

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería Electrónica



Sistema automático de gestión de energía eléctrica

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en
Electrónica con el grado académico de Licenciatura**

Rudy Marconi Elizondo Chacón

Cartago, Junio de 2011

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA


ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA

PROYECTO DE GRADUACIÓN


TRIBUNAL EVALUADOR

Proyecto de Graduación defendido ante el presente Tribunal Evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Miembros del Tribunal



Ing. Juan Carlos Jiménez Robles



Ing. Eduardo Interiano Salguero

Profesor lector

Profesor lector



Ing. William Marín Moreno

Profesor asesor

Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente trabajo de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Escuela de Ingeniería Electrónica.

Cartago, 23 de Junio de 2011

Declaro que el presente Proyecto de Graduación ha sido realizado enteramente por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema e introduciendo conocimientos propios.

En los casos en que he utilizado bibliografía, he procedido a indicar las fuentes mediante las respectivas citas bibliográficas.

En consecuencia, asumo la responsabilidad total por el trabajo de graduación realizado y por el contenido del correspondiente informe final.

Cartago, 24 de Junio de 2011

Rudy Elizondo

Rudy Marconi Elizondo Chacón

Céd: 2-0652-0986

Resumen

La gestión de la energía eléctrica en una empresa, residencia, o en algún otro establecimiento es de suma importancia ya que permite el uso racional de este recurso en un equilibrio con el desarrollo de las actividades humanas.

Este informe presenta el diseño e implementación de un sistema domótico para ejecutar los procesos de gestión de energía eléctrica en un edificio.

Este sistema consiste, fundamentalmente, en una aplicación servidor con una interfaz gráfica que permite al usuario monitorizar y controlar de forma manual y automática el consumo de cargas eléctricas como sistemas computacionales, iluminación, sistemas de audio y video y algunos electrodomésticos. Además, por medio de un conjunto de aplicaciones web, en forma alternativa se pueden realizar las funciones de monitorización y control manual desde cualquier dispositivo móvil o de escritorio con capacidad de visualizar páginas web ASP.NET™.

El control del consumo se realiza por medio de la conexión y desconexión de cargas eléctricas, así como el apagado y encendido de ciertos sistemas electrónicos. Esto se realiza de forma remota, desde la aplicación servidor, por medio de una red de datos para la integración en el control de los sistemas electrónicos como el 5000LC de LiteTouch® para el control de la iluminación, el STARGATE y el módulo IR-XPANDER2 de JDS Technologies® para el control de electrodomésticos y equipos de audio y video, además de una UPS de la marca CDP® para el control del consumo de sistemas computacionales.

Palabras Clave: Gestión de energía, sistema domótico, aplicación servidor, ASP.NET™, 5000LC, STARGATE, IR-XPANDER2.

Abstract

The power management in a business, residence, or some other place is of great importance because it allows the rational use of this resource in a balance with the development of human activities.

This report presents the design and implementation of an automated system to run the process of power management in a building.

This system is basically a server application with a graphical interface that allows users to monitor and control manually and automatically the consumption of loads like computer systems, lighting, audio and video systems and some appliances. In addition, through a set of web applications, alternatively the user can perform the functions of monitoring and manual control from any desktop or mobile device capable of displaying web pages ASP.NET™.

The consumption control is done through the connection and disconnection of electric charges, as well as off and on certain electronic systems. This is done remotely from the server application, through a data network for the integration into control of the electronic systems such as LiteTouch® 5000LC to lighting control, STARGATE and the IR-XPANDER2 module of JDS Technologies® to control appliances and audio and video equipment, and one UPS of CDP® to control the consumption of computer systems.

Keywords: Energy management, home automation system, application server, ASP.NET™, 5000LC, STARGATE, IR-XPANDER2.

Dedicatoria

A mi familia por haberme dado todo el apoyo necesario para alcanzar esta etapa de mi vida tan importante. Especialmente a mi madre, Marlene Chacón Valerio, que con su incansable esfuerzo me dio todo lo necesario para llegar hasta aquí, para alcanzar mis metas, y para seguir adelante siempre con deseos de superación y excelencia.

Agradecimiento

A Dios gracias por la vida, y por haberme rodeado de personas como mi familia y amigos a los cuales agradezco el apoyo incondicional que me impulso para llegar hasta el final de mi carrera.

Al señor Vinicio Musmanni Sobrado por haberme dado la oportunidad de servirle en su empresa desarrollando este proyecto y así, poniendo a prueba mis habilidades y adquiriendo nuevos y valiosos conocimientos.

Al señor Cristian Cortés Chávez, electricista en DART, por haberme brindado su ayuda incondicional colaborando con el desarrollo del proyecto en cuanto a las instalaciones eléctricas.

Al profesor Ing. William Marín Moreno por su correcta asesoría durante el proceso de desarrollo de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

Capítulo 1: Introducción	1
1.1 Descripción de la empresa	1
1.2 Descripción del problema e importancia de la solución	2
1.3 Enfoque de la solución	3
Capítulo 2: Meta y objetivos	6
2.1 Meta	6
2.2 Objetivo general	6
2.3 Objetivos específicos	6
Capítulo 3: Marco teórico	8
3.1 Sistemas para la monitorización y el control de cargas eléctricas	8
3.1.1 LiteTouch® CCU 5000LC	8
3.1.2 STARGATE Interactive Automation System	11
3.1.3 Módulo infrarrojo IR-XPANDER2	13
3.1.4 CDP® UPS	14
3.2 Desarrollo web con ASP.NET™	15
3.3 Desarrollo de aplicaciones de formularios Windows Forms	17
Capítulo 4: Diseño del sistema automático de gestión de energía eléctrica	19
4.1 Selección y descripción de la solución	19
4.2 Adaptación para la comunicación vía red Ethernet, de los sistemas para la monitorización y el control de cargas eléctricas	21
4.3 Diseño del servicio web XML con ASP.NET™ para el control serial	23
4.4 Diseño de la aplicación de escritorio de formularios Windows Forms	31
4.4.1 Control de la iluminación	33
4.4.2 Control de la UPS de 10KVA	37
4.4.3 Control de los equipos de audio y video	40
4.4.4 Control de los electrodomésticos	46
4.4.5 Monitorización General	50
4.4.6 Control Automático de las cargas eléctricas	52

4.4.7	Aspectos generales del diseño de la aplicación de escritorio	58
4.5	Diseño de las aplicaciones web ASP.NET™	61
4.6	Implementación y análisis de resultados del sistema automático de gestión de energía eléctrica.....	70
Capítulo 5:	Conclusiones y recomendaciones	71
5.1	Conclusiones.....	71
5.2	Recomendaciones	72
Bibliografía	73
Apéndices	76
A.1	Código fuente	76
A.2	Manual de usuario.....	77
A.2.1	Servicio Web XML	77
A.2.2	Aplicación de escritorio	77
A.2.2.1	Sección Iluminación.....	78
A.2.2.2	Sección Sistemas Computacionales	79
A.2.2.3	Sección Sistemas de Audio y Video	80
A.2.2.4	Sección Electrodomésticos.....	81
A.2.2.5	Sección Monitorización General	82
A.2.2.6	Sección Control General	82
A.2.3	Aplicaciones web ASP.NET™	84
Anexos	85
B.1	Diagrama del 5000LC	85
B.2	Diagrama del STARGATE	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Diagrama de bloques general de la solución.	4
Figura 3.1	Unidad Central de Control 5000LC. [7]	9
Figura 3.2	Módulos de control de cargas. [7]	9
Figura 3.3	Placa principal del STARGATE. [4]	11
Figura 3.4	Módulo IR-XPANDER2. [2]	13
Figura 3.5	Aplicación distribuida. [11]	18
Figura 4.1	Diagrama de bloques detallado de la solución. [18]	21
Figura 4.2	Diagrama de flujo de métodos web con retorno.	26
Figura 4.3	Diagrama de flujo de métodos web vacíos.	27
Figura 4.4	Página web de prueba para el método EnviarComandoUPS.	29
Figura 4.5	Página web con el resultado del método EnviarComandoUPS.	29
Figura 4.6	Sección de la aplicación de escritorio para el control de la iluminación. .	32
Figura 4.7	Diagrama de flujo del proceso ejecutado al presionar un botón de la estación virtual.	35
Figura 4.8	Sección de la aplicación de escritorio para el control de la UPS de 10KVA.	38
Figura 4.9	Sección de la aplicación de escritorio para el control de los equipos de audio y video.	40
Figura 4.10	Circuito de control del relay para la conexión y desconexión de equipos.	43

