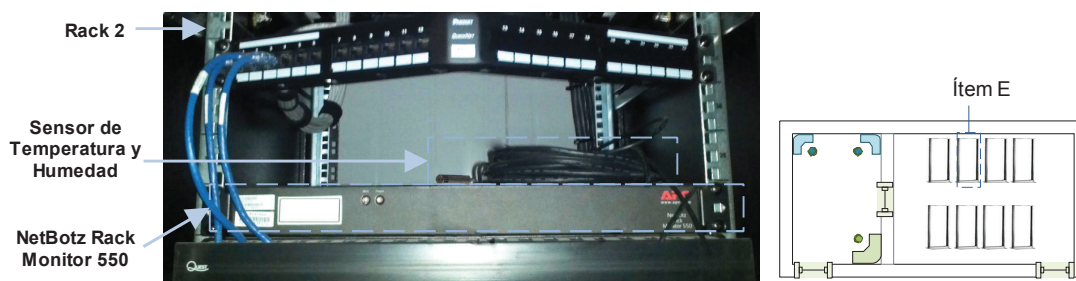


Figura 3.10 NetBotz Rack Monitor modelo "550" presente en el *Data Center* (E)

El equipo industrial NetBotz Rack Monitor 550 tiene incorporado un sensor para obtener la temperatura y humedad del ambiente.

3.1.2.2 Diagrama de conexiones de los elementos presentes en el *Data Center*

El equipo RTU modelo "ioLogik E2210" permite monitorear diferentes elementos (puertas, tablero SCI y tablero UPS) presentes en el *Data Center*. El RTU monitorea el estado (activo o desactivo) y los informa al sistema SAEI. En la Figura 3.11 se muestra el diagrama de conexiones de elementos presentes en el *Data Center*.

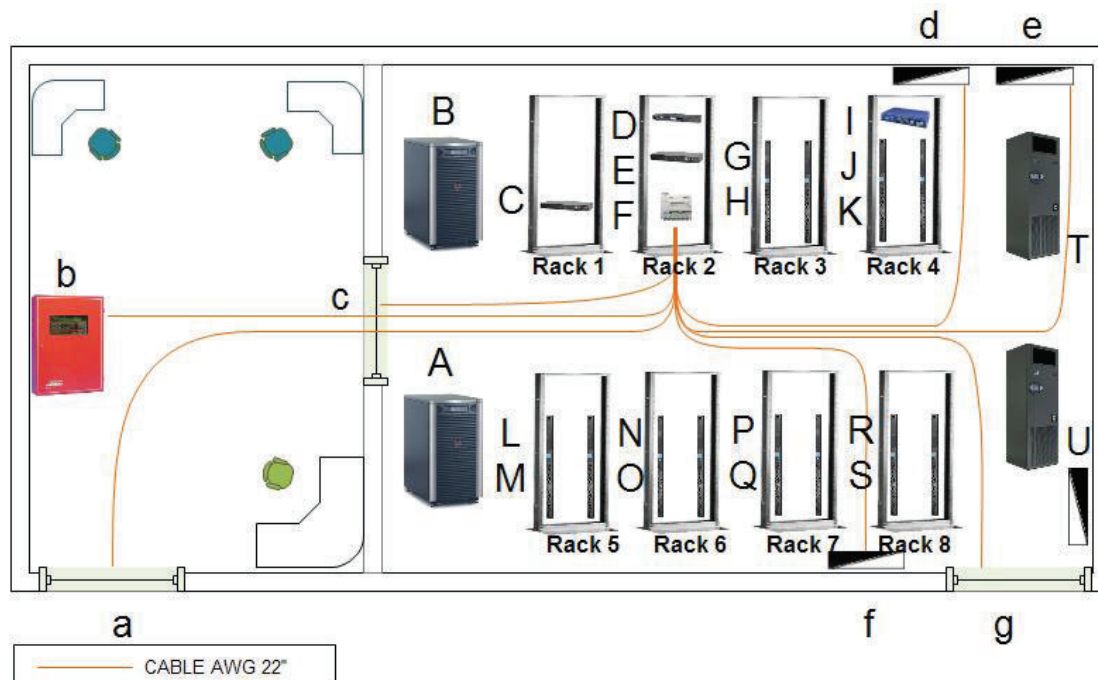


Figura 3.11 Diagrama de conexiones de elementos presentes en el *Data Center*

Los elementos se conectan mediante contacto seco al equipo RTU para obtener su estado. La conexión se realiza con un cable AWG 22". Los equipos enumerados con una letra mayúscula fueron explicados en la sección anterior 3.2.1.1. En la Tabla 3.2 se muestra el listado de elementos presentes en el *Data Center*, cuya numeración se realiza con letra minúscula.

Ítem	Nombre	Sistema del <i>Data Center</i>
a	Puerta principal	-
b	Tablero SCI	Sistema contra incendios
c	Puerta a la sala de equipos	-
d	Tablero UPS	Sistema eléctrico
e	Tablero UPS	Sistema eléctrico
f	Puerta de emergencia	-
g	Tablero general	Sistema eléctrico

Tabla 3.2 Listado de elementos presentes en el *Data Center*

Los elementos de la Tabla 3.2 están conectados al equipo RTU. En la Figura 3.12 se muestra el RTU modelo "ioLogik E2210" presente en el *Data Center* (D).

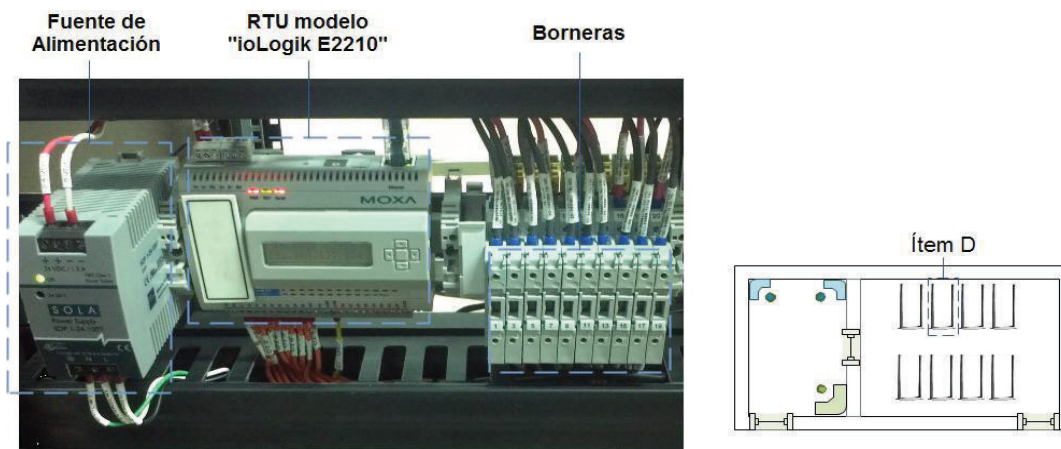


Figura 3.12 RTU modelo "ioLogik E2210" presente en el *Data Center* (D)

En la Figura 3.12 se observa desde la izquierda lo siguiente: la fuente de alimentación, el RTU y diez borneras⁵². Los contactos secos de los diferentes elementos (a, b, c, d, e, f y g) se conectan a las borneras y luego a la RTU.

⁵² **Borneras:** Las borneras permite el anclaje de una conexión eléctrica.

Las tres puertas (puerta principal, puerta de emergencia y puerta a sala de equipos) son monitoreadas a través de los contactos secos de posición. En la Figura 3.13 se muestra la puerta principal presente en el *Data Center* (a).

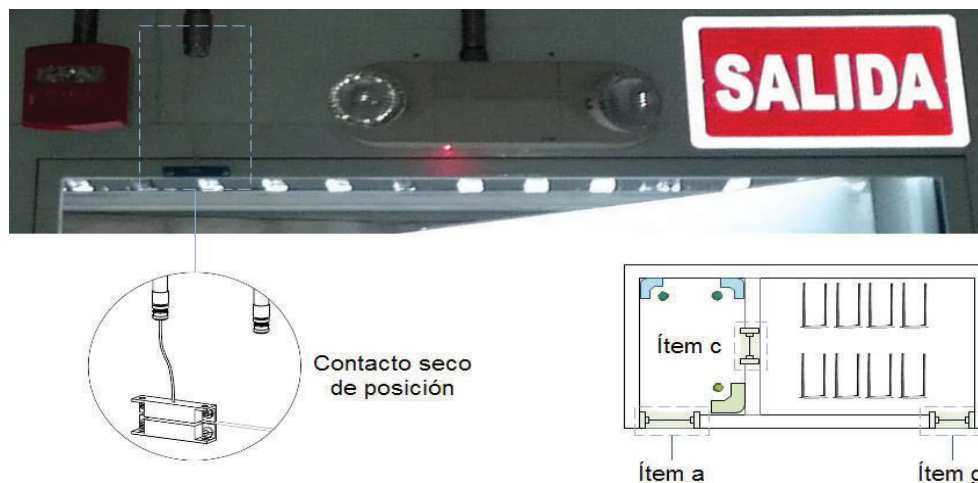


Figura 3.13 Puerta principal presente en el *Data Center* (a)

El sistema contra incendios es monitoreado a través del tablero SCI. Del tablero se obtienen dos contactos secos, el primero indica el estado (normal o alerta) del tablero y el segundo indica el estado (activo o desactivo) de la sirena. En la Figura 3.14 se muestra el tablero SCI presente en el *Data Center* (b).

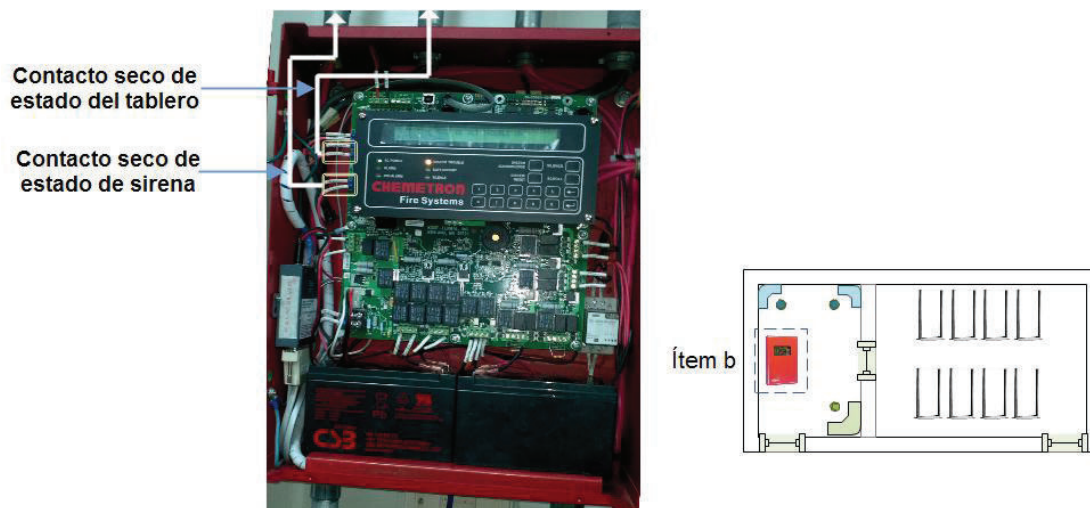


Figura 3.14 Tablero SCI presente en el *Data Center* (b)

El tablero general y los tableros UPS del sistema eléctrico son monitoreados por medio de los protectores de transientes⁵³. En la Figura 3.15 se muestra el protector de transientes presente en el *Data Center* (d).

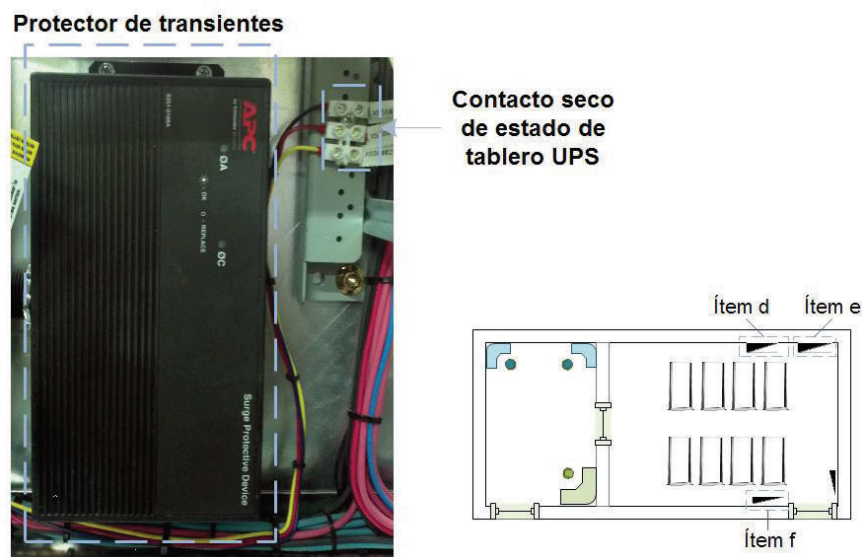


Figura 3.15 Protector de transientes presente en el *Data Center* (d)

3.1.3 PRUEBA DE VIZUALIZACIÓN DE EQUIPOS EN EL SISTEMA SAEI

El objetivo de la prueba es validar la capacidad del sistema SAEI para visualizar el estado (desconectado, alerta y normal) de los equipos industriales. La prueba se realizó en la revisión del *sprint* 4 y los errores encontrados fueron solucionados y presentados en el *sprint* 5. La primera prueba se muestra en los siguientes pasos:

1. Crear un nuevo proyecto con el uso del control “Nuevo” ubicado en la barra de herramientas. Asignar al proyecto un nombre, por ejemplo “Red Data Center.xml”, apreciado en la Figura 3.16.