Figura 4.11	Diagrama de flujo del algoritmo ejecutado al presionar el botón ON/OFF.	45
Figura 4.12	Sección de la aplicación de escritorio para el control de los electrodomésticos.	47
Figura 4.13	Diagrama de flujo del algoritmo ejecutado al presionar un botón de conexión/desconexión de electrodomésticos.	50
Figura 4.14	Sección de la aplicación de escritorio para la monitorización general. .	51
Figura 4.15	Sección de la aplicación de escritorio para el control automático de cargas eléctricas.	53
Figura 4.16	Ejemplo de archivo de texto con el horario 1 de la iluminación.	55
Figura 4.17	Diagrama de flujo del algoritmo para leer y ejecutar los horarios de los electrodomésticos.	57
Figura 4.18	Ejemplo del archivo MonitorStarGate.txt.	59
Figura 4.19	Menú de opciones del icono de notificación.	60
Figura 4.20	Página web para el control de la iluminación.	62
Figura 4.21	Página web para el control de la UPS.	63
Figura 4.22	Página web para el control de los equipos de audio y video.	64
Figura 4.23	Página web para el control de los electrodomésticos.	65
Figura 4.24	Página web para la monitorización general del consumo eléctrico.	66
Figura 4.25	Aplicación distribuida del sistema automático de gestión eléctrica.	69
Figura A.1.1	Código fuente del método web EnviarComandoUPS.	76
Figura A.2.1	Sección de la aplicación de escritorio para el control de la iluminación.	78

Figura A.2.2	Sección de la aplicación de escritorio para el control de la UPS de 10KVA.	79
Figura A.2.3	Sección de la aplicación de escritorio para el control de los equipos de audio y video.	80
Figura A.2.4	Sección de la aplicación de escritorio para el control de los electrodomésticos.	81
Figura A.2.5	Sección de la aplicación de escritorio para el control automático de cargas.	83
Figura B.1.1	Diagrama de conexión del LiteTouch® CCU 5000LC.	85
Figura B.2.1	Diagrama del panel principal del STARGATE.	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Consumo de energía eléctrica en KWH e importe en colones, en la empresa DART, para los meses que van desde Diciembre de 2009 hasta Junio de 2010.	2
Tabla 4.1 Resultados obtenidos de las pruebas de métodos web (con retorno), utilizados para el control de los puertos COM 4, COM 6 y COM 7.	30

Capítulo 1: Introducción

La Domótica es la automatización y control remoto de dispositivos y sistemas eléctricos en una vivienda. El término Domótica significa “Casa Automática”. Los sistemas domóticos permiten la automatización de una vivienda brindando servicios de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación. [1]

Los sistemas que administran el consumo de energía eléctrica conforman una de las principales aplicaciones de la Domótica. Un sistema domótico que brinde servicios de gestión energética se basa en la utilización de controladores, sensores y actuadores con los cuales regula la cantidad de energía que se consume en un edificio por medio del control remoto de las cargas eléctricas. [17]

1.1 Descripción de la empresa

Diseño, Arte y Tecnología (DART) es una empresa que se dedica al audio y video, ésta se encuentra ubicada en una casa de habitación en San Pedro de Montes de Oca. Los principales servicios que brinda esta empresa son la producción y postproducción audiovisual, distribución de equipo profesional en audio y video, equipo para cines y teatros, software para diseño y animación 2D/3D, equipos y dispositivos para sistemas domóticos.

Para brindar sus servicios DART cuenta con equipos de audio y video, y sistemas computacionales especializados para el diseño y procesamiento audiovisual. Además de los sistemas utilizados para ejecutar las tareas de la empresa, al estar ubicada en una casa de habitación, en DART se encuentran los dispositivos y sistemas eléctricos que son comunes en una vivienda como lo son los electrodomésticos, sistemas de seguridad, comunicación, confort, entretenimiento, entre otros. Las labores de procesamiento de audio y video realizadas en la empresa están a cargo de un conjunto de computadoras y servidores, dichos procesos se realizan de forma continua y requieren de una alta capacidad de procesamiento de información.

1.2 Descripción del problema e importancia de la solución

Debido a las condiciones laborales de DART el consumo de energía eléctrica de la residencia en la cual se encuentra instalada es notablemente mayor en comparación con una casa de habitación común. En la tabla 1.1 se muestra el consumo eléctrico de esta empresa para los meses desde Diciembre de 2009 hasta Junio de 2010, en ésta se puede observar que los cargos por el servicio eléctrico son elevados debido a la alta demanda de energía.

Tabla 1.1: Consumo de energía eléctrica en KWH e importe en colones, en la empresa DART, para los meses que van desde Diciembre de 2009 hasta Junio de 2010.

	Mes / Año	Consumo (KWH)	Importe (colones)
	Diciembre / 2009	4751	289811
	Enero / 2010	4048	246928
	Febrero / 2010	4547	277367
	Marzo / 2010	3169	193309
	Abril / 2010	3356	204716
	Mayo / 2010	3647	222467
	Junio / 2010	3546	216306
Promedio		3866.3	235843.4

Fuente: Factura No. 02595964-4. Cliente: DART. Empresa que brinda el servicio: Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL).¹

La gestión de la energía eléctrica en una empresa, residencia, o en algún otro establecimiento es de suma importancia debido a la alta cantidad de energía que demanda el ser humano para el desarrollo de sus actividades. Además, es un medio importante para la gestión ambiental ya que permite hacer uso racional de este recurso, y procurar un ahorro económico, contribuyendo al desarrollo sostenible.

¹ En esta tabla no se considera el cargo por demanda solamente el cargo por energía. El cálculo del importe se realizó basado en la tarifa general, vigente el 29 de Abril de 2010, Publicación No. 82, La gaceta, de la CNFL.

Actualmente, en DART no existe gestión de la energía eléctrica ya que el control del consumo energético se realiza de forma manual, directamente por parte del usuario, sin contar con alguna asistencia tecnológica que le facilite estos procesos, lo cual implica que se presenten, frecuentemente, situaciones de desperdicio de energía al dejar cargas activas de forma innecesaria.

Debido a estas condiciones, en DART existe una problemática asociada a la administración del consumo eléctrico. La empresa realiza una gran inversión en recursos energéticos obteniendo pérdidas por causa del desperdicio de energía y está ausente en políticas que contribuyan al desarrollo sostenible.

Mediante la implementación de prácticas que permitan la gestión eléctrica, por medio del control del consumo de las cargas, la empresa obtiene beneficios como el ahorro energético, lo cual implica un ahorro económico, en un equilibrio con el desarrollo de sus actividades.

1.3 Enfoque de la solución

Con el fin de dar solución al problema planteado se diseñó e implementó un sistema domótico para la gestión de energía eléctrica. Con este sistema la empresa pretende facilitar al usuario los procesos de administración del consumo eléctrico, brindando servicios de monitorización y control remoto, manual y automático, de las principales cargas (de mayor consumo) conectadas a la red interna del edificio.

El sistema domótico está compuesto por una aplicación servidor (aplicación principal) con una interfaz gráfica que permite al usuario, de forma local, monitorizar el consumo de las principales cargas eléctricas, así como el control remoto, manual y automático, de sistemas computacionales, iluminación, equipos de audio y video y algunos electrodomésticos.

Además, este sistema cuenta con un conjunto de aplicaciones web que permiten realizar las funciones de monitorización del consumo y el control manual de cargas, de forma remota, desde cualquier dispositivo móvil o de escritorio capaz de ejecutar páginas web dinámicas.

En la figura 1.1 se puede observar un diagrama de bloques general de la solución implementada. En esta figura se muestra el controlador central del sistema domótico compuesto por la aplicación principal y las aplicaciones web (instaladas en el servidor), además de un dispositivo móvil (donde se despliegan las páginas web) y los diferentes sensores y actuadores (que forman parte de los controladores) los cuales permiten la medición del consumo eléctrico de las cargas y el control remoto de las mismas.

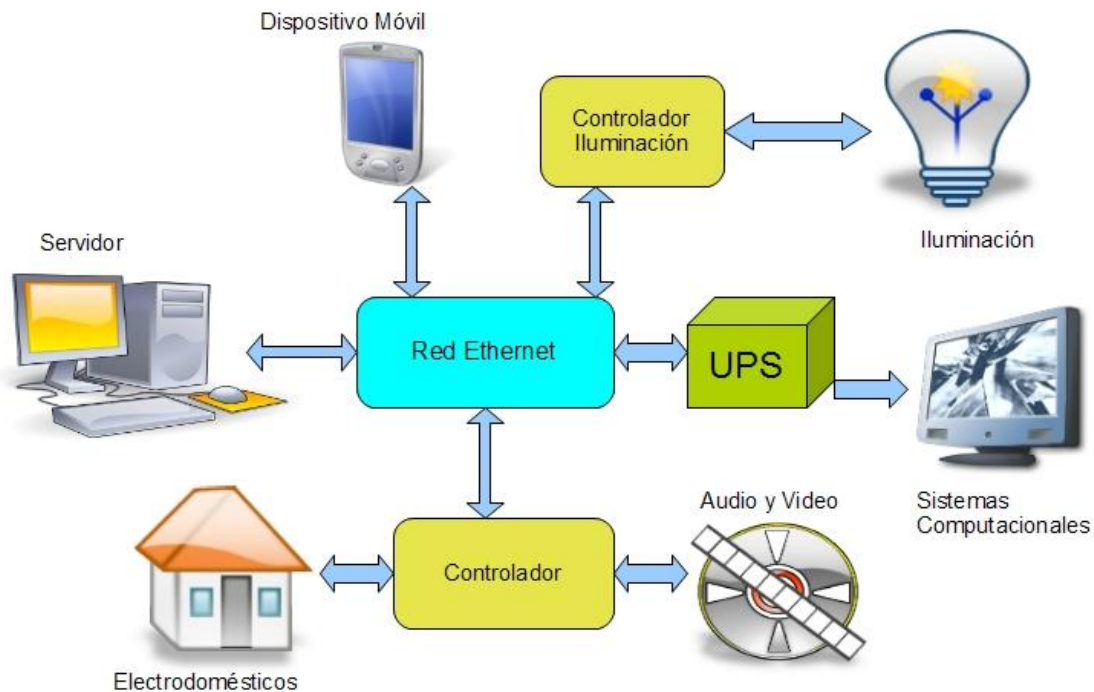


Figura 1.1 Diagrama de bloques general de la solución.

El bloque “Controlador Iluminación” está compuesto por un sistema domótico llamado 5000LC de la marca LiteTouch®, el cual se utiliza para el control de la iluminación. El bloque “Controlador” se compone de un sistema llamado STARGATE y un módulo IR-XPANDER2 de la marca JDS Technologies®, los cuales se utilizan para el control de diversas cargas eléctricas, en este caso, electrodomésticos y equipos de audio y video.

Mediante la utilización del sistema automático de gestión de energía eléctrica el usuario tiene la capacidad de ejecutar diversos procesos que permiten el control del consumo eléctrico del edificio, dentro de los cuales se encuentran la conexión y desconexión de cargas, como algunos electrodomésticos y sistemas de audio y video, y la medición del consumo de las mismas.

Este sistema también permite apagar y encender sistemas electrónicos como una UPS, la cual se encarga de la alimentación de las computadoras y servidores, y algunos equipos de audio y video. El apagado, encendido y la monitorización del estado de las luces del edificio, así como el ajuste de sus niveles de atenuación, son otras de las funciones brindadas al usuario.

La forma en que la aplicación principal y las aplicaciones web facilitan al usuario los procesos de gestión eléctrica se basa en el despliegue de una interfaz gráfica (botones, listas, imágenes e información digital de monitorización), mediante la cual se simplifican las labores de administración del consumo eléctrico a tal punto de poder regular el mismo desde la comodidad de una computadora o un dispositivo móvil, en cualquier parte del edificio.

Capítulo 2: Meta y objetivos

2.1 Meta

Administrar el consumo de energía eléctrica de DART, con el fin de obtener una reducción del mismo de al menos un 15% anual en un equilibrio con el desarrollo de la empresa.

2.2 Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema electrónico automatizado que permita al usuario realizar la monitorización y el control del consumo eléctrico de equipos de audio y video, iluminación, sistemas computacionales y electrodomésticos, para ejecutar procesos de gestión energética en la empresa.

2.3 Objetivos específicos

2.3.1 Adaptar el 5000LC, el STARGATE, el módulo IR-XPANDER2 y la UPS para la comunicación por medio de la red de área local Ethernet existente en la empresa.

2.3.2 Desarrollar un servicio web y los algoritmos necesarios para el control, manual y automático, y la monitorización del consumo eléctrico de cargas como electrodomésticos, sistemas computacionales, iluminación y equipos de audio y video.

- 2.3.3 Diseñar una aplicación de escritorio ejecutable en sistemas operativos Microsoft® Windows™ con una interfaz gráfica que permita al usuario la monitorización y el control remoto de las cargas eléctricas.
- 2.3.4 Diseñar un conjunto de páginas web dinámicas para el control manual de cargas y la monitorización del consumo eléctrico.
- 2.3.5 Implementar el sistema automático de gestión eléctrica en DART y verificar su funcionamiento.
- 2.3.6 Realizar un manual de usuario de las aplicaciones desarrolladas que conforman el sistema domótico de gestión energética.

Capítulo 3: Marco teórico

En este capítulo se resumen los principales conceptos relacionados con el desarrollo del sistema domótico para la gestión eléctrica. Se presenta teoría sobre el desarrollo web con ASP.NET™ y de aplicaciones Windows Forms, además de las principales características de los sistemas electrónicos utilizados para la administración del consumo eléctrico los cuales son el 5000LC, el STARGATE, el módulo IR-XPANDER2 y una UPS de la marca CDP®.

3.1 Sistemas para la monitorización y el control de cargas eléctricas

3.1.1 LiteTouch® CCU 5000LC

El LiteTouch® CCU serie 5000LC es un sistema domótico para el control del apagado y encendido de equipos y el nivel de atenuación de la iluminación. Actualmente, en DART se encuentra instalado y en funcionamiento un ejemplar de estos y es utilizado, principalmente, para el control de la mayor parte de la iluminación del edificio.

El funcionamiento de este sistema se basa en el envío de órdenes (comandos) de ajuste del nivel de atenuación a la unidad central de control (CCU), provenientes del usuario, generadas por medio de estaciones de control, colocadas en paredes, compuestas por botoneras asignadas a una o más cargas eléctricas. Estas órdenes son procesadas por el CCU y enviadas como señales de control a los módulos de control (módulos de potencia) que se encargan, directamente, del ajuste de los niveles de atenuación. [7]

Además de las botoneras físicas, el sistema de LiteTouch® posee un software llamado LiteWare™ que permite las mismas funciones de control mediante la utilización de estaciones virtuales. Por medio de esta aplicación el usuario también puede realizar la configuración del 5000LC así como programar horarios que permiten el apagado y encendido automático, a horas definidas, de luces específicas del edificio. [6]

En la figura 3.1 se puede observar la parte frontal de la unidad central de control 5000LC. En la figura 3.2 se muestran los principales módulos de control los cuales son el módulo Dimmer para el control de la iluminación y el módulo ON/OFF para el control del apagado y encendido de equipos y dispositivos eléctricos. En el anexo B.1 se presenta un diagrama ilustrativo del sistema de control de LiteTouch®.



Figura 3.1 Unidad Central de Control 5000LC. [7]



a. Módulo Dimmer para 8 cargas.

b. Módulo ON/OFF para 8 cargas.

Figura 3.2 Módulos de control de cargas. [7]

La comunicación entre la computadora personal (PC) que posee instalada la aplicación LiteWare™ y el 5000LC es de tipo serial (protocolo RS-232) y los comandos de control forman parte de un protocolo de comunicaciones que es propiedad del fabricante, en este caso, de LiteTouch®.

Debido a que este protocolo es de carácter privado en la red de internet sólo se encuentran, de manera pública, un pequeño conjunto de comandos utilizados para la monitorización del estado de las estaciones de control y el ajuste de los niveles de atenuación. A manera de ejemplo, a continuación se muestran dos comandos para el control del 5000LC, el primero se utiliza para solicitar, desde la PC, el estado de los LED de los botones que conforman una estación de control específica. El segundo comando se utiliza para ajustar el nivel de atenuación de las cargas de un módulo Dimmer específico.

Comandos del protocolo de comunicaciones de LiteTouch®:

1) GET LED STATUS: *R,CGLES,SS[cr]*

Donde “SS” es la dirección de la estación de control en hexadecimal, y “[cr]” es el retorno de carro.

2) SET MODULE LEVELS: *R,DSMLV,MM,XX,T,L1,L2,L3,L4,L5,L6,L7,L8[cr]*

Donde “MM” es la dirección del módulo de control en hexadecimal, “XX” es la máscara, en binario, de las salidas (las ocho cargas) que serán modificadas, “T” es el tiempo, en segundos, que tardará el módulo en ejecutar el cambio de nivel y “L1 – L8” son los niveles a los cuales se desea establecer las cargas.

Cada estación de control, es decir, cada botonera posee una dirección conformada por dos dígitos hexadecimales mediante los cuales el CCU identifica de donde exactamente provienen las órdenes generadas por el usuario. De igual forma, cada módulo de control es identificado por dos dígitos hexadecimales que le permiten al 5000LC enviar las señales de control al módulo indicado, con el fin de ejecutar los ajustes de atenuación establecidos por el usuario de las cargas especificadas por el mismo. Lo anterior evidencia que el sistema de control de LiteTouch® está diseñado para manejar un máximo de 256 estaciones de control e igual cantidad máxima de módulos de potencia.