⁵³ **Protector de Transientes:** Es un dispositivo diseñado para la protección de sobre tensión, estos eliminan los picos de voltaje transitorios ofreciendo una mejor calidad de energía eléctrica.

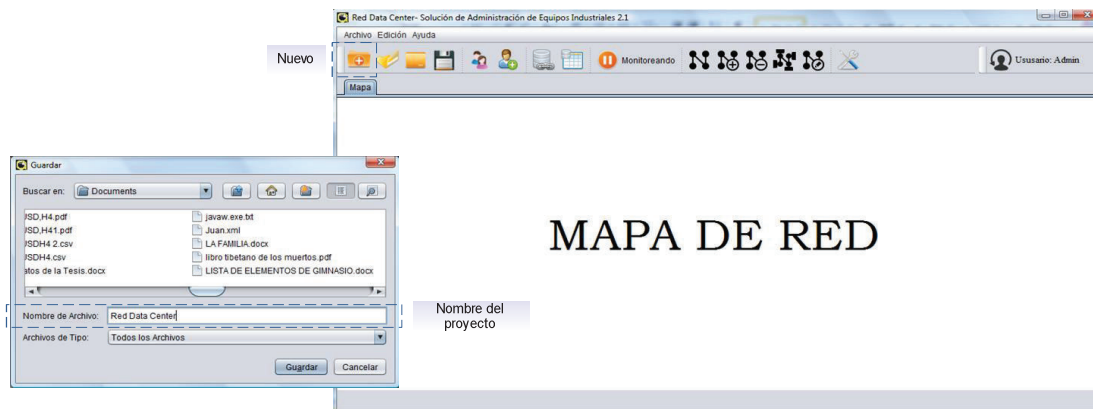


Figura 3.16 Prueba de visualización de equipos (Paso 1)

2. Cambiar la imagen de fondo con el uso del control “Seleccionar Fondo” ubicado en la barra de herramientas. La imagen a seleccionar fue previamente realizada considerando la estructura física del *Data Center*. El paso se indica en la Figura 3.17.

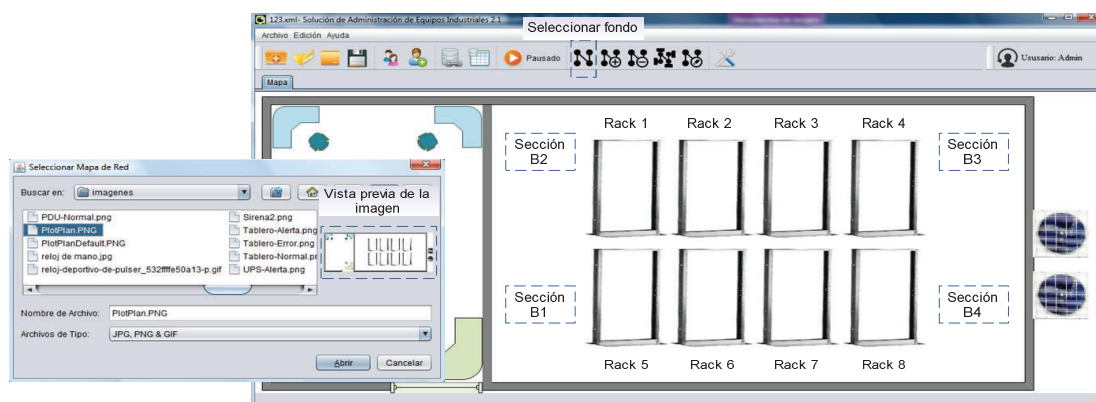


Figura 3.17 Prueba de visualización de equipos (Paso 2)

3. Configurar los equipos listados en la Tabla 3.3.

Identificación del Equipo	Modelo del Equipo	Tamaño imagen	Ubicación en el <i>Data Center</i>
UPS01	Symmetra LX 16.000	94x102 pixeles	Sección B1
UPS02	Symmetra LX 16.000	94x102 pixeles	Sección B2
ATS01	AP7752	26x26 pixeles	Rack 1
ATS02	AP7752	26x26 pixeles	Rack 2

Tabla 3.3 Equipos a configurar en el sistema SAEI (Parte I)

Identificación del Equipo	Modelo del Equipo	Tamaño imagen	Ubicación en el Data Center
Netbotz01	550	26x26 pixeles	Rack 2
PDU00	AP8858NA3	26x26 pixeles	Rack 3
PDU01	AP8858NA3	26x26 pixeles	Rack 3
PDU02	AP8858NA3	26x26 pixeles	Rack 4
PDU03	AP8858NA3	26x26 pixeles	Rack 4
PDU04	AP8858NA3	26x26 pixeles	Rack 5
PDU05	AP8858NA3	26x26 pixeles	Rack 5
PDU06	AP8858NA3	26x26 pixeles	Rack 6
PDU07	AP8858NA3	26x26 pixeles	Rack 6
PDU08	AP8858NA3	26x26 pixeles	Rack 7
PDU09	AP8858NA3	26x26 pixeles	Rack 7
PDU10	AP8858NA3	26x26 pixeles	Rack 8
PDU11	AP8858NA3	26x26 pixeles	Rack 8
AireA01	BF-06	104x73 pixeles	Sección B3
AireA02	BF-06	104x73 pixeles	Sección B4
IoLogic00	ioLogik E2210	71x124 pixeles	Puerta principal
IoLogic01	ioLogik E2210	124x71 pixeles	Puerta a sala de equipos
IoLogic02	ioLogik E2210	71x124 pixeles	Puerta de emergencia
IoLogic03	ioLogik E2210	26x26 pixeles	Estado de la sirena
IoLogic04	ioLogik E2210	109x109 pixeles	Tablero SCI
IoLogic05	ioLogik E2210	26x104 pixeles	Tablero UPS
IoLogic06	ioLogik E2210	26x104 pixeles	Tablero UPS
IoLogic07	ioLogik E2210	26x104 pixeles	Tablero general

Tabla 3.3 Equipos a configurar en el sistema SAEI (Parte II)

Una vez agregado todos los equipos los errores encontrados se muestran en la Figura 3.18. Los tres errores encontrados son: (1) las dimensiones de las imágenes no son las apropiadas para visualizar los equipos. (2) No hay forma de identificar si el equipo es la PDU01, PDU02... o PDU12. (3) No se puede distinguir el estado de las puertas (abierto o cerrado).

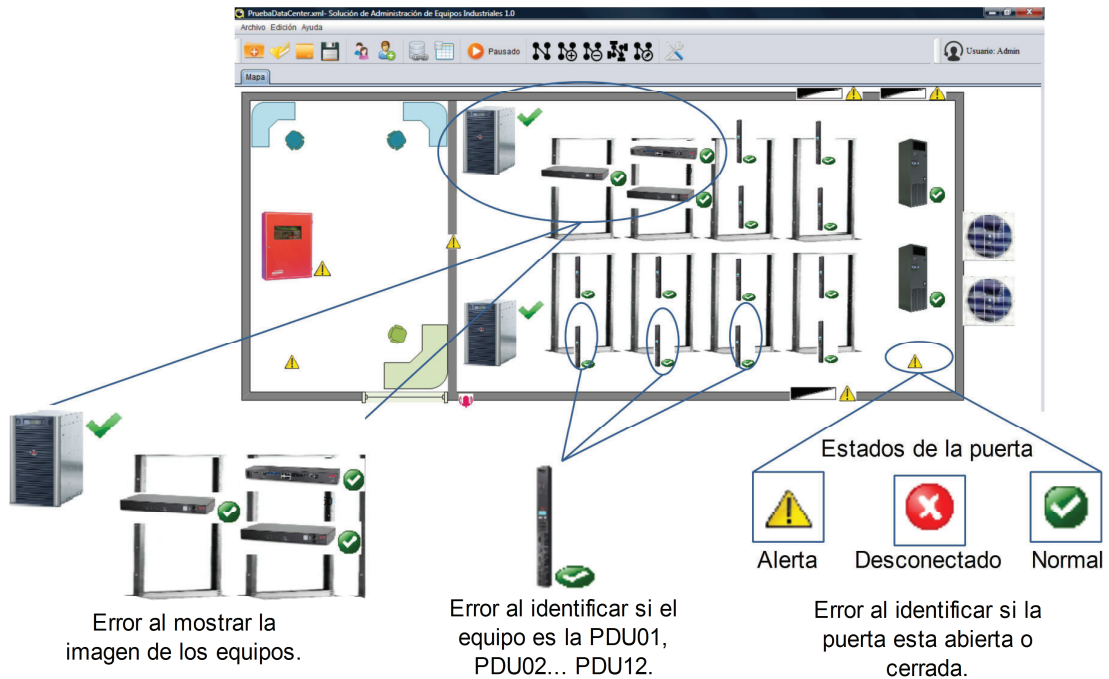


Figura 3.18 Errores encontrados en la prueba de visualización de equipos

La segunda prueba se realizó en la revisión del *sprint* 5 con los errores solucionados. El resultado se muestra en la Figura 3.19.

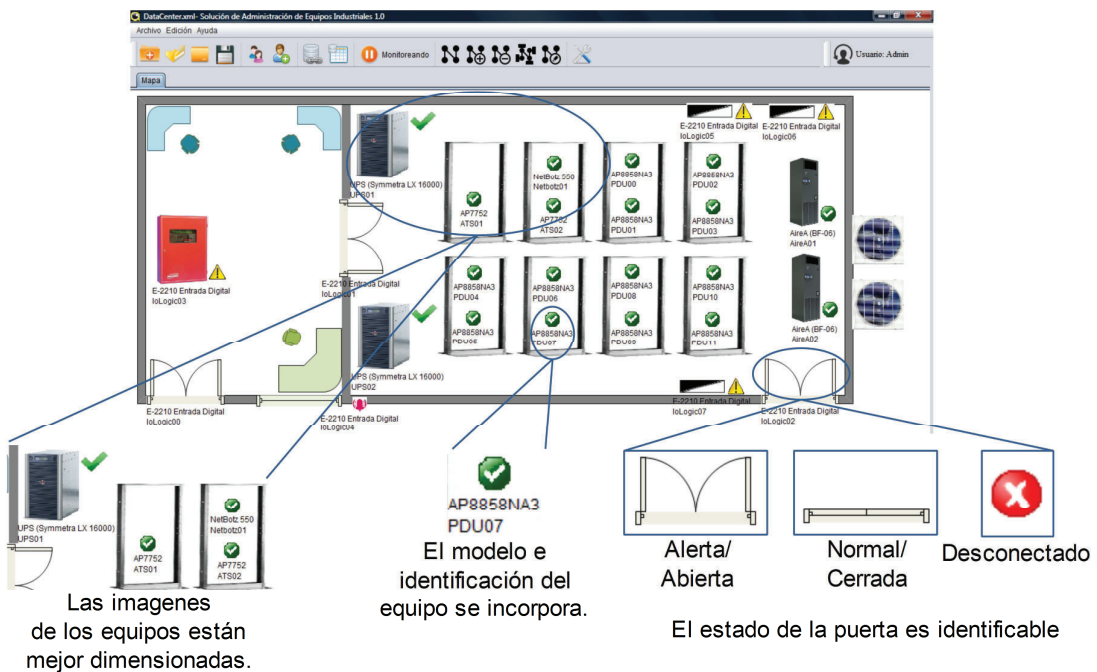


Figura 3.19 Errores solucionados en la prueba de visualización de equipos

3.1.4 PRUEBA DE CONTROL DEL SISTEMA SAEI

El objetivo de la prueba es validar las funciones de control en los equipos industriales presentes en el *Data Center*. La prueba se realizó durante el *sprint 2*, y consistió en validar las funciones mostradas en la Tabla 3.4.

Funciones de Control	Nombre del Objeto	Modelo del Equipo	Capacidad de soporte
Reinicia el equipo.	atsControl ResetATS	AP7752	Si
Limpia el historial de alarmas.	atsControl ClearAllAlarms		Si
Permite apagar el equipo si está cercano a la sobrecarga.	rPDUOutletPhase OverloadRestriction	AP8858NA3	No
Permite apagar o encender una salida de voltaje.	rPDUOutletControl OutletCommand		No
Apaga el equipo.	upsAdvControl UpsOff	Symmetra LX 16.000	Si
Reinicia el equipo.	upsAdvControl Reboot		Si
Enciende el equipo.	upsAdvControl TurnOnUPS		Si
Pasa a modo <i>bypass</i> .	upsAdvControl BypassSwitch		Si
Apaga el equipo después de un tiempo.	lgpEnvControl ShutdownAfterDelay	BF-067	No
Enciende el equipo después de un tiempo	lgpEnvControl StartupAfterDelay		No
Permite activar y desactivar las salidas digitales.	e2210monitor	ioLogik E2210	Si

Tabla 3.4 Listado de funciones realizadas en la prueba de control

Conforme a la prueba realizada se validó siete funciones de control y se descartó cuatro funciones. Es importante indicar que las cuatro funciones de control detalladas en las MIB no son soportadas por los equipos. El soporte depende del modelo del equipo utilizado en la prueba.

3.1.5 PRUEBA DE DATOS HISTÓRICOS DEL SISTEMA SAEI

El objetivo de la prueba es validar la capacidad del sistema SAEI para almacenar y mostrar los datos históricos con el uso de la interfaz gráfica “Historial de Equipos”. La prueba se realizó en la revisión del *sprint 4* y los errores encontrados fueron resueltos y aceptados en el *sprint 5*.

La primera prueba consistió en guardar los datos históricos de dos equipos durante un tiempo de 30 minutos. El estado de cada equipo se varió cada 5 minutos. El estado del ioLogik01 se varió entre puerta cerrada y abierta. Para el análisis con la PDU01 se conectó y desconectó un foco de 100 Wats, que representó la carga conectada en el equipo. En la Tabla 3.5 se muestra la variación de los estados en los equipos.

Tiempo en minutos	Identificación del Equipo	
	ioLogik01	PDU01
0-5	Puerta cerrada	Con carga
5-10	Puerta abierta	Sin carga
10-15	Puerta cerrada	Con carga
15-20	Puerta abierta	Sin carga
20-25	Puerta cerrada	Con carga
25-30	Puerta cerrada	Con Carga

Tabla 3.5 Variación de estados para la prueba de datos históricos

En la Figura 3.20 se muestra los errores encontrados.

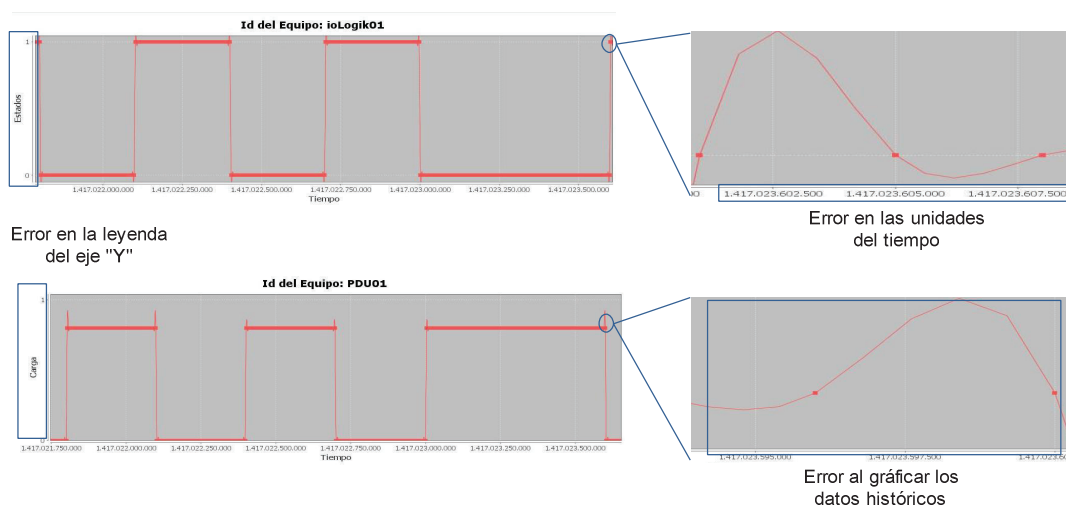


Figura 3.20 Errores encontrados en la prueba de datos históricos

Con la ayuda de la prueba se determinó tres errores: (1) la leyenda en el eje “Y” no identifica las unidades. (2) Las unidades del tiempo no son claramente entendibles. (3) Existe una distorsión en la gráfica en los extremos.

La segunda prueba se realizó en la revisión del *sprint* 5 con los errores solucionados. El resultado se muestra en la Figura 3.21.

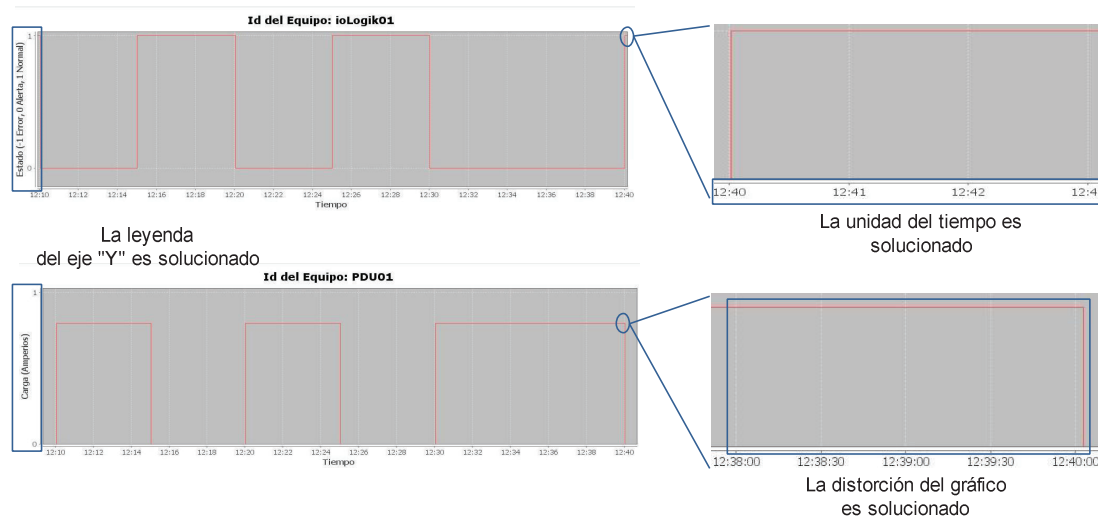


Figura 3.21 Errores solucionados en la prueba de datos históricos

3.2 PRUEBAS DE CARGA DEL SISTEMA SAEI

Las pruebas de carga del sistema SAEI sirven para determinar el porcentaje de uso de CPU, la cantidad de memoria y el espacio de almacenamiento que consume el sistema. Para las pruebas se necesitan los siguientes programas:

- **SNMP Agent Builder:** Es un programa que permite el desarrollo rápido de agentes SNMP en Java.
- **Simulador de Agentes:** Es un programa que permite simular los agentes SNMP de los equipos industriales.
- **Process Explorer:** Es un programa que permite obtener datos estadísticos de cada proceso activo en el sistema operativo.

3.2.1 PROGRAMAS UTILIZADOS

3.2.1.1 Programa: SNMP Agent Builder

SNMP *Agent Builder* desarrollado por iReasoning es un programa para el desarrollo rápido de agentes SNMP escritos en Java. El programa genera

automáticamente el código Java del agente SNMP mediante la carga previa de la MIB. Un ejemplo paso a paso para desarrollar un agente SNMP se muestra a continuación:

1. Abrir el programa *SNMP Agent Builder*, indicado en la Figura 3.22.

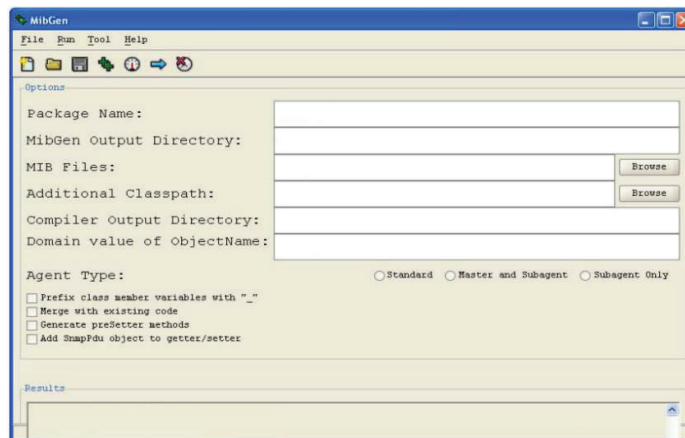


Figura 3.22 Ejemplo de uso de *SNMP Agent Builder* (Paso 1)

2. Cargar la MIB "MOXA-IOE2210-MIB", asignar el nombre del *package* "TestAgent", asignar el directorio de salida "agentes" y el tipo de agente SNMP "Standard", apreciado en la Figura 3.23.

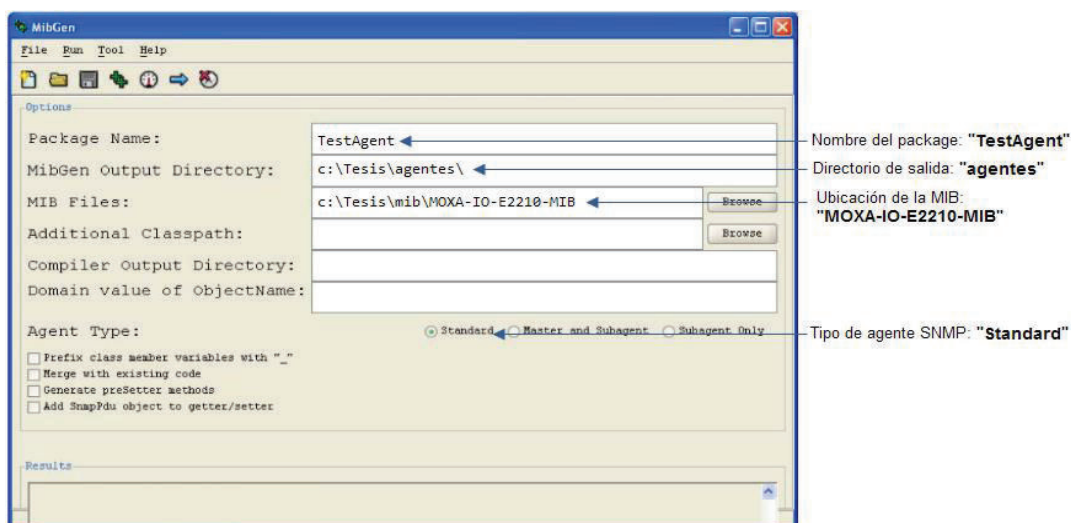


Figura 3.23 Ejemplo de uso de *SNMP Agent Builder* (Paso 2)

3. Generar el código Java del agente, mostrado en la Figura 3.24.

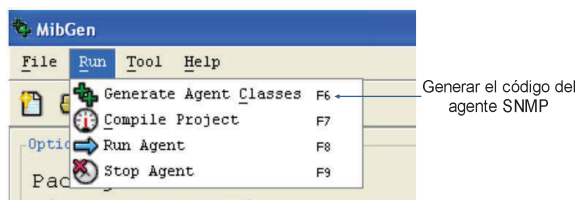


Figura 3.24 Ejemplo de uso de SNMP *Agent Builder* (Paso 3)

4. Importar el código Java del agente SNMP a NetBeans y ejecutarlo, visto en la Figura 3.25.

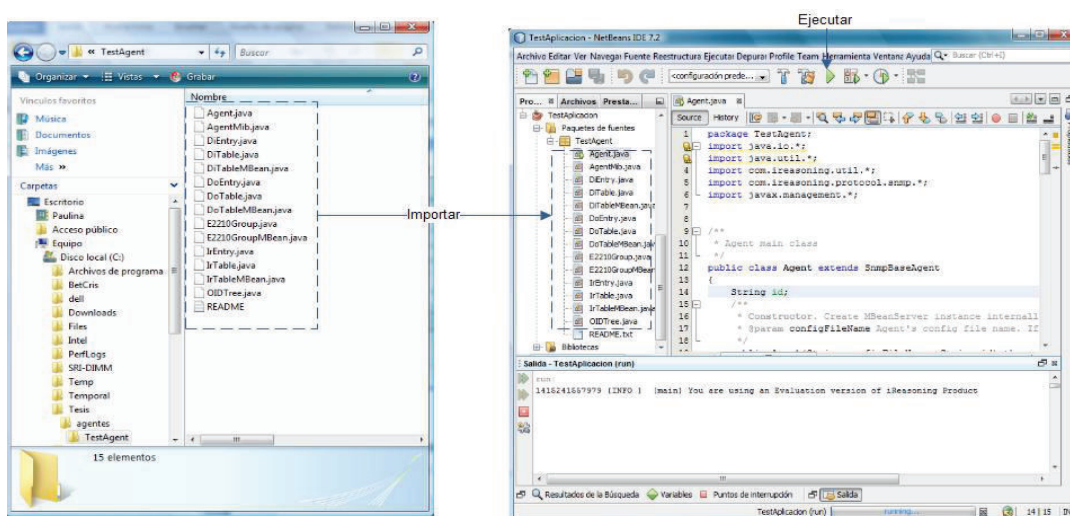


Figura 3.25 Ejemplo de uso de SNMP *Agent Builder* (Paso 4)

3.2.1.2 Programa: Simulador de Agentes SNMP

Es un programa que permite simular los equipos industriales, vistos en la Sección 1.3. Para la implementación se usó el programa SNMP *Agent Builder*, el cual generó el código de los agentes SNMP con la carga de la MIB. El listado de los agentes simulados se muestra en la Tabla 3.6.

Nombre del agente	Modelo del equipo	Cantidad	MIB Cargada
Agente Aire	BF-067	2	LIEBERT-GP-ENV-MIB
Agente ATS	AP7752	2	POWERNET-MIB
Agente ioLogik	ioLogik E2210	1	MOXA-IO-E2210-MIB
Agente NetBotz	550	1	NETBOTZ330-MIB
Agente PDU	AP8858NA3	12	POWERNET-MIB
Agente UPS	Symmetra LX 16.000	2	POWERNET-MIB

Tabla 3.6 Listado de los agentes simulados

Para facilitar el manejo de los agentes SNMP simulados se construyó una interfaz gráfica. En la Figura 3.26 se muestra la interfaz principal del simulador de agentes SNMP.