3.1.2 STARGATE Interactive Automation System

El STARGATE es un sistema electrónico para la automatización de edificios que integra el control de diversos equipos y dispositivos eléctricos en áreas como la iluminación, seguridad, entretenimiento (audio y video), comunicaciones (telefónicas), confort, entre otras. En general, con este sistema es posible controlar una gran variedad de cargas eléctricas por medio del teléfono, la computadora, comandos X10, estaciones de control (botoneras), comandos infrarrojos, entradas analógicas y digitales, y horarios programados basados en eventos. La figura 3.3 muestra una vista frontal de la placa principal del STARGATE, y en el anexo B.2 se puede observar un diagrama de este sistema. [3]

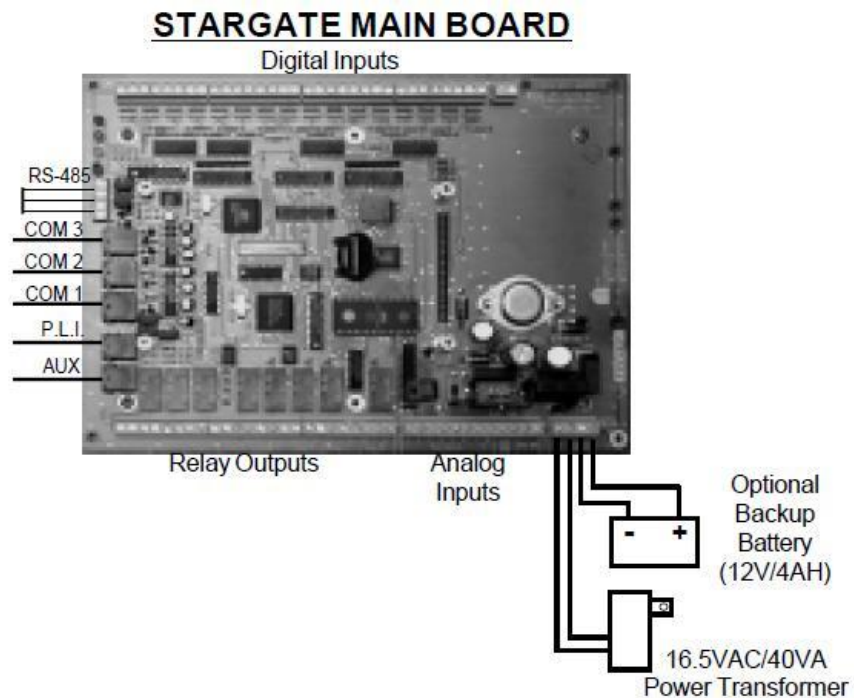


Figura 3.3 Placa principal del STARGATE. [4]

Dentro de las principales características del STARGATE es importante mencionar que en su placa principal posee 8 entradas analógicas, 16 entradas digitales, 8 salidas de relay, 3 puertos de comunicación serial, un puerto de conexión de periféricos (RS-485), un puerto de interfaz X10 y un puerto AUX para la conexión de módulos de expansión como el módulo IR-XPANDER2, mencionado anteriormente. [3]

Además, el STARGATE cuenta con una memoria interna permanente en la cual se guarda espacio para el almacenamiento de 256 dispositivos X10, 32 temporizadores, 32 etiquetas de tiempo, 256 banderas (1 bit cada una) y 256 variables (8 bits cada una). Este sistema también posee espacio disponible para almacenar el código de programación de horarios (para el control automático de cargas), los cuales ejecutan acciones basados en eventos relativos a cambios de estado de variables, banderas, temporizadores, entre otros. El software utilizado, brindado por el fabricante, para el control, configuración y programación del STARGATE se llama WinEVM (ver [3]).

Los procesos de control de cargas eléctricas de este sistema domótico están basados en el envío de comandos, generados por el usuario, a través de diferentes medios de comunicación y que son dirigidos a la placa principal en la cual se encuentra el controlador central del sistema. El control de las cargas eléctricas, como se mencionó anteriormente, puede ser desde una PC, un teléfono, una botonera instalada en una pared, o por medio de una programación de horarios basados en eventos. La conexión y desconexión de cargas, de forma directa, puede ser ejecutada de maneras distintas, ya sea por medio de las salidas de relay, la interfaz X10, o comandos por comunicación serial, entre otras.

El control del STARGATE desde una PC se realiza por medio de una comunicación serial (RS-232) basada en un conjunto de comandos para el control, la monitorización, la configuración y la programación de este sistema. Estos comandos son parte de un protocolo de comunicaciones llamado TimeCommander y forma parte del soporte que brinda el fabricante, JDS Technologies[®], a los usuarios del STARGATE [5]. A continuación se muestra un ejemplo de dos comandos utilizados para el control y la monitorización de este sistema. En el sitio web de JDS Technologies[®] se encuentra el conjunto de comandos completo de este protocolo (ver [5]).

Comandos del protocolo de comunicaciones TimeCommander:

1) SET RELAY 1: `##%3300190101[cr]`

Donde “[cr]” es el retorno de carro.

2) READ RELAYS STATUS: `##%338019[cr]`

3.1.3 Módulo infrarrojo IR-XPANDER2

El módulo IR-XPANDER2 es un dispositivo que se utiliza para el control de equipos que poseen una interfaz infrarroja para la recepción de comandos de control por ejemplo, equipos de audio y video. Este sistema posee una interfaz de señales infrarrojas mediante la cual recibe comandos que pueden ser almacenados en una memoria de tipo ROM con capacidad de hasta 500. Además, a través de los 4 puertos emisores, el IR-XPANDER2 es capaz de reproducir los comandos almacenados en su memoria interna. La figura 3.4 muestra la parte frontal y la parte trasera de este módulo.

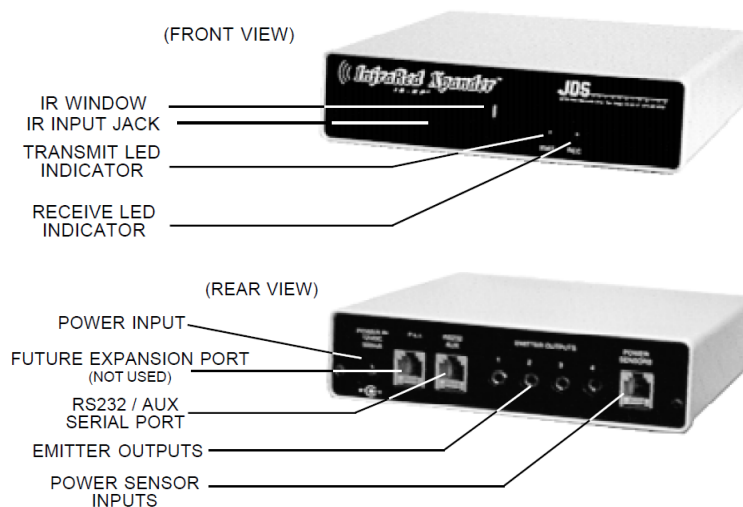


Figura 3.4 Módulo IR-XPANDER2. [2]

El control del IR-XPANDER2 puede ser de dos formas distintas, a través del STARGATE como módulo de expansión conectado al puerto AUX, o directamente desde una PC a través del puerto de comunicación serial (RS-232). Las especificaciones del protocolo de comunicación utilizado para el control desde una PC se presentan en el manual de usuario de este módulo, el cual está disponible en el sitio web de JDS Technologies® (ver [2]). Mediante la utilización de este protocolo el usuario puede controlar (desde la PC) el envío y recepción de comandos infrarrojos, desde y hacia el módulo IR-XPANDER2, para ejecutar acciones de control sobre equipos como el apagado y encendido de los mismos.

Por medio del control serial desde la PC, el usuario también puede leer el estado, activo o inactivo, de los 4 sensores de poder que son conectados al IR-XPANDER2 en el puerto llamado Power Sensor Inputs, el cual se indica en la figura 3.4. Existen varios tipos de estos sensores dentro de los cuales se encuentran sensores de tensión AC, video, cierre o apertura de relays, presión, nivel de fluido, movimiento, luz y señales digitales.

3.1.4 CDP® UPS

La fuente de poder ininterrumpida (UPS por sus siglas en inglés) es un sistema de alimentación que posee un banco de baterías y se utiliza para brindar energía tras un fallo del servicio eléctrico a todas las cargas que tenga conectadas, las cuales son generalmente sistemas computacionales. Las UPS también permiten el filtrado de picos de tensión así como de armónicos de la red, mejorando la calidad de la energía eléctrica que le brinda a las cargas.