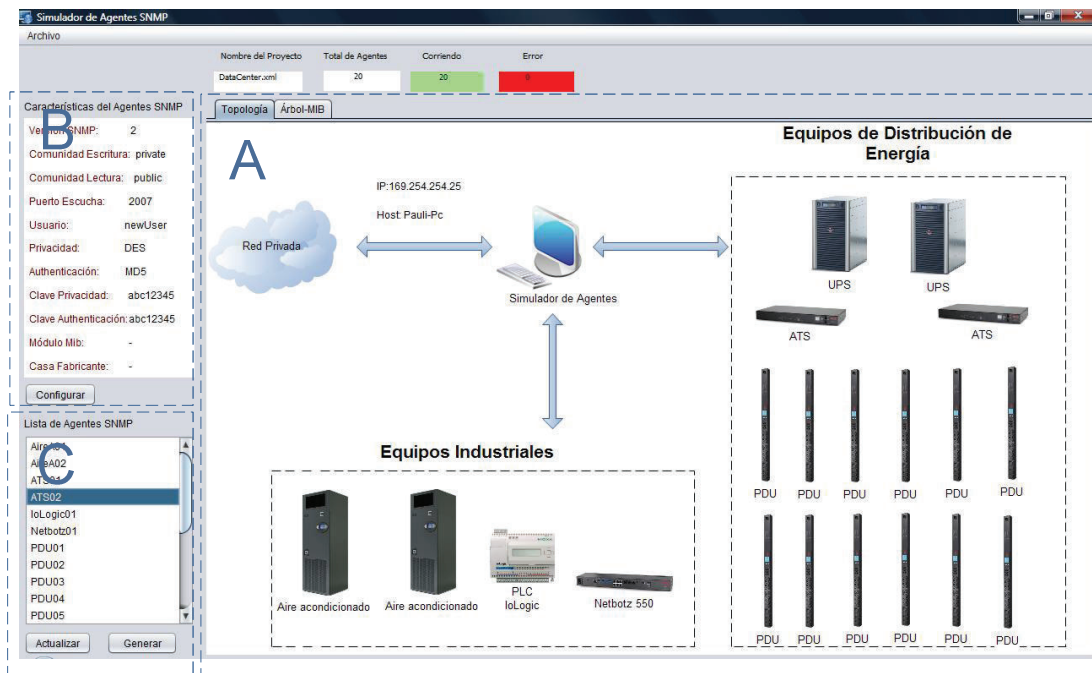


Figura 3.26 Interfaz principal del simulador de agentes SNMP

La interfaz principal está compuesta por los siguientes elementos:

- A. El elemento A tiene dos pestañas; la primera pestaña “Topología” muestra los equipos industriales simulados, la otra pestaña “Árbol MIB” indica la MIB del equipo industrial, el árbol MIB del simulador de agentes SNMP se muestra en la Figura 3.27.

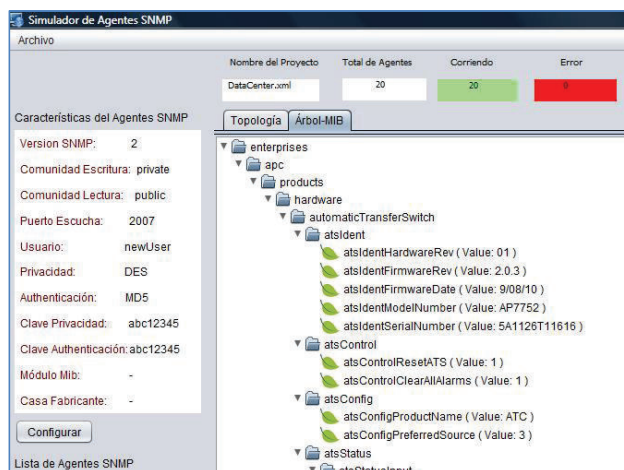


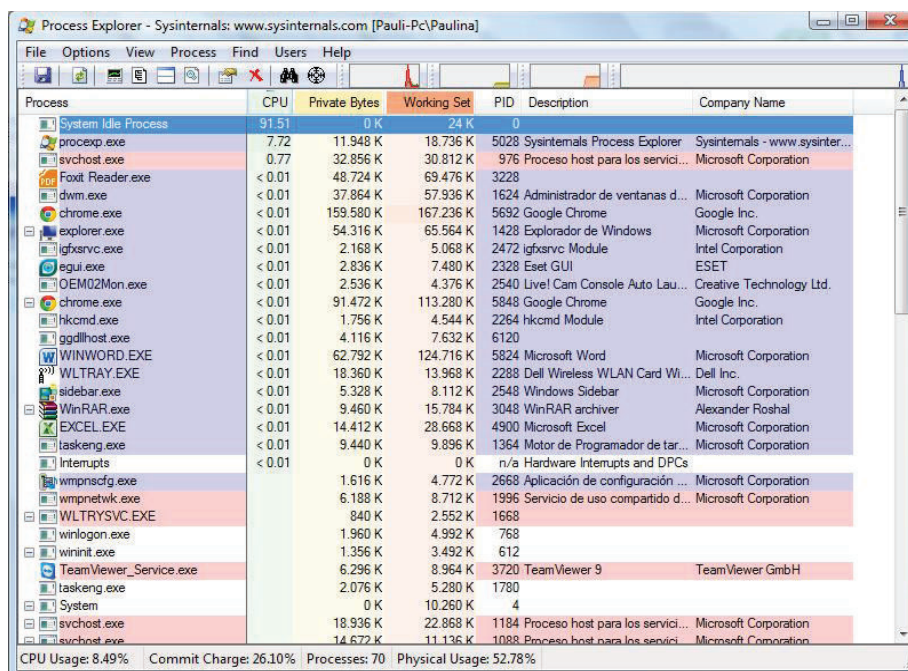
Figura 3.27 Árbol MIB del simulador de agentes SNMP

- B. El elemento B muestra las características del agente SNMP, como: versión de SNMP, puerto de escucha, comunidad de lectura, etc. Los datos del elemento son actualizados dependiendo del agente SNMP seleccionado en la lista de agentes SNMP (elemento C).
- C. El elemento C es una lista de agentes SNMP, la lista muestra todos los agentes SNMP que son simulados por el programa.

El programa tiene la finalidad de simular los agentes SNMP de los equipos industriales para realizar las pruebas en el sistema SAEI. La simulación se realizó debido que ya no se tiene acceso a los equipos industriales, porque el *Data Center* fue construido y entregado al cliente.

3.2.1.3 Programa: *Process Explorer*

Process Explorer es un programa que administra los procesos, se lo puede descargar de Windows Sysinternals⁵⁴. Proporciona un conjunto de elementos que facilitan la recogida de información de los procesos que se ejecutan en el sistema operativo. También puede ser utilizado para la depuración de software. En la Figura 3.28 se muestra la Interfaz principal del programa *Process Explorer*.



Process	CPU	Private Bytes	Working Set	PID	Description	Company Name
System Idle Process	91.51	0 K	24 K	0		
procecp.exe	7.72	11.948 K	18.736 K	5028	Sysinternals Process Explorer	Sysinternals - www.sysinter...
svchost.exe	0.77	32.856 K	30.812 K	976	Proceso host para los servici...	Microsoft Corporation
foxt Reader.exe	< 0.01	48.724 K	69.476 K	3228		
dwm.exe	< 0.01	37.864 K	57.936 K	1624	Administrador de ventanas d...	Microsoft Corporation
chrome.exe	< 0.01	159.580 K	167.236 K	5692	Google Chrome	Google Inc.
explorer.exe	< 0.01	54.316 K	65.564 K	1428	Explorador de Windows	Microsoft Corporation
igfxsvc.exe	< 0.01	2.168 K	5.068 K	2472	igfxsvc Module	Intel Corporation
egui.exe	< 0.01	2.836 K	7.480 K	2328	Eset GUI	ESET
OEM02Mon.exe	< 0.01	2.536 K	4.376 K	2540	Live! Cam Console Auto Lau...	Creative Technology Ltd.
chrome.exe	< 0.01	91.472 K	113.280 K	5848	Google Chrome	Google Inc.
hkcmd.exe	< 0.01	1.756 K	4.544 K	2264	Hkcmd Module	Intel Corporation
ggdllhost.exe	< 0.01	4.116 K	7.632 K	6120		
WINWORD.EXE	< 0.01	62.792 K	124.716 K	5824	Microsoft Word	Microsoft Corporation
WLTRAY.EXE	< 0.01	18.360 K	13.968 K	2288	Dell Wireless WLAN Card Wi...	Dell Inc.
sidebar.exe	< 0.01	5.328 K	8.112 K	2548	Windows Sidebar	Microsoft Corporation
WinRAR.exe	< 0.01	9.460 K	15.784 K	3048	WinRAR archiver	Alexander Roshal
EXCEL.EXE	< 0.01	14.412 K	28.668 K	4900	Microsoft Excel	Microsoft Corporation
taskeng.exe	< 0.01	9.440 K	9.896 K	1364	Motor de Programador de tar...	Microsoft Corporation
Interrupts	< 0.01	0 K		n/a	Hardware Interrupts and DPCs	
wmpnscfg.exe		1.616 K	4.772 K	2668	Aplicación de configuración ...	Microsoft Corporation
wmpnetwk.exe		6.188 K	8.712 K	1996	Servicio de uso compartido d...	Microsoft Corporation
WLTRYSVC.EXE		840 K	2.552 K	1668		
winlogon.exe		1.960 K	4.992 K	768		
wininit.exe		1.356 K	3.492 K	612		
TeamViewer_Service.exe		6.296 K	8.964 K	3720	TeamViewer 9	TeamViewer GmbH
taskeng.exe		2.076 K	5.280 K	1780		
System		0 K	10.260 K	4		
svchost.exe		18.936 K	22.868 K	1184	Proceso host para los servici...	Microsoft Corporation
svchost.exe		14.672 K	11.136 K	1088	Proceso host para los servici...	Microsoft Corporation

CPU Usage: 8.49% Commit Charge: 26.10% Processes: 70 Physical Usage: 52.78%

Figura 3.28 Interfaz principal del programa *Process Explorer*

⁵⁴ **Windows Sysinternals:** Es un sitio web que ofrece programas para el manejo, diagnóstico, monitoreo y solución de problemas. Son para el sistema operativo Windows.

El programa *Process Explorer* permite las siguientes acciones en los procesos:

- Observar la jerarquía en los procesos.
- Suspender un proceso seleccionado.
- Suspender un árbol completo de procesos
- Informar el consumo de CPU y memoria por proceso.
- Cambiar la prioridad de un proceso.

3.2.2 DIAGRAMA DE RED PARA LAS PRUEBAS DE CARGA

En la Figura 3.29 se muestra el diagrama de red para las pruebas de carga.

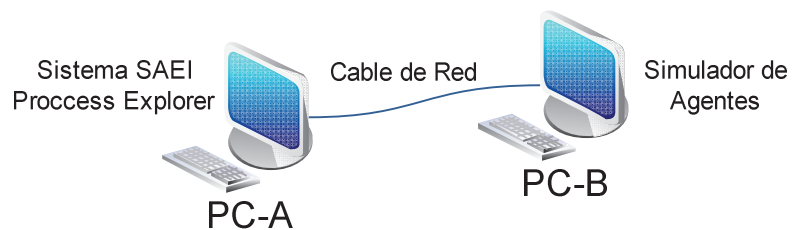


Figura 3.29 Diagrama de red para las pruebas de carga

La PC-A ejecuta el sistema SAEI y el programa “*Process Explorer*”, el cual sirve para medir los recursos de hardware ocupados por el sistema SAEI. Las características de hardware de la PC-A son las siguientes:

- **Fabricante:** Dell
- **Memoria:** 3 GB
- **Procesador:** Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU (2.00 Ghz)
- **Sistema Operativo:** Windows Vista de 32 bits

La PC-B ejecuta el programa “Simulador de Agentes”, el cual permite simular los equipos industriales. Las características de hardware de la PC-B son las siguientes:

- **Fabricante:** HP
- **Memoria:** 2 Gb
- **Procesador:** Intel(R) Core(TM) i3 (2.13 Ghz)
- **Sistema Operativo:** Windows 8.1 Pro de 64 bits

Las computadoras PC-A y PC-B están conectadas por medio de un cable de red, la conexión es tipo Ethernet a una velocidad de 100 Mbps.

3.2.3 PRUEBAS DE USO DEL PROCESADOR CON EL SISTEMA SAEI

Las pruebas de uso de procesador se las dividen en tres partes para una mejor explicación, según la versión 1, 2c y 3 de SNMP.

3.2.3.1 Pruebas de uso del procesador con la versión 1 de SNMP

Para las pruebas de uso del procesador con la versión 1 de SNMP se variará la cantidad de equipos (10, 20, 50, 100) y el tiempo de *polling* (1.000, 3.000, 5.000 y 10.000 ms) para obtener el porcentaje de uso de procesador. En la Tabla 3.7 se muestra el uso de CPU con la versión 1 de SNMP.

Número de Equipos	Tiempo de Polling (Milisegundos)			
	1.000	3.000	5.000	10.000
10	4,60%	3,83%	2,30%	1,52%
20	7,68%	4,10%	3,06%	2,33%
50	9,87%	4,57%	3,45%	3,20%
100	10,39%	4,95%	4,04%	3,54%

Tabla 3.7 Uso de CPU con la versión 1 de SNMP

De la Tabla 3.7 se puede apreciar:

- El uso de procesador con 10 equipos aumenta de 1,52% a 4,60%, si se varía el tiempo de *polling* de 10.000 ms a 1.000 ms, respectivamente.
- El uso de CPU con 10 y 100 equipos puede llegar a ser similar ($4,07 \pm 0,53$), si se varía el tiempo de *polling* de 1.000 ms a 10.000 ms, respectivamente.
- El menor uso de CPU es del 1,52% y se obtiene con 10 equipos y 10.000 ms de *polling*. El mayor uso de CPU es del 10,39% y se obtiene con 100 equipos y 1.000 ms de *polling*.