La UPS de la marca CDP® (Chicago Digital Power) utilizada en DART para la alimentación de las computadoras y servidores posee una potencia nominal de 10KVA. Este sistema de alimentación es capaz de cambiar la forma en que alimenta a las cargas, es decir, puede tener en su salida la tensión alterna que le llega a la entrada funcionando como un Bypass (UPS inactiva), y también puede trabajar en modo Online (UPS activa) de tal forma que rectifica la tensión alterna de entrada y luego mediante la utilización de un inversor regenera dicha tensión mejorando su calidad. En este último caso, al estar en modo Online, cuando el servicio eléctrico falla, es decir, la tensión de entrada se cae la UPS inmediatamente genera la tensión alterna en la salida a partir de la tensión DC de las baterías por medio del circuito inversor.

Una característica importante de esta UPS es la posibilidad de controlar el modo de funcionamiento, mencionado anteriormente, desde una PC por medio de una comunicación serial (RS-232) utilizando comandos del protocolo de comunicaciones llamado Megatec Protocol y que está disponible en [16].

Este protocolo también permite la monitorización de la UPS, además de la obtención de sus valores nominales como la tensión AC, la corriente, la frecuencia y la tensión de la batería nominal. A continuación se muestran dos comandos, para ejemplificar el protocolo, utilizados para el control y la monitorización de la UPS. [16]

Comandos del protocolo de comunicaciones Megatec Protocol:

1) SHUT DOWN COMMAND: *Sn[cr]*

Donde “n” es el tiempo que se debe esperar para desactivar la UPS (cambiar a modo Bypass), y está dentro del rango de .2, .3...01, 02...10 minutos, y “[cr]” es el retorno de carro.

2) STATUS INQUIRY: *Q1[cr]*

3.2 Desarrollo web con ASP.NET™

ASP.NET™ (Active Server Pages .NET) es un modelo de desarrollo web unificado que incluye los servicios necesarios para crear aplicaciones web empresariales con el código mínimo. Este modelo de desarrollo forma parte de .NET Framework y al codificar las aplicaciones ASP.NET™ se tiene acceso a las clases de este marco de trabajo. El código de las aplicaciones se puede escribir en cualquier lenguaje de programación compatible con el Common Language Runtime (CLR), entre ellos Microsoft Visual Basic, C#, JScript .NET y J#. [9]

El marco de trabajo de páginas y controles ASP.NET™ es un marco de programación que se ejecuta en un servidor web para generar y representar de forma dinámica páginas web ASP.NET™. Estas páginas se pueden solicitar desde cualquier explorador o dispositivo cliente y ASP.NET™ representa el marcado, como HTML, al explorador que realizó la solicitud. [9]

Se puede utilizar la misma página web para varios exploradores ya que ASP.NET™ representa el marcado adecuado para el explorador que realiza la solicitud. Además, este modelo de desarrollo es compatible con los controles móviles de los dispositivos preparados para trabajar en web como teléfonos celulares, PC portátiles y asistentes digitales personales (PDA). [9]

Las páginas web ASP.NET™ están completamente orientadas a objetos. En estas páginas web se puede trabajar con elementos HTML que usen propiedades, métodos y eventos. El marco de trabajo de páginas ASP.NET™ quita los detalles de implementación relacionados con la separación de cliente y servidor inherente a las aplicaciones web presentando un modelo unificado que responde a los eventos de los clientes en el código que se ejecuta en el servidor. [9]

Microsoft® Visual Studio 2008 es un paquete completo de herramientas de software que permite el desarrollo de aplicaciones tanto de escritorio, como de aplicaciones web empresariales [15]. Mediante la utilización de estas herramientas es posible crear aplicaciones web ASP.NET™ las cuales son implementadas (colocadas) en el servidor web IIS (Internet Information Services) de Microsoft®. Este servidor web permite la publicación en internet de los sitios web desarrollados con ASP.NET™. En [12] se muestra un tutorial sobre la creación de sitios web y su implementación en el IIS, mediante el uso de la herramienta Visual Web Developer la cual está incluida en el paquete de Visual Studio 2008.

Los servicios web XML (Extensible Markup Language) son componentes de un servidor web a los que otras aplicaciones pueden llamar a través de una red TCP/IP. Un servicio web XML es una aplicación que no posee interfaz de usuario, ejecuta una función específica (cualquier cosa desde cálculos y validación de tarjetas de crédito hasta procesamiento de pedidos complejos) y devuelve valores a la aplicación que hace la llamada. [10]

Estos servicios web se invocan mediante peticiones HTTP o SOAP e intercambian datos con otros componentes mediante XML. Como tales, pueden convertirse en parte integral de aplicaciones web ASP.NET™ y proporcionar servicios no sólo a estas aplicaciones, sino también a cualquier aplicación que disponga de acceso web [10]. ASP.NET™ permite crear servicios web personalizados o utilizar servicios de aplicación integrados y llamar a estos servicios desde cualquier aplicación cliente [14].

3.3 Desarrollo de aplicaciones de formularios Windows Forms

Las aplicaciones de formularios Windows Forms son aplicaciones de escritorio desarrolladas para sistemas operativos Microsoft® Windows™. Un formulario conforma la unidad básica de una aplicación y es, básicamente, una hoja en blanco que el desarrollador rellena con controles, para crear una interfaz de usuario, y con código, para procesar los datos. Para ese fin, Visual Studio proporciona un entorno de desarrollo integrado que ayuda a escribir el código, así como un completo conjunto de controles escrito con .NET Framework. La funcionalidad de estos controles se complementa con el código escrito por el desarrollador, lo que permite crear fácil y rápidamente las soluciones deseadas. [8]

Desde este tipo de aplicaciones también se puede llamar a los servicios web XML y así, es posible utilizar los mismos servicios web en aplicaciones web ASP.NET™ y en aplicaciones de escritorio de formularios Windows Forms. De esta forma se simplifica el desarrollo de aplicaciones distribuidas.

Una aplicación distribuida es aquella que está compuesta por un grupo de dos o más aplicaciones separadas las cuales realizan funciones específicas y que, en conjunto, permiten la funcionalidad total de la aplicación [11]. Por ejemplo, una aplicación distribuida puede ser el conjunto conformado por una aplicación web ASP.NET™, una aplicación de formularios Windows Forms y un servicio web XML que sea llamado desde las anteriores. En la figura 3.5 se muestra un diagrama de esta aplicación distribuida.

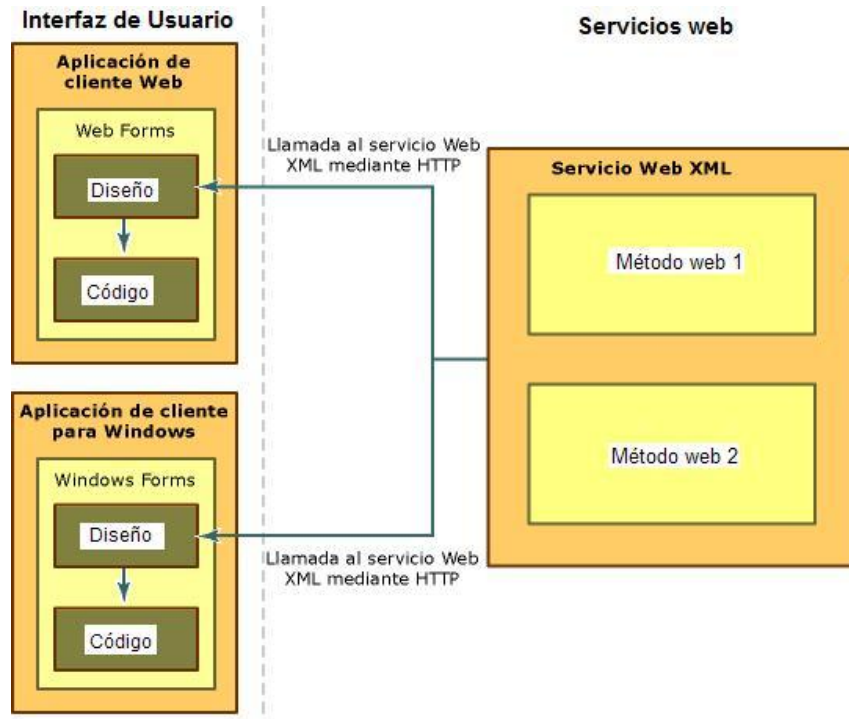


Figura 3.5 Aplicación distribuida. [11]

En [13] se presenta un tutorial que ejemplifica la creación de un servicio web XML mediante la utilización de ASP.NET™ en Visual Web Developer. Además, en [11] se muestran los pasos requeridos para crear una aplicación distribuida utilizando esta misma herramienta de desarrollo web.