A continuación se estima el porcentaje de uso de CPU para una cantidad de 1.000 equipos, para lo cual se usa el tiempo de *polling* de 1.000 ms y la función `pronostico()`⁵⁵ de Microsoft Excel 2010. En la Figura 3.30 se muestra la estimación de uso de CPU con la versión 1 de SNMP y *polling* de 1.000 ms.

⁵⁵ **Pronostico():** Es una función de Microsoft Excel que predice un valor futuro, para lo cual toma un rango de valores existentes y los utiliza para realizar el cálculo del valor futuro.

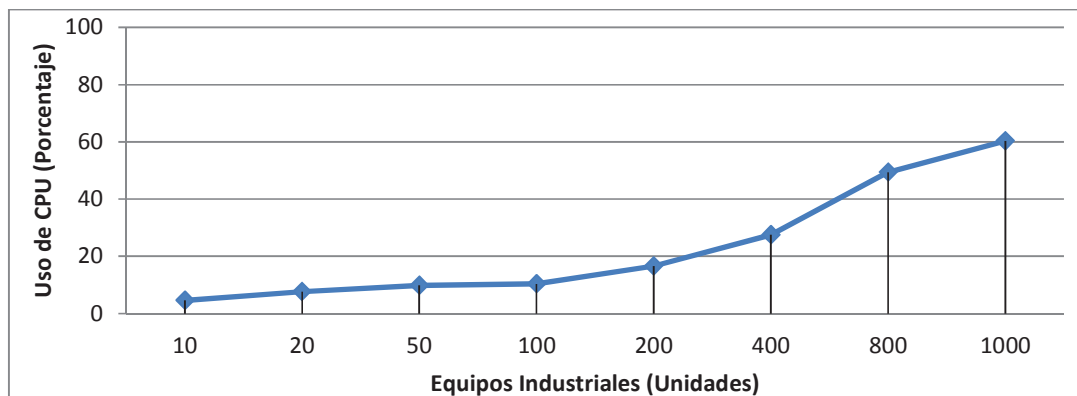


Figura 3.30 Estimación de uso de CPU con la versión 1 de SNMP y *polling* de 1.000 ms

De la Figura 3.30 se puede indicar:

- El uso de CPU estimado es de un 60,33% si se utiliza 1.000 equipos industriales.
- El uso de CPU con 30, 70 y 100 equipos es igual a 7,32%, 9,50% y 11,14% respectivamente. Estos datos sirven para estimar los requerimientos mínimos de hardware en la Sección 3.3.

3.2.3.2 Pruebas de uso del procesador con la versión 2c de SNMP

Las pruebas con la versión 2c son similares a las realizadas con la versión 1 de SNMP. En la Tabla 3.8 se muestra el uso de CPU con la versión 2c de SNMP.

Número de Equipos	Tiempo de <i>Polling</i> (Milisegundos)			
	1.000	3.000	5.000	10.000
10	5,13%	4,43%	3,00%	2,12%
20	7,98%	4,60%	3,36%	2,83%
50	10,47%	4,77%	4,05%	3,40%
100	10,89%	5,35%	4,54%	3,94%

Tabla 3.8 Uso de CPU con la versión 2c de SNMP

De la Tabla 3.8 se puede mencionar:

- El menor uso de CPU es del 2,12% y se obtiene con 10 equipos y 10.000 ms de *polling*. El mayor uso de CPU es del 10,89% y se obtiene con 100 equipos y 1.000 ms de *polling*.

- El uso de CPU al gestionar 50 equipos con un *polling* de 1.000 ms es 10,47% y con 100 equipos es 10,89%. Esto significa un aumento de uso de CPU en 0,42% al incrementar de 50 equipos a 100 equipos.

En la Figura 3.31 se muestra la estimación de uso de CPU con la versión 2c de SNMP y *polling* de 1.000 ms.

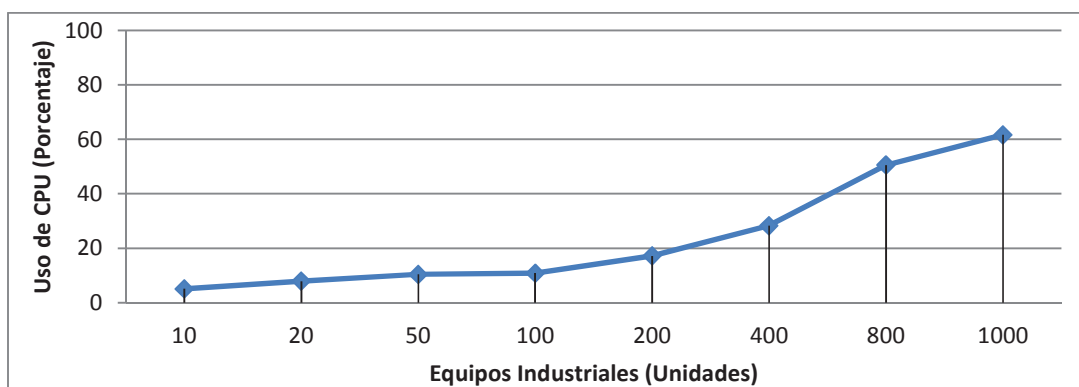


Figura 3.31 Estimación de uso de CPU con la versión 2c de SNMP y *polling* de 1.000 ms

De la Figura 3.31 se puede indicar:

- El uso de CPU estimado es de un 61,68% si se utiliza 1.000 equipos industriales.
- El uso de CPU con 30, 70 y 100 equipos es igual a 7,78%, 10,01% y 11,67% respectivamente. Estos datos sirven para estimar los requerimientos mínimos de hardware en la Sección 3.3.

3.2.3.3 Pruebas de uso del procesador con la versión 3 de SNMP

Las pruebas con la versión 3 son similares a las realizadas con la versión 2c de SNMP. En las pruebas se usa seguridad en los mensajes SNMP con el uso de los protocolos MD5 y DES. En la Tabla 3.9 se muestra el porcentaje de uso de CPU con la versión 3 de SNMP.

Número de Equipos	Tiempo de <i>Polling</i> (Milisegundos)			
	1.000	3.500	5.000	10.000
10	48,57%	35,00%	24,30%	21,63%
20	56,00%	47,90%	41,42%	35,87%
50	68,00%	63,00%	62,35%	59,98%
100	95,00%	92,00%	89,00%	81,71%

Tabla 3.9 Uso de CPU con la versión 3 de SNMP

De la Tabla 3.9 se puede notar:

- El uso de CPU al gestionar 50 equipos con un *polling* de 1.000 ms es 68,00% y con 100 equipos es 95,00%, aumento un 27% al incrementar de 50 equipos a 100 equipos.

En la Figura 3.32 se muestra la estimación de uso de CPU con la versión 3 de SNMP y *polling* de 1.000 ms.

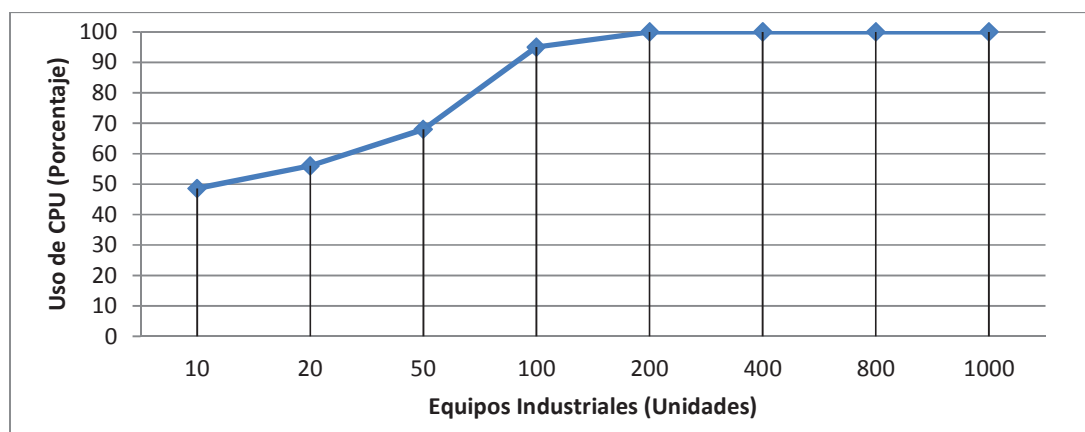


Figura 3.32 Estimación de uso de CPU con la versión 3 de SNMP y *polling* de 1.000 ms

De la Figura 3.45 se puede mostrar:

- Se observa que con 200 equipos la estimación de uso de CPU alcanza el máximo porcentaje (100%).
- El uso de CPU con 30, 70 y 100 equipos es igual a 59,35%, 79,47% y 95,00% respectivamente. Estos datos sirven para estimar los requerimientos mínimos de hardware en la Sección 3.3.

3.2.3.4 Resumen de las pruebas de uso del procesador con el sistema SAEI

En la Figura 3.33 se muestra el resumen de uso de CPU con la versión 1, 2c y 3 de SNMP y *polling* de 1.000 ms.

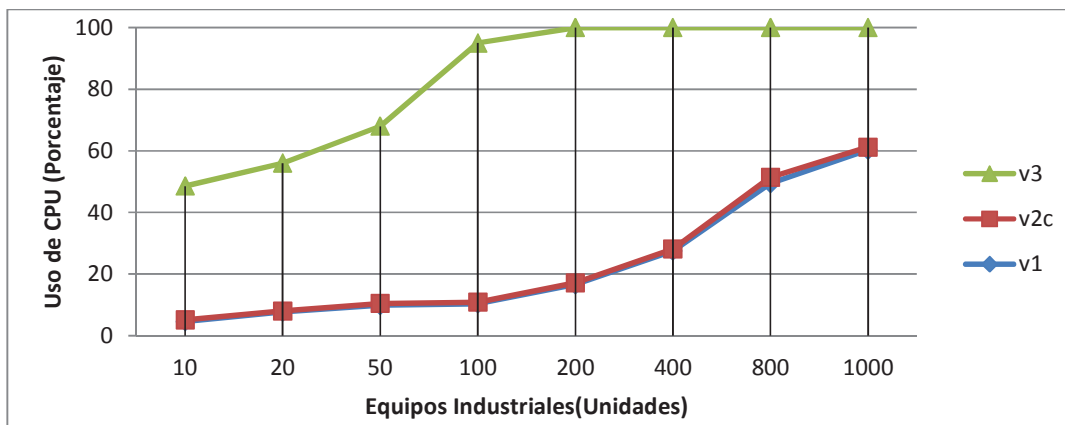


Figura 3.33 Resumen de uso de CPU con la versión 1, 2c y 3 de SNMP y *polling* de 1.000 ms

De la Figura 3.33 se puede apreciar:

- El uso de CPU es 84,11% con la versión 3 y 0,50% con la versión 1, si se gestiona 100 equipos.
- El porcentaje de uso de CPU con la versión 1 y 2c en el rango de 10 a 1.000 equipos presenta un comportamiento similar, debido que las curvas se superponen.
- La diferencia de uso de CPU es 0,3%, si se gestiona 100 equipos con la versión 1 (0,57 %) y 2c (0,60 %).
- El uso de CPU con la versión 2c es 0,53% y con la versión 3 es 43,44%, si se gestiona 10 equipos industriales.

3.2.4 PRUEBAS DE USO DE MEMORIA RAM CON EL SISTEMA SAEI

Las pruebas de uso de memoria RAM se las dividen en tres partes para una mejor explicación, según la versión 1, 2c o 3 de SNMP.

3.2.4.1 Pruebas de uso de memoria RAM con la versión 1 de SNMP

Las pruebas de uso de memoria son similares a las pruebas realizadas con el procesador. En la Tabla 3.10 se muestra el uso de memoria con la versión 1 de SNMP.

Número de Equipos	Tiempo de <i>Polling</i> (Milisegundos)			
	1.000	3.500	5.000	10.000
10	74,40(MB)	74,40(MB)	74,40(MB)	74,40(MB)
20	88,10(MB)	88,10(MB)	88,10(MB)	88,10(MB)
50	132,30(MB)	132,30(MB)	132,30(MB)	132,30(MB)
100	158,90(MB)	158,90(MB)	158,90(MB)	158,90(MB)

Tabla 3.10 Uso de memoria con la versión 1 de SNMP

De la Tabla 3.10 se puede indicar:

- El uso de memoria es del 74,40 MB, si se gestiona 10 equipos con un tiempo de polling de 1.000, 3.500, 5.000 y 10.000 ms.
- El uso de memoria aumenta de 74,40 MB a 158,90 MB al incrementar la gestión de 10 a 100 equipos, respectivamente.

En la Figura 3.34 se muestra la estimación de uso de memoria con la versión 1 de SNMP.