Capítulo 4: Diseño del sistema automático de gestión de energía eléctrica

En los siguientes apartados de este capítulo se presentan las diferentes etapas de diseño del sistema automático de gestión eléctrica. Se muestra una descripción detallada de la solución desarrollada en cuanto a su funcionalidad, diseño e implementación. Con lo cual, se presentan los procesos de diseño, las características y la funcionalidad de cada uno de los componentes que conforman este sistema, entre ellos las aplicaciones web y de escritorio, además de la integración en el control de sistemas domóticos.

4.1 Selección y descripción de la solución

Debido a la naturaleza del problema, descrito en el capítulo 1, respecto al consumo eléctrico de DART, en primera instancia se consideró la posibilidad de administrar dicho consumo, con el fin de gestionar la energía eléctrica, facilitando al usuario los procesos de control de cargas por medio de algún sistema automatizado que cumpliera ciertas especificaciones. Este sistema debería brindar servicios de monitorización y control del consumo de electrodomésticos, sistemas de audio y video, así como computadoras y servidores. El control y monitorización de la iluminación sería otro requisito para el diseño de la solución.

Analizando las condiciones de la empresa, en ésta se encontraba instalado y en funcionamiento un sistema automatizado para el control de la iluminación, el LiteTouch® 5000LC, y una UPS de 10KVA (con puerto serial RS-232) alimentando los sistemas computacionales. Además en DART se disponía de varias unidades del STARGATE y del módulo IR-XPANDER2, las cuales se encontraban en desuso.

Tomando en cuenta la disponibilidad de estos sistemas y la necesidad de gestionar la energía eléctrica en la empresa con el fin de reducir el nivel del consumo eléctrico, se decidió diseñar e implementar un sistema automatizado que facilitara al usuario estos procesos de gestión energética por medio de la utilización de aplicaciones de software para la monitorización y el control de cargas. Este sistema aprovecharía la funcionalidad del 5000LC, el STARGATE, el módulo IR-XPANDER2 y la UPS mediante una integración en el control de los mismos, con el fin de controlar de forma remota las cargas eléctricas de mayor consumo en la empresa.

Este sistema gestor de energía eléctrica está compuesto por una aplicación de escritorio y un conjunto de aplicaciones web instaladas en un servidor (una PC), las cuales hacen uso de un servicio web XML (instalado en el mismo servidor) para tener acceso al puerto serial y así enviar los comandos de control a los diferentes equipos encargados (directamente) del control de cargas eléctricas. El usuario utiliza la interfaz gráfica de las aplicaciones para monitorizar y controlar el consumo de las cargas. A través de los controles (botones y listas de selección) presentes en estas interfaces el usuario envía comandos de control para ejecutar acciones sobre las cargas eléctricas.

Estos comandos son procesados por las aplicaciones en el servidor y enviados al 5000LC, cuando se trata del control de la iluminación, al STARGATE y el módulo IR-XPANDER2 para el control de electrodomésticos y equipos de audio y video, y a la UPS para el control del consumo de sus cargas (sistemas computacionales). La comunicación del servidor con estos sistemas electrónicos es a través de la red de área local y con la ayuda de un dispositivo llamado NETRS232_4 utilizado para controlar 4 puertos seriales vía red Ethernet. La sección siguiente describe de forma más detallada la utilización de este dispositivo que permite la adaptación de los sistemas con comunicación serial para su control vía red Ethernet.

La figura 4.1 presenta un diagrama de bloques detallado de la solución, es decir, del sistema de gestión de energía eléctrica. En las secciones siguientes se detallan los procesos de diseño e implementación de cada una de las partes que conforman este sistema, mostradas en dicha figura.

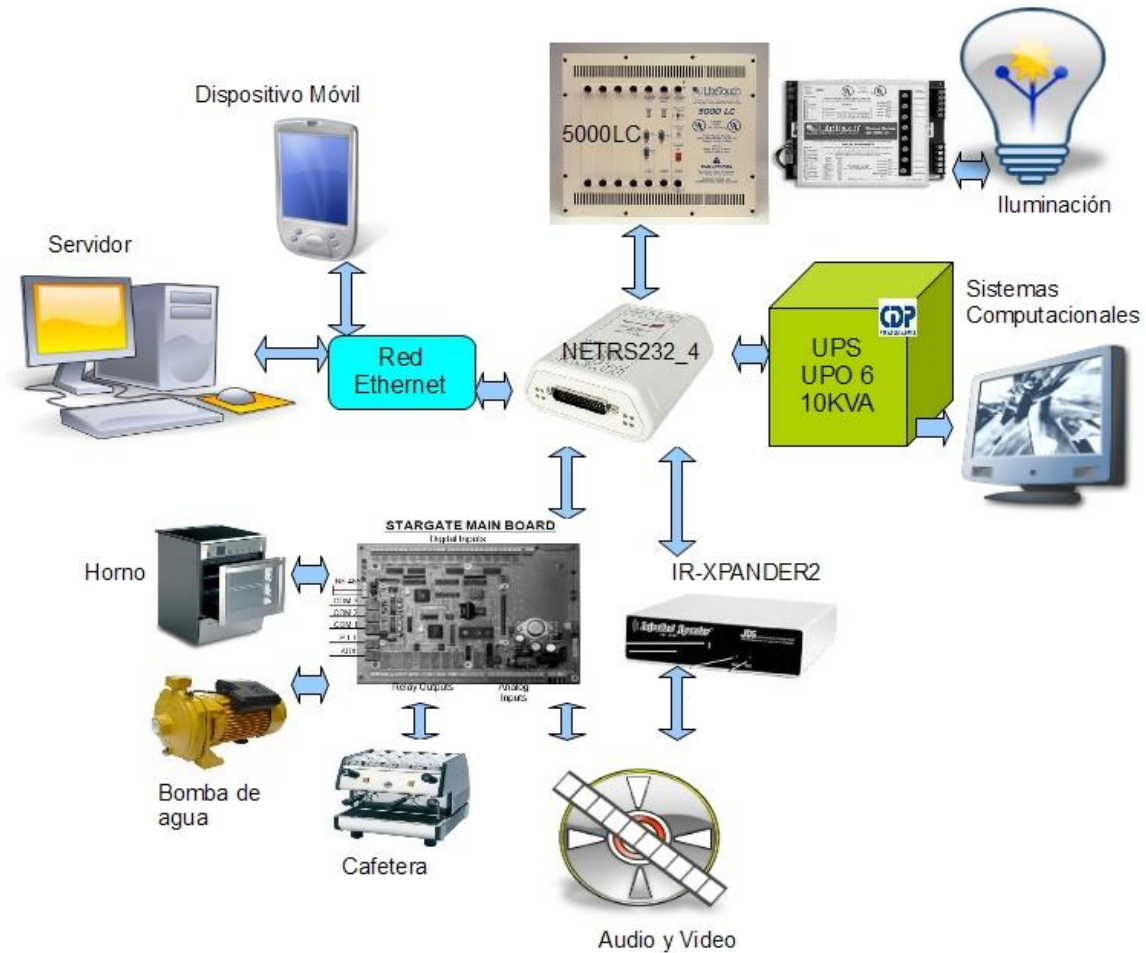


Figura 4.1 Diagrama de bloques detallado de la solución. [18]

4.2 Adaptación para la comunicación vía red Ethernet, de los sistemas para la monitorización y el control de cargas eléctricas

El sistema automático de gestión eléctrica diseñado para la empresa DART controla un conjunto de cuatro sistemas electrónicos (para la monitorización y el control de cargas), diseñados para su control a través de una comunicación serial (RS-232), vía red Ethernet. Lo anterior es posible mediante la utilización de un dispositivo identificado como NETRS232_4 de la marca StarTech®.

Este dispositivo servidor posee 4 puertos seriales y un puerto de interfaz red Ethernet (RJ-45). Por medio del NETRS232_4 una PC tiene acceso a estos puertos seriales vía red Ethernet. Este dispositivo se conecta a la red de área local y por medio de un software llamado StarTech IP-Extender Manager, las computadoras conectadas a la misma red son capaces de detectarlo y así, se pueden instalar 4 puertos seriales “virtuales” para el control de dispositivos con este tipo de comunicación.

De esta forma, la PC dispone de cuatro puertos seriales virtuales con las mismas funciones que como si los tuviera físicamente y directamente conectados a su tarjeta madre. Sin embargo, con este dispositivo convertidor, además se tiene la ventaja de poder controlar los dispositivos seriales de forma remota a través de la red TCP/IP. En [19] se presentan más detalles sobre la utilización del NETRS232_4.

En la figura 4.1 se puede observar que el servidor está conectado a la red Ethernet (red local de la empresa) al igual que el NETRS232_4, el cual posee directamente conectado en sus puertos seriales al 5000LC, el STARGATE, la UPS y el módulo IR-XPANDER2. De esta forma, el servidor dispone de los puertos seriales con los cuales controla directamente estos dispositivos de forma remota vía red Ethernet, a través de la conversión de protocolos RS-232 a TCP/IP y viceversa realizada por el NETRS232_4.