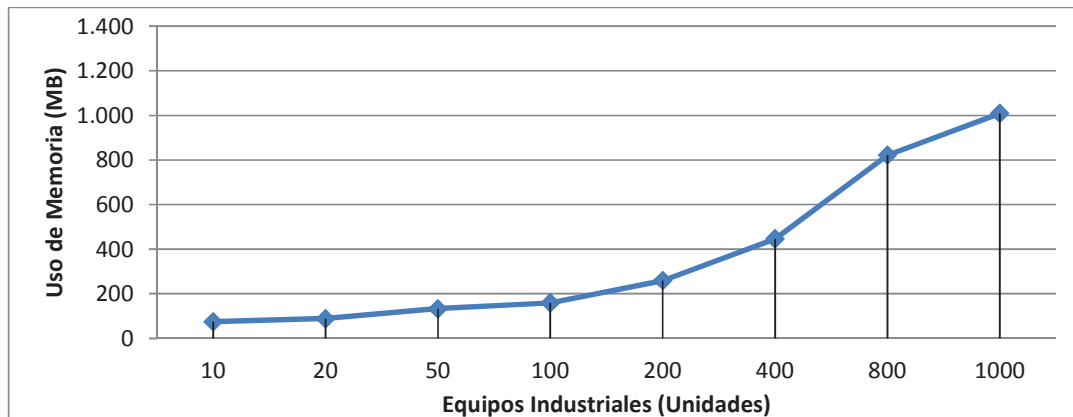


Figura 3.34 Estimación de uso de memoria con la versión 1 de SNMP

De la Figura 3.34 se puede mencionar:

- Aproximadamente con 1.000 equipos se consume 1.000 MB de memoria.
- El uso de memoria con 30, 70 y 100 equipos es igual a 99,36 MB, 136,87 MB y 165,00 MB respectivamente. Estos datos servirán para estimar los requerimientos mínimos de hardware en la sección 3.3.

3.2.4.2 Pruebas de uso de memoria RAM con la versión 2c de SNMP

Las pruebas con la versión 2c son similares a las realizadas con la versión 1 de SNMP. En la Tabla 3.11 se muestra el uso de memoria con la versión 2c de SNMP.

Número de Equipos	Tiempo de <i>Polling</i> (Milisegundos)			
	1.000	3.500	5.000	10.000
10	75,40 (MB)	75,40 (MB)	75,40 (MB)	75,40 (MB)
20	89,60 (MB)	89,60 (MB)	89,60 (MB)	89,60 (MB)
50	133,30 (MB)	133,30 (MB)	133,30 (MB)	133,30 (MB)
100	160,40 (MB)	160,40 (MB)	160,40 (MB)	160,40 (MB)

Tabla 3.11 Uso de memoria con la versión 2c de SNMP

En la Figura 3.35 se muestra la estimación de uso de memoria con la versión 2c de SNMP.

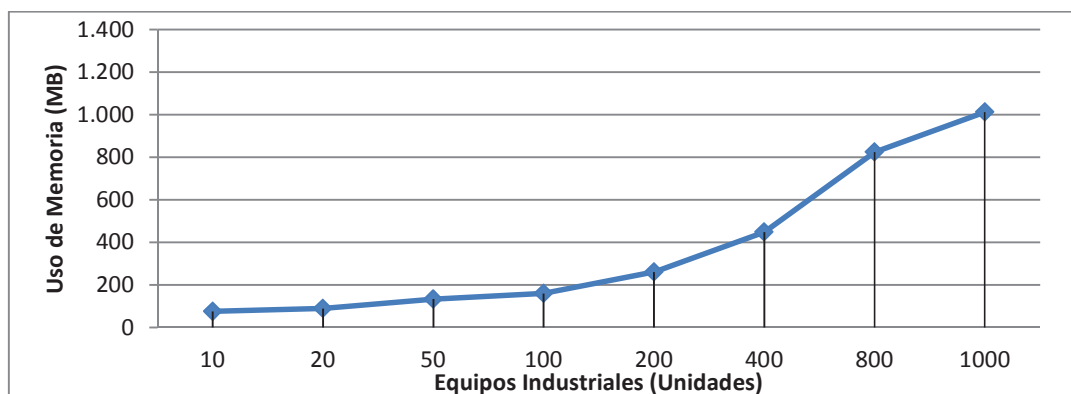


Figura 3.35 Estimación de uso de memoria con la versión 2c de SNMP

De la Figura 3.35 se puede indicar:

- El uso de memoria con 30, 70 y 100 equipos es igual a 100,56 MB, 138,19 MB y 166,41 MB respectivamente. Estos datos sirven para estimar los requerimientos mínimos de hardware en la Sección 3.3.
- Aproximadamente con 1.000 equipos se consume 1.000 MB de memoria.

3.2.4.3 Pruebas de uso de memoria RAM con la versión 3 de SNMP

Las pruebas con la versión 3 son similares a las realizadas con la versión 2c de SNMP. En la Tabla 3.12 se muestra el uso de memoria con la versión 3 de SNMP.

Número de Equipos	Tiempo de <i>Polling</i> (Milisegundos)			
	1.000	3.500	5.000	10.000
10	87,50 (MB)	87,50 (MB)	87,50 (MB)	87,50 (MB)
20	103,80 (MB)	103,80 (MB)	103,80 (MB)	103,80 (MB)
50	166,30 (MB)	166,30 (MB)	166,30 (MB)	166,30 (MB)
100	191,20 (MB)	191,20 (MB)	191,20 (MB)	191,20 (MB)

Tabla 3.12 Uso de memoria con la versión 3 de SNMP

En la Figura 3.36 se muestra la estimación de uso de memoria con la versión 3 de SNMP.

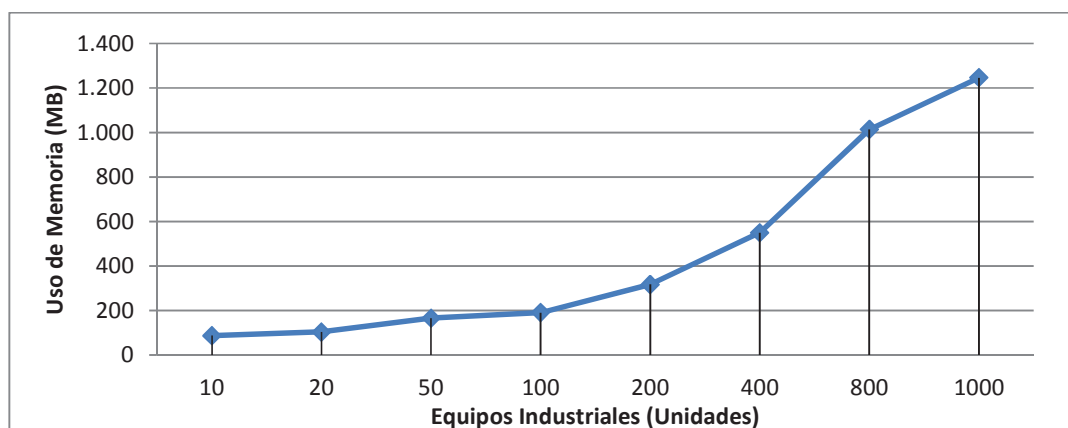


Figura 3.36 Estimación de uso de memoria con la versión 3 de SNMP

De la Figura 3.36 se puede notar:

- Aproximadamente con 1.000 equipos se consume 1.300 MB de memoria.
- El uso de memoria con 30, 70 y 100 equipos es igual a 119,78 MB, 166,23 MB y 201,41 MB respectivamente. Estos datos sirven para estimar los requerimientos mínimos de hardware en la Sección 3.3.

3.2.4.4 Resumen de las pruebas de uso de memoria RAM con el sistema SAEI

En la Figura 3.37 se muestra el resumen de uso de memoria con la versión 1, 2c y 3 de SNMP.

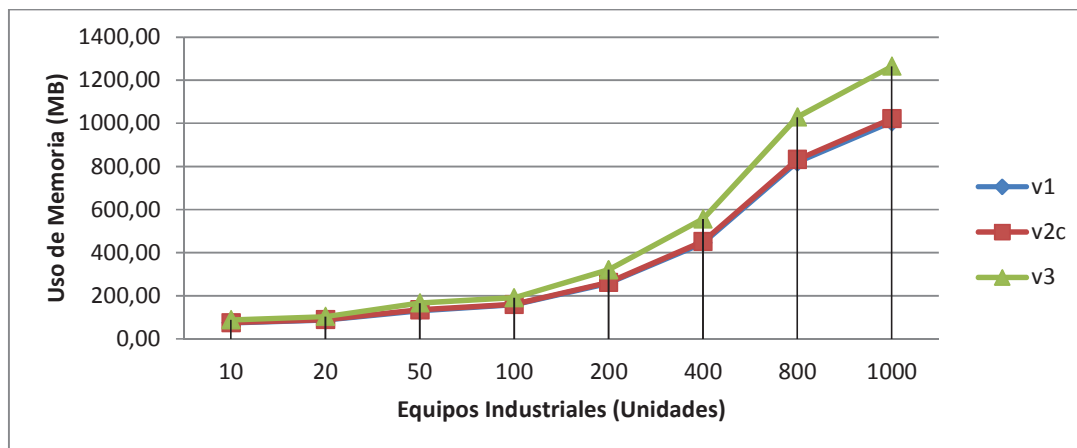


Figura 3.37 Resumen de uso de memoria con la versión 1, 2c y 3 de SNMP

De la Figura 3.50 se puede notar:

- El uso de memoria RAM del CPU es aproximadamente 1.000 MB con la versión 2c y la gestión de 1.000 equipos.
- El uso de memoria RAM del CPU es aproximadamente 1.300 MB con la versión 3 y la gestión de 1.000 equipos.
- La diferencia de uso de memoria es 0.3 MB, si se gestiona 100 equipos con la versión 1 (160,1 MB) y 2c (160,4 MB).

3.2.5 CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA BASE DE DATOS REQUERIDO POR EL SISTEMA SAEI

El cálculo del tamaño de la base de datos requerido por el sistema SAEI se realiza en dos partes. Primero, se calcula la cantidad de espacio que necesita la base de datos para guardar los registros históricos de un equipo industrial durante un día de monitoreo. Segundo, se utiliza la cantidad de espacio calculado para realizar una tabla que detalle el tamaño de la base de datos requerido por el sistema SAEI. A continuación se detalla la primera parte:

Para calcular la cantidad de espacio que necesita la base de datos para guardar los registros históricos de un equipo industrial durante un día de monitoreo, se calcula el número de registros históricos generados durante un día. En la Ecuación 3.1 se muestra el cálculo del número de registros diarios, donde: cada 1.000 ms se genera un registro y el día de monitoreo tiene 24 horas.

$$\frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} \times \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} \times \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} = \frac{1 \text{ día}}{86.400 \text{ segundos}}$$

$$\frac{1 \text{ día}}{86.400 \text{ segundos}} \times \frac{1 \text{ segundo}}{1 \text{ registro}} = \frac{1 \text{ día}}{86.400 \text{ registros}}$$

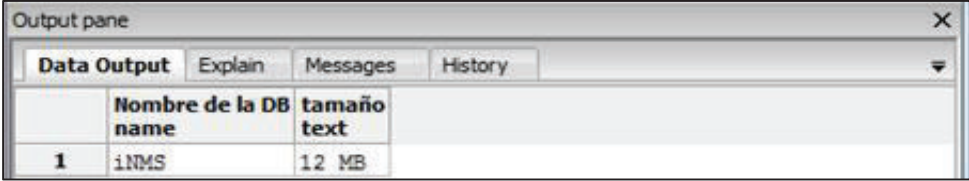
Ecuación 3.1 Cálculo del número de registros diarios

Para calcular el tamaño de la base de datos que ocupan los 86.400 registros se deja corriendo el sistema SAEI durante un día hasta obtener 86.400 registros. Con una consulta en la base de datos se obtiene el tamaño que ocupan los registros. En el Código 3.1 se muestra la consulta para obtener el tamaño de la base de datos, en lenguaje SQL.

```
Select pg_database.datname as "Nombre de la DB",
pg_size_pretty(pg_database_size(pg_database.datname))
as Tamaño from pg_database where pg_database.datname = 'iNMS'
```

Código 3.1 Consulta para obtener el tamaño de la base de datos

El resultado de la consulta del Código 3.1 se muestra en la Figura 3.38.



	Nombre de la DB name	tamaño text
1	iNMS	12 MB

Figura 3.38 Resultado del tamaño de la base de datos

Dado el resultado del tamaño de la base de datos, se necesitan de 12 MB para guardar los registros históricos de un equipo durante un día. Con el resultado se calcula el tamaño de la base de datos requerido por el sistema SAEI, el cual se muestra en la Tabla 3.13.

Número Equipos	Periodo de Tiempo				
	Día	Semana (7 Días)	Mes (4 Semanas)	Semestre (6 Meses)	Año (2 Semestres)
1	12 (MB)	84 (MB)	336 (MB)	2.016 (MB)	4.032 (MB)
10	120 (MB)	840 (MB)	3.360 (MB)	20.160 (MB)	40.320 (MB)
20	240 (MB)	1.680 (MB)	6.720 (MB)	40.320 (MB)	80.640 (MB)
30	360 (MB)	2.520 (MB)	10.080 (MB)	60.480 (MB)	120.960 (MB)
40	480 (MB)	3.360 (MB)	13.440 (MB)	80.640 (MB)	161.280 (MB)
50	600 (MB)	4.200 (MB)	16.800 (MB)	100.800 (MB)	201.600 (MB)
60	720 (MB)	5.040 (MB)	20.160 (MB)	120.960 (MB)	241.920 (MB)
70	840 (MB)	5.880 (MB)	23.520 (MB)	141.120 (MB)	282.240 (MB)
80	960 (MB)	6.720 (MB)	26.880 (MB)	161.280 (MB)	322.560 (MB)
90	1.080 (MB)	7.560 (MB)	30.240 (MB)	181.440 (MB)	362.880 (MB)
100	1.200 (MB)	8.400 (MB)	33.600 (MB)	201.600 (MB)	403.200 (MB)

Tabla 3.13 Tamaño de la base de datos requerido por el sistema SAEI

De la Tabla 3.13 se puede percibir:

- El sistema SAEI necesita de 80.640 MB (aproximadamente 80 GB) para guardar los registros históricos de 20 equipos durante un año.
- El sistema SAEI necesita de 403.200 MB (aproximadamente 400 GB) para guardar los registros históricos de 100 equipos durante un año.