Los comandos que se envían desde el servidor hacia estos dispositivos controladores de cargas corresponden a los protocolos de comunicación serial, mencionados en el capítulo 3, específicos para el control de cada uno de estos sistemas. El STARGATE se controla a través del puerto serial número 1 del NETRS232_4, la UPS está conectada en el puerto número 2, el módulo IR-XPANDER2 en el puerto número 3 y el 5000LC en el puerto número 4 de este dispositivo convertidor de protocolos.

4.3 Diseño del servicio web XML con ASP.NET™ para el control serial

En el servidor mostrado en la figura 4.1 se encuentran instaladas las aplicaciones que conforman el sistema automático de gestión eléctrica, las cuales son una aplicación de escritorio de formularios Windows Forms, cinco aplicaciones web ASP.NET™ y un servicio web XML ASP.NET™. Este conjunto de aplicaciones corresponde a una aplicación distribuida como la mostrada en la figura 3.5.

Este servidor es una computadora de escritorio y su sistema operativo es Microsoft® Windows XP™. El servidor web IIS 5.1, incluido en el sistema operativo Windows XP™, fue utilizado para la publicación de los sitios web (aplicaciones web ASP.NET™) y el servicio web XML en la red de área local de la empresa. Este servidor web permite la publicación en redes locales o en internet de aplicaciones web diseñadas con ASP.NET™.

El servicio web XML se utiliza principalmente para realizar el control de los puertos seriales instalados en el servidor, en este caso, de los cuatro puertos del NETRS232_4. Por medio de la invocación de este servicio web las demás aplicaciones obtienen acceso a los puertos seriales para el envío y recepción de información (comandos de control) entre el servidor y los cuatro dispositivos utilizados para el control de las cargas eléctricas (el 5000LC, el STARGATE, la UPS y el módulo IR-XPANDER2).

Este servicio web está conformado por un conjunto de métodos web (métodos que pueden ser llamados mediante peticiones HTTP) que fueron diseñados para recibir un único parámetro (argumento), ejecutar una función específica y, en los casos donde se requiera, devolver una respuesta a la aplicación que los invoca. Por tanto, básicamente el servicio web se compone de dos tipos de métodos web, los llamados vacíos o que no retornan ningún valor y los métodos que si devuelven un valor, el cual puede ser de tipo int (un número entero de 32 bits) o un string (una cadena de caracteres) según el método en cuestión.

La mayoría de los métodos de este servicio web, ya sean vacíos o con retorno de algún valor, están encargados de controlar el flujo de datos a través de un puerto serial específico, sin embargo, se dispone de otros métodos para ejecutar otras funciones como cálculos simples o conversiones de tipos de datos.

Los métodos web encargados del control de los puertos seriales reciben como argumento un comando de control y, haciendo uso de la librería System.IO.Ports incluida en .NET Framework, lo envían a través del puerto serial. En caso de que el comando ejecute una función en el dispositivo serial que incluya una respuesta del mismo, por ejemplo, una solicitud de estado para la monitorización de alguna variable, el método web también se encarga de recibir estos datos (de tipo string) y devolverlos como respuesta a la aplicación que lo invocó. En este caso, el método utilizado sería del tipo que devuelve un valor como una cadena de caracteres.

A manera de ejemplo, un comando utilizado para ejecutar el apagado de la UPS puede ser la cadena de caracteres *S01*, con el cual se ordena a la UPS que apague su salida en 1 minuto. Este tipo de comando no produce ninguna respuesta por parte del dispositivo serial, en este caso la UPS, por tanto, el método web utilizado para enviar esta instrucción es del tipo vacío.

El servicio web XML cuenta con los métodos web específicos para el control de cada uno de los cuatro puertos seriales del NETRS232_4. El puerto 1 de este dispositivo fue instalado como el puerto COM 4 en el servidor, el puerto 2 como el COM 5, el puerto 3 como el COM 6, y el puerto 4 como el COM 7. Por tanto, los métodos web que controlan el puerto COM 4 se comunican con el STARGATE, los del COM 5 controlan la UPS, los del COM 6 al módulo IR-XPANDER2 y los del COM 7 se utilizan para controlar el 5000LC.

Cuando una aplicación requiere enviar un comando por el puerto serial invoca a alguno de los métodos disponibles en el servicio web XML, cuál de todos los métodos dependerá de la función que ejecuta el comando en el dispositivo serial y del número de puerto en el cual se encuentra conectado este dispositivo.

Utilizando el ejemplo anterior, con el comando *S01* del protocolo Megatec Protocol, el método invocado por la aplicación sería un método vacío y encargado de controlar el flujo de datos a través del puerto COM 5 del servidor. Por otro lado, si se trata del comando *Q1*, del mismo protocolo, el cual es utilizado para solicitar el estado de las variables de la UPS, entonces el método web llamado desde la aplicación será del tipo que retorna un string con la respuesta de la UPS, por medio de la comunicación a través del mismo puerto serial que en el caso anterior.

La herramienta de desarrollo utilizada para crear este servicio web es Visual Studio Profesional 2008, y el lenguaje de programación utilizado para escribir su código es el lenguaje C#. Visual Studio permite la generación automática de una página web para ejecutar pruebas de funcionamiento para cada uno de los métodos que conforman el servicio web XML. Mediante esta página es posible ejecutar la función de cada método y, en caso de ser métodos que retornen un valor, visualizar la respuesta o resultado de dicha función en una página web. La utilización de esta página de pruebas está restringida a la máquina local, es decir, requiere ser ejecutada localmente en el servidor en el cual se encuentra instalado el servicio web.

Los métodos web para el control de puertos seriales de este servicio poseen un diagrama de flujo muy similar entre sí, ya que se encargan de las mismas funciones excepto por la variación del puerto específico que controlan, y de si son métodos vacíos o no. Por tanto, se pueden establecer dos tipos de diagramas de flujo genéricos para representar el ciclo de ejecución de estos métodos web, un tipo para los métodos vacíos y otro para los que retornan un valor. La figura 4.2 muestra el diagrama de flujo para los métodos que retornan un valor de tipo string, mientras que en la figura 4.3 se presenta el diagrama de los métodos vacíos.

En el diagrama de la figura 4.2 se puede observar como el método web trata de enviar los datos a través del puerto serial. En caso de no poder enviar el comando a través del puerto, ya sea porque éste se encuentre ocupado por otro proceso o porque no se encuentre correctamente instalado, entonces el método web devolverá un string indicando que hubo un error al tratar de comunicarse con el dispositivo serial.