3.2.6 CONSIDERACIONES ADICIONALES

3.2.6.1 Ingreso de Información en Sistema SAEI

El ingreso de información en el sistema SAEI por parte de los usuarios es un problema porque está sujeta a errores. Es decir, se pueden especificar emails incorrectos, identificadores de equipo no reconocibles y dejar campos requeridos vacíos. Dado este inconveniente se implementa la validación de datos en el sistema SAEI y se usa una herramienta informativa, *tooltip*.

3.2.6.1.1 Validación de datos en el sistema SAEI

La validación de datos se implementa en todos los campos en donde el usuario necesite ingresar información, evitando así el ingreso de datos erróneos. En la

Figura 3.39 se muestra la validación de datos en la interfaz gráfica “Configuración de SNMP por equipo”.

Clave de privacidad
inválido, porque la
longitud debe ser
mayor a 7 caracteres.

Figura 3.39 Validación de datos en la interfaz gráfica “Configuración de SNMP por equipo”

En la Figura 3.39, los campos serán validados con el siguiente criterio:

- En el campo “Dirección de red” se verifica que sea una dirección válida y este dentro del rango 0.0.0.0 a 255.255.255.255.
- En el campo “Puerto de escucha” se comprueba que el valor sea un número entero y mayor a 0.
- En el campo “Clave de privacidad” se verifica que el valor coincida con su confirmación de clave.
- En el campo “Clave de autenticación” se verifica que el valor coincida con su confirmación de clave.
- En el campo “Clave de privacidad” y “Clave de autenticación” se verifica que la clave sea mayor a 7 caracteres.

Cuando se da clic en el botón “Actualizar” se verifican todos campos, si existe algún error en la validación de los datos el sistema no permitirá ninguna actualización y muestra un mensaje de error. Por ejemplo, en la Figura 3.40 se muestra un mensaje de error en la validación de la clave de privacidad.

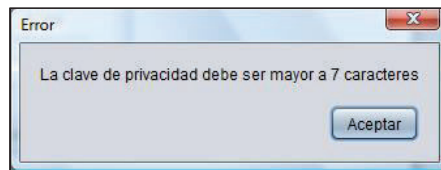


Figura 3.40 Mensaje de error en la validación de la clave de privacidad

En la interfaz gráfica “Editar usuario” también se realiza la validación de datos. En la Figura 3.41 se muestra la validación de datos en la interfaz gráfica de “Editar usuario”.

 A screenshot of a web form titled "Editar Usuario". The form contains several input fields: "Nombres" (Fernando), "Apellidos" (Flores), "Nombre de Usuario" (Fer88), "Email" (fernando.flores@gmail), "Nivel de Seguridad" (Administrador), "Clave" (masked with dots), "Confirmar Clave" (masked with dots), and "Nacionalidad" (Ecuatoriana). At the bottom are "Aceptar" and "Cancelar" buttons. A red dashed box highlights the "Email" field, and a red text annotation to its right says: "Correo electrónico inválido, porque no termina con .com u otra extensión válida."

Figura 3.41 Validación de datos en la interfaz gráfica “Editar usuario”

Los campos de la Figura 3.41 serán validados con el siguiente criterio:

- En el campo “Nombres”, “Apellidos” y “Nacionalidad” se verifican que exista al menos 3 caracteres.
- En el campo “Nombre de Usuario” se verifican que el valor no esté previamente usado.
- En el campo “Email” se comprueba que la dirección de email sea una dirección válida.

Cuando se da clic en el botón “Aceptar” se verifican todos los campos, si existe algún error en la validación de los datos, el sistema SAEI no permite ninguna actualización y muestra un mensaje de error. Por ejemplo, en la Figura 3.42 se muestra un mensaje de error en la validación del correo electrónico.

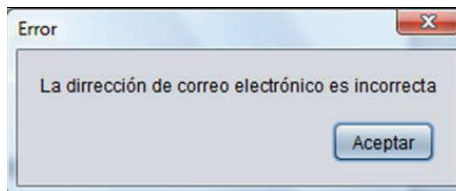


Figura 3.42 Mensaje de error en la validación del de correo electrónico

3.2.6.1.2 Herramienta informativa tooltip en el sistema SAEI

El *tooltip* es una herramienta informativa implementada en el sistema SAEI, el *tooltip* funciona situando el cursor sobre algún campo de la interfaz gráfica, el *tooltip* indica un mensaje informativo del campo para ayudar al usuario a llenar correctamente la información. Un ejemplo de uso del *tooltip* se muestra en la Figura 3.43.

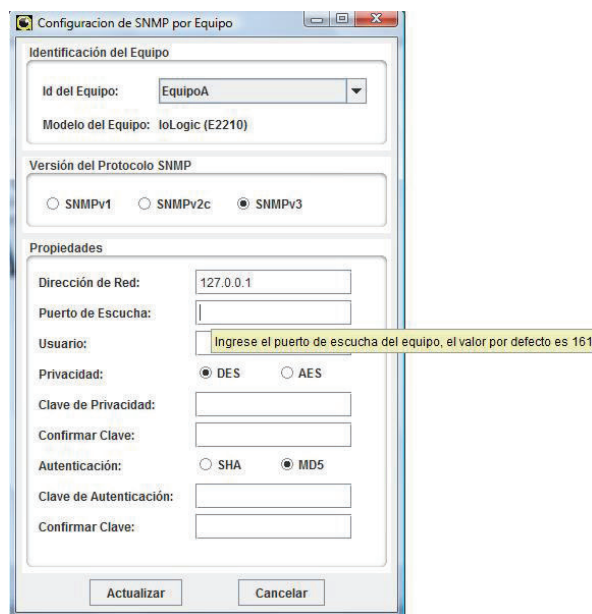


Figura 3.43 Ejemplo de uso del *tooltip*

3.3 REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE HARDWARE Y SOFTWARE PARA EL USO DEL SISTEMA SAEI

3.3.1 REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE HARDWARE

Con las pruebas de uso de procesador, memoria y almacenamiento realizados en las secciones 3.2.3, 3.2.4 y 3.2.5 respectivamente, se definen los requerimientos mínimos de hardware.

En las pruebas realizadas se observó que la cantidad de recursos de hardware aumentan con el incremento de equipos, debido a esta situación se define tres escenarios, los cuales son:

- **Red pequeña:** En este escenario se estima un máximo de 30 equipos industriales.
- **Red mediana:** En este escenario se estima un rango de 31 a 70 equipos industriales.
- **Red grande:** En este escenario se estima un rango de 71 a 100 equipos industriales.

3.3.1.1 Red pequeña

En una red pequeña se estima que el sistema SAEI gestione un máximo de 30 equipos industriales. El uso de los elementos de hardware (CPU, memoria y almacenamiento) se presentó en la Sección 3.2, los cuales se utilizan para determinar los requerimientos mínimos de hardware. Los recursos de hardware para 30 equipos industriales se muestran en la Tabla 3.14.

Versión de SNMP	Uso de CPU (Porcentaje)	Memoria RAM (MB)	Almacenamiento de un año (MB)
1	7,32%	99,36 (MB)	120.960 (MB)
2c	7,78%	100,56 (MB)	120.960 (MB)
3	59,35%	119,78 (MB)	120.960 (MB)

Tabla 3.14 Recursos de hardware para 30 equipos industriales

Con los datos de la Tabla 3.14 se calculan los recursos de hardware utilizando los datos de la versión 3 de SNMP, porque la versión 3 consume la mayor cantidad de recursos:

- Considerando los 119,78 MB de memoria RAM usada se añade unos 2.000 MB para el sistema de operativo, dando un total de 2.119,78 MB. Por lo tanto, se requiere una memoria RAM de 3 GB.
- Considerando los 120.960 MB de almacenamiento se añade 100.000 MB para el sistema operativo y programas básicos (Word, Excel, Outlook), dando un total de 220.960 MB. Por lo tanto, se requiere un disco duro de 250 GB.

- Considerando el 59,35% de uso de CPU obtenido en las pruebas con un Core 2 Duo se recomienda un procesador igual.

En resumen en la Tabla 3.15 se muestran las características mínimas de hardware.

Características de hardware para redes pequeñas	
Procesador	Core 2 Duo de 2.3 GHZ
Memoria RAM	2 GB
Disco Duro	Disco Sata 250 GB
Conectividad	Puerto Ethernet 100 MB

Tabla 3.15 Características mínimas de hardware requerido para la gestión de una red pequeña (máximo 30 equipos industriales)

3.3.1.2 Red mediana

En una red mediana se estima que el sistema SAEI gestione un rango de 31 a 70 equipos industriales. El uso de los elementos de hardware (CPU, memoria y almacenamiento) se presentó en la Sección 3.2. Los cuales se utilizan para determinar los requerimientos mínimos de hardware. Los recursos de hardware para 70 equipos industriales se muestran en la Tabla 3.16.

Versión de SNMP	Uso de CPU (Porcentaje)	Memoria RAM (MB)	Almacenamiento de un año (MB)
1	9,50%	136,87 (MB)	282.240 (MB)
2c	10,01%	138,19 (MB)	282.240 (MB)
3	79,47%	166,23 (MB)	282.240 (MB)

Tabla 3.16 Recursos de hardware para 70 equipos industriales

Con los datos de la Tabla 3.16 se calculan los recursos de hardware utilizando los datos de la versión 3 de SNMP, porque la versión 3 consume la mayor cantidad de recursos:

- Considerando los 166,23 MB de memoria RAM usada se añade 2.000 MB para el sistema de operativo, dando un total de 2.166,23 MB. Por lo tanto, se requiere una memoria RAM de 3 GB.
- Considerando los 282.240 MB de almacenamiento se añade 100.000 MB para el sistema operativo y programas básicos (Word y Excel), dando un total de 382.240 MB. Por lo tanto, se requiere un disco duro de 500 GB.

- Considerando el 79,47% de uso de CPU obtenido en las pruebas con un Core 2 Duo se requiere un procesador igual o superior.

En resumen en la Tabla 3.17 se muestran las características mínimas de hardware.

Características de hardware para redes medianas	
Procesador	Core 2 Duo de 2.3 GHZ
Memoria RAM	2 GB
Disco Duro	Disco Sata 500 GB
Conectividad	Puerto Ethernet 100 MB

Tabla 3.17 Características mínimas de hardware requerido para la gestión de una red mediana (31-70 equipos industriales)

3.3.1.3 Red grande

En una red grande se estima que el sistema SAEI gestione un rango de 71 a 100 equipos industriales. El uso de los elementos de hardware (CPU, memoria y almacenamiento) se presentó en la Sección 3.2, los cuales se utilizan para determinar los requerimientos mínimos de hardware. Los recursos de hardware para 100 equipos industriales se muestran en la Tabla 3.18.

Versión de SNMP	Uso de CPU (Porcentaje)	Memoria RAM (MB)	Almacenamiento de un año (MB)
1	11,14%	165,00	403.200
2c	11,67%	166,41	403.200
3	95,00%	201,41	403.200

Tabla 3.18 Recursos de hardware para 100 equipos industriales

Con los datos de la Tabla 3.18 se calculan los recursos de hardware utilizando los datos de la versión 3 de SNMP, porque consume la mayor cantidad de recursos:

- Considerando los 201,41 MB de memoria RAM usada se añade 2.000 MB para el sistema operativo, dando un total de 2.201,41 MB. Por lo tanto, se requiere una memoria RAM de 3 GB.
- Considerando los 403.200 MB de almacenamiento se añade 100.000 MB para el sistema operativo y programas básicos (Word, Excel, Outlook), dando un total de 503.200 MB. Por lo tanto, se requiere un disco de 1 TB.

- Considerando el 95,00% de uso de CPU obtenido en las pruebas con un Core 2 Duo se requiere un procesador más robusto. Por ejemplo un Intel Core i5 de 4ta generación, con la aclaración que se deben realizar pruebas del porcentaje de uso del procesador para verificar su soporte.

En resumen en la Tabla 3.19 se muestran las características mínimas de hardware.

Características de hardware para redes grandes	
Procesador	Intel Core i5 de 4ta generación
Memoria RAM	2 GB
Disco Duro	Disco SATA 1 TB
Conectividad	Puerto Ethernet 100 MB

Tabla 3.19 Características mínimas de hardware requerido para la gestión de una red grande (71-100 equipos industriales)

3.3.2 REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE SOFTWARE

Los requerimientos de software para el funcionamiento del sistema SAEI son los siguientes:

- La utilidad JRE⁵⁶ igual o superior a la versión 7 para ejecutar el sistema SAEI que fue desarrollado en el lenguaje Java.
- La base de datos PostgreSQL igual o superior a la versión 9.0.0 para guardar el historial de los equipos industriales.
- El sistema operativo Windows XP, Vista, 7 y 8 para administrar los recursos de la computadora.

⁵⁶ **JRE (Java Running Environment):** Es un conjunto de utilidades que permite ejecutar los programas desarrollados en Java.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Una vez terminado el presente Proyecto de Titulación las conclusiones obtenidas son las siguientes:

- El uso correcto del sistema SAEI permite gestionar seis modelos diferentes de equipos industriales (UPS modelo “Symmetra LX 16.000”, PDU modelo “AP8858NA3”, ATS modelo “AP7752”, RTU modelo “ioLogik E2210”, aire acondicionado modelo “BF-067” y NetBotz modelo “550”) presentes en un *Data Center* construido por PIL S.A. Además el sistema puede ser utilizado para otros *Data Centers* que contengan los mismos modelos de equipos.
- El sistema SAEI puede gestionar una red pequeña (máximo 30 equipos industriales) con los siguientes recursos mínimos de hardware: procesador Core 2 Duo de 2.3 GHz, memoria RAM de 3 GB y disco duro de 250 GB. El uso del procesador Core 2 Duo puede variar de 7.32% a 59,35% dependiendo la versión 1, 2c y 3 de SNMP utilizada.
- La funcionalidad principal del sistema SAEI es monitorear el estado (desconectado, normal y en alerta) de los equipos industriales en un intervalo de tiempo (entre 1.000 a 10.000 ms) configurable por el administrador.
- El sistema SAEI cuenta con la interfaz gráfica “Historial de Equipos”, que permite consultar los eventos ocurridos en los equipos industriales. La interfaz filtra la información con la selección de tres datos: (1) la identificación del equipo, (2) el rango de tiempo y (3) el dato del equipo a ser consultado.

- El sistema SAEI usa el protocolo SNMP en las versiones 1, 2c y 3 para comunicarse con los equipos industriales. Si se gestiona 30 equipos con las versiones 1, 2c y 3 el uso de CPU es 7,32%, 7,78% y 59,35% respectivamente. Dado los porcentajes se observa que la versión 3 consume la mayor cantidad de recursos.
- El sistema SAEI fue probado con 100 equipos industriales, mediante la simulación de los agentes SNMP. La simulación ayudó a probar el sistema en un ambiente más complejo (mayor a 20 equipos), dado que el *Data Center* proporcionado por PIL S.A. cuenta con 20 equipos.
- La metodología de desarrollo Scrum permitió gestionar el diseño e implementación del sistema SAEI. En base a la metodología se crearon 22 tareas especificadas en la lista del producto. Las tareas fueron realizadas en 5 *sprints*, cada uno duró aproximadamente un mes, en total se demoró 5 meses para diseñar e implementar el sistema SAEI, desde el 03-12-2012 al 30-04-2013.
- El desarrollo del sistema SAEI en cuatro subsistemas (subsistema de comunicación SNMP, subsistema de control de equipos, subsistema de acceso de datos y subsistema de presentación) permite dividir las funciones del sistema y facilita su proceso de depuración.
- Los objetos de la MIB PowerNet-MIB versión 3.6.4 no son soportados en su totalidad por los equipos industriales (UPS modelo Symmetra LX 16.000, PDU modelo AP8858NA3 y ATS modelo AP7752). El soporte depende del modelo y accesorios del equipo.
- Una MIB puede tener decenas o cientos de objetos de gestión, el implementar todos los objetos en un sistema sería una tarea demorosa, repetitiva e innecesaria. Por lo tanto, se deben discriminar los objetos a implementarse de acuerdo a los requerimientos del cliente.

- Las pruebas de carga realizadas con el sistema SAEI determinaron que el uso de procesador aumenta de 3,94% a 10,889%, si se disminuye el tiempo de *polling* de 10.000 ms a 1.000 ms. Dado los resultados se observa que a menor tiempo mayor consumo de procesador.
- Las pruebas de carga llevadas a cabo con el sistema SAEI determinaron que el uso de memoria RAM se mantiene en 158.90 MB si se varía el tiempo de *polling* en 1.000, 3.500, 5.000 y 10.000 ms.
- Las pruebas de carga realizadas con el sistema SAEI determinaron que el uso del procesador es 59,35%, 79,47% y 95,00%, si se gestionan 30, 70 y 100 equipos industriales respectivamente. Dado los porcentajes se observa que a mayor cantidad de equipos mayor uso de procesador.

4.2 RECOMENDACIONES

Una vez terminado el presente Proyecto de Titulación se recomienda lo siguiente:

- Para que los mensajes SNMP sean menos susceptibles a ser capturados, analizados y modificados por hackers, se recomienda usar la versión 3 de SNMP, debido que los mensajes SNMP en la versión 3 implementan protocolos de autenticación (MD5 y SHA) y privacidad (AES y DES) proporcionando seguridad en el mensaje.
- Si desea modificar el código fuente del sistema SAEI con la finalidad de añadir compatibilidad con más equipos industriales, se recomienda revisar los diagramas UML del sistema y la documentación del código fuente. Así, se podrá reusar los subsistemas (subsistema de comunicación, subsistema de acceso de datos, subsistema de control de equipos y subsistema de presentación).

- Para familiarizarse con el sistema SAEI se recomienda previamente leer el manual de usuario. El manual describe las siguientes acciones: añadir equipos, eliminar equipos, configurar el protocolo SNMP, administrar las cuentas de usuario, configurar la base de datos PostgreSQL e instalar el sistema SAEI en la computadora.
- Se recomienda el uso de librería JFreeChart para la creación de diferentes tipos de gráficos, como: gráficos XY, gráficos circulares, gráficos de Gantt, gráficos de barras y gráficos combinados en Java.
- Para evitar problemas en la configuración del sistema SAEI se recomienda llevar un modelo de registro con los datos a configurar. Si se usa la versión 3 de SNMP se deberá registrar lo siguiente: el nombre de usuario, el tipo de autenticación, el tipo de privacidad, la clave de autenticación, la clave de privacidad, el puerto de escucha y la dirección IP.
- Dado que se necesita 80 GB de espacio para almacenar los datos históricos de 20 equipos industriales durante un año, se recomienda extraer la información de la base de datos cada año, para evitar un tamaño excesivo.
- Se recomienda que las imágenes de estado (desconectado, alerta y normal) de cada equipo industrial tengan un tamaño mínimo de 26x26 píxeles y un máximo de 200x200 píxeles. Así, las imágenes podrán ser: ordenadas, distribuidas, observadas e identificadas en la interfaz principal del sistema SAEI.
- Antes de usar el sistema SAEI en un entorno de producción se recomienda probar el hardware (procesador, memoria RAM y disco duro) y software (parches, sistema operativo, etc.) de la computadora o máquina virtual que vaya a correr el sistema SAEI, para evitar problemas, como: falta de memoria RAM, falta de espacio, incompatibilidad del software, etc.

- Para el desarrollo de sistemas como SAEI en donde los requerimientos iniciales no son completamente definidos se recomienda usar la metodología Scrum. Scrum permite modificar y añadir nuevos requerimientos si el Scrum *Master* aprueba dichos cambios. Por lo tanto, Scrum da cierta flexibilidad y adaptación a nuevos requisitos del cliente.
- Para la elaboración de interfaces gráficas en donde se requiere el ingreso de información por parte de usuarios, es una buena práctica validar los datos ingresados para evitar inconsistencias en la base de datos. También es recomendable usar herramientas informativas como *tooltip* para ayudar al usuario a llenar correctamente la información.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. BARBA, "Gestión de red", UPC, 1999.
- [2] CISCO, "Simple Network Management Protocol", 2012, [En línea] http://docwiki.cisco.com/wiki/Simple_Network_Management_Protocol, [Último acceso: 01-10-2014].
- [3] W. STALLINGS, "SNMP, SNMPV2, SNMPV3 AND RMON 1 AND 2", Addison Wesley, 1999.
- [4] TCPIPGUIDE, "SNMP Version 1, 2 y 3 Message Formats", [En línea] http://www.tcpipguide.com/free/t_SNMPOVersion2SNMPv2MessageFormats-5.htm, [Último acceso: 10-09-2014].
- [5] R. MILLÁN, "Simple Network Management Protocol version 3", 2003, [En línea] <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/snmpv3.php>, [Último acceso: 18-01-2014].
- [6] W. STALLINGS, "Fundamentos de Seguridad en Redes Aplicaciones y Estándares", Pearson, 2004.
- [7] U. BLUMENTHAL, "User-based Security Model (USM) for version 3 of the SNMPv3", 1999, [En línea] <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2574.txt>, [Último acceso: 08-04-2014].
- [8] AODBC, "Clasificación TIER en el Datacenter, el estándar ANSI/TIA-942", 2012, [En línea] <http://blog.aodbc.es/2012/07/10/clasificacion-tier-en-el-datacenter-el-estandar-ansitia-942/>, [Último acceso: 13-08-2014].
- [9] A. SRL, "Instalaciones Eléctricas en Centros de Datos", 2007, [En línea]. <http://www.electromagazine.com.uy/anteriores/numero23/datacenter23.htm>, [Último acceso: 10-10-2014].
- [10] SIT, "Equipo de Control de Incendios", [En línea] <http://www.sit-mx.com/productos/equipo-de-control-de-incendios>, [Último acceso: 11-9-2014].
- [11] L. A., "Acondicionamiento en Data Center", [En línea] <http://www.mundo-hvacr.com.mx/mundo/2009/04/acondicionamiento-en-data-center/>, [Último acceso: 10-09-2014].
- [12] APC, "Diferentes Tipos de Sistemas UPS", 2004, [En línea] <http://www.fasor>

- .com.sv/whitepapers/whitepapers/Whitepapers%20del%202010/Diferentes_tipos_de_sistemas_de_UPS.pdf, [Último acceso: 10-10-2014].
- [13] APC, "APC Symmetra LX 16kVA", [En línea] http://www.apc.com/products/resource/include/techspec_index.cfm?base_sku=SYA16K16P, [Último acceso: 06-05-2014].
- [14] APC, "Rack Power Distribution", [En línea] http://www.apcmedia.com/salestools/JKUR-8B2SG2/JKUR-8B2SG2_R1_EN.pdf, [Último acceso: 20-02-2014].
- [15] APC, "Rack-mount Transfer Switches", [En línea] http://www.apc.com/products/resource/include/techspec_index.cfm?base_sku=AP7730&xtmc=ATS&xtr=1, [Último acceso: 01-10-2014].
- [16] APC, "Interruptores de transferencia para montaje en rack", [En línea] http://www.apc.com/products/resource/include/techspec_index.cfm?base_sku=AP7752&tab=models, [Último acceso: 10-08-2014].
- [17] MOXA, "ioLogik E2210", [En línea] <http://www.moxa.com/product/iologik-e2210.htm>, [Último acceso: 12-05-2014].
- [18] APC, "NetBotz Rack Monitor 550", [En línea] http://www.apc.com/products/resource/include/techspec_index.cfm?base_sku=NBRK055, [Último acceso: 17-03-2014].
- [19] APC, "Security & Environmental Monitoring", 2014, [En línea] http://www.allteq.com.au/apc/manuf_apc_security.html, [Último acceso: 13-08-2014].
- [20] EMERSON, "Aire acondicionado de precisión para ahorrar espacio", [En línea] <http://www.emersonnetworkpower.com/esCALA/Products/PrecisionCooling/SmallRoomCooling/Documents/Liebert%20Challenger%203000%20with%20iCOM.pdf>, [Último acceso: 14-03-2014].
- [21] APC, "Rack PDU", [En línea] http://www.apc.com/products/resource/include/techspec_index.cfm?base_sku=AP8858NA3, [Último acceso: 10-10-2014].
- [22] MIBDEPOT, "MIB LIEBERT", [En línea] http://www.mibdepot.com/cgi-bin/vendor_index.cgi?r=liebert, [Último acceso: 12-10-2014].
- [23] PROYECTOSAGILES, "Qué es SCRUM", [En línea] <http://www.proyectosagiles.org/que-es-scrum>, [Último acceso: 12-04-2014].

- [24] K. SCHWABER y J. SUTHERLAND, "La Guía de SCRUM", 2011, [En línea] https://www.scrum.org/Portals/0/Documents/Scrum%20Guides/Scrum_Guide%202011%20-%20ES.pdf, [Último acceso: 20-02-2014].
- [25] OJOANALITICO, "Introduccion a SCRUM", [En línea] <http://ojoanalitico.com/herramientas/introduccion-a-scrum/>, [Último acceso: 20-02-2014].
- [26] NETBEANS, "NetBeans IDE Features", [En línea] <https://netbeans.org/features/index.html>, [Último acceso: 20-02-2014].
- [27] POSTGRESQL, "PostgreSQL About", [En línea] <http://www.postgresql.org/about/>, [Último acceso: 20-03-2014].
- [28] WEBNMS, "SNMP API DataSheet", [En línea] http://www.webnms.com/snmp/snmpapi_datasheet.pdf, [Último acceso: 20-02-2014].
- [29] JFREECHART, "Welcome to JFreeChart", [En línea] <http://www.jfree.org/jfreechart/>, [Último acceso: 15-04-2014].
- [30] CODE.GOOGLE, "¿Qué es JspXML?", [En línea] <https://code.google.com/p/analizador-xml/>, [Último acceso: 20-05-2014].

ANEXOS

ANEXO A
MANUAL DE USUARIO
(CD ADJUNTO)

ANEXO B

INSTALADOR DEL SAEI 1.0

(CD ADJUNTO)

ANEXO C

CÓDIGO FUENTE

(CD ADJUNTO)

ANEXO D

DOCUMENTACION DEL CÓDIGO

(CD ADJUNTO)