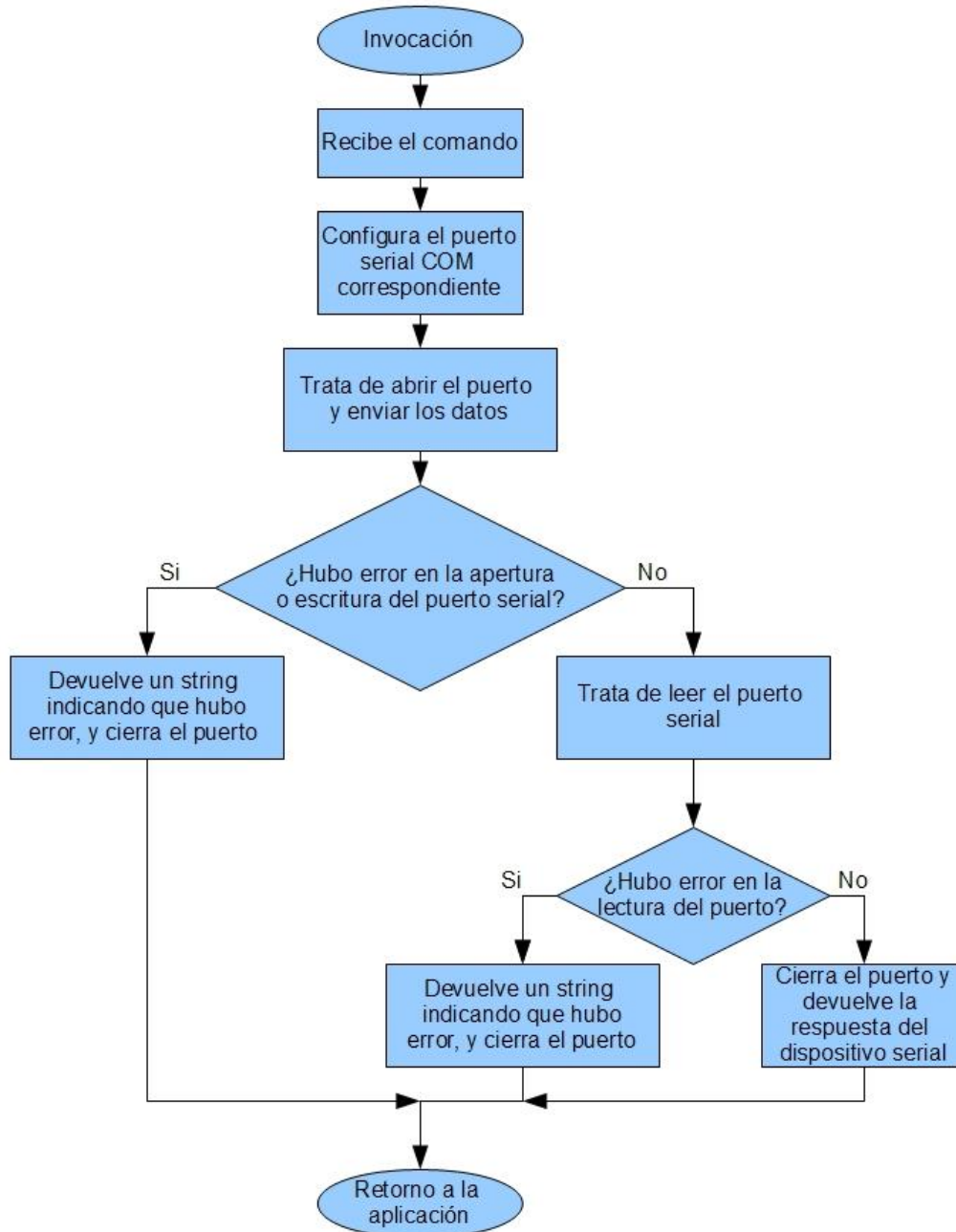


Figura 4.2 Diagrama de flujo de métodos web con retorno.

En caso de que el método web consiga satisfactoriamente enviar el comando a través del puerto serial, entonces éste procede a leer el puerto en espera de la respuesta proveniente del dispositivo. Sin embargo, cabe la posibilidad de que esta respuesta nunca llegue debido a algún error en la comunicación o porque el dispositivo no se encuentre activo. En tal caso, el método web devolverá el mismo error indicando que la comunicación no fue exitosa.

Si la comunicación con el dispositivo serial se ejecutó de forma satisfactoria entonces el método web retorna a la aplicación devolviendo un string con la respuesta proveniente de este dispositivo. La configuración del puerto serial se realiza por medio de una clase llamada `System.IO.Ports.SerialPort` la cual permite establecer los parámetros de un puerto COM específico, y además posee los métodos necesarios para abrir, escribir, leer y cerrar el mismo.



Figura 4.3 Diagrama de flujo de métodos web vacíos.

Como se puede observar en el diagrama de la figura 4.3 estos métodos web vacíos, a diferencia de los que sí retornan un valor, simplemente se encargan de recibir el comando proveniente de la aplicación que los invocó y tratar de enviarlo a través del puerto serial hacia el dispositivo correspondiente, de tal forma que ignoran si la comunicación con este dispositivo fue exitosa o no.

La utilización de estos métodos web vacíos por parte de la aplicación de escritorio y de las aplicaciones web se limitó a casos específicos en los cuales el usuario tuviera alguna alternativa para enterarse de que la ejecución del comando, en el dispositivo serial, fue satisfactoria o no. Esto debido a que no es posible comprobar el éxito de la comunicación directamente por medio de una respuesta del dispositivo serial, ya que éste está diseñado para no contestar ante la recepción de ciertos comandos de control específicos.

Lo anterior se explica mejor a través de un ejemplo. Volviendo al caso del comando *S01* (SHUT DOWN COMMAND), al ser enviado a la UPS no existe ninguna respuesta por parte de ésta, simplemente si el comando fue recibido con éxito entonces la UPS procede a apagar su salida en un minuto. De esta forma, el usuario no puede comprobar de forma directa que la comunicación con la UPS fue satisfactoria, sin embargo, mediante la utilización de otros comandos para la monitorización de la misma, como el comando *Q1*, el usuario puede verificar que efectivamente la UPS apagó su salida, es decir, que el comando *S01* fue recibido y ejecutado correctamente. Por esta razón, en casos similares a éste se utilizaron métodos web de tipo vacío para el control de los dispositivos seriales.

El funcionamiento de cada uno de los métodos web que forman parte del servicio web XML para el control serial, fue verificado mediante la utilización de la página web de pruebas la cual fue generada de forma automática por Visual Studio. Mediante esta página fue posible llamar a los métodos pasándoles un comando como argumento y, en caso de que fueran métodos con retorno, se pudo observar la respuesta del dispositivo serial correspondiente. Para verificar el funcionamiento de los métodos web vacíos se procedió a invocarlos, de igual forma por medio de la página de pruebas, y luego se comprobó mediante la utilización de otros comandos (con retorno) que el dispositivo serial recibiera de forma exitosa el comando original y ejecutara la función correspondiente.

En la figura 4.4 se muestra la página web de prueba utilizada para verificar el funcionamiento del método web EnviarComandoUPS (método que retorna un string), el cual se utiliza para el control del puerto COM 5. La figura 4.5 presenta la página web obtenida como resultado al ejecutar este método con el comando Q1 como su argumento. En el apéndice A.1 se muestra el código fuente de este método web.

The screenshot shows a web page titled 'ControlSerial' with a dark blue header. Below the header, there is a link: 'Click [here](#) for a complete list of operations.' The main content area is titled 'EnviarComandoUPS' and contains a 'Test' section. The test instructions state: 'To test the operation using the HTTP POST protocol, click the 'Invoke' button.' Below this is a form with a table structure for parameters. The table has two columns: 'Parameter' and 'Value'. The first row shows 'comando:' in the 'Parameter' column and 'Q1' in the 'Value' column. To the right of the table is an 'Invoke' button.

Parameter	Value
comando:	Q1

Invoke

Figura 4.4 Página web de prueba para el método EnviarComandoUPS.

```
(122.0 120.0 120.0 023 60.0 2.28 35.0 00000000
```

Figura 4.5 Página web con el resultado del método EnviarComandoUPS.

El comando *Q1* se envía a la UPS con el fin de solicitar el estado de la misma, la información devuelta por la UPS contiene el valor de la tensión de entrada, la tensión de fallo, la tensión de salida, la corriente de salida, la frecuencia de entrada, la tensión de la batería (por celda), la temperatura y por último, 8 bits con información sobre el funcionamiento de este dispositivo serial. Más detalles sobre este comando están disponibles en [16].

Las pruebas realizadas para verificar el funcionamiento de los demás métodos web se ejecutaron de forma similar a la anterior, por ende, se obtuvieron resultados en ese mismo formato, a través de una página web. A continuación, en la tabla 4.1, se presenta un resumen de los resultados obtenidos al ejecutar algunos de los métodos web con retorno, encargados del control de los puertos COM 4, COM 6 y COM 7. Lo anterior para comprobar la comunicación exitosa entre el servidor y los dispositivos seriales (el STARGATE, el módulo IR-XPANDER2, y el 5000LC).

Tabla 4.1: Resultados obtenidos de las pruebas de métodos web (con retorno), utilizados para el control de los puertos COM 4, COM 6 y COM 7.

Método web	Comando	Resultado
EnviarComandoST	<i>##%338019</i>	01
EnviarComandoST	<i>##%3300190101</i>	##0
EnviarComandoIR	<i>6C82D0006D</i>	6CD0E
EnviarComandoLT	<i>R,CGLES,0C</i>	R,DACK,R,CGLES,01
EnviarComandoLT	<i>R,CGLED,0C1</i>	R,DACK,R,CGLED,0

El resultado obtenido al ejecutar el método *EnviarComandoST* corresponde a la respuesta del STARGATE al recibir el comando *##%338019*, el cual se utiliza para solicitar el estado de los 8 relays de salida, este resultado indica que el relay número 1 se encuentra en estado activado. Lo anterior demuestra que la comunicación con este dispositivo serial fue exitosa, es decir, el método web cumplió su función como se esperaba. Los resultados de las pruebas de los métodos *EnviarComandoIR* (control del IR-XPANDER2) y *EnviarComandoLT* (control del 5000LC) también fueron satisfactorios.

Cabe mencionar que los resultados obtenidos al probar el funcionamiento de todos los métodos contenidos en el servicio web XML fueron satisfactorios, es decir, ejecutaron sus funciones de forma correcta. Por tanto, mediante la utilización de este servicio web, las aplicaciones web y la aplicación de escritorio se comunican de forma exitosa con el STARGATE, la UPS, el módulo IR-XPANDER2 y el 5000LC, para su control remoto por medio del envío de los comandos de control correspondientes a cada uno de estos sistemas.

4.4 Diseño de la aplicación de escritorio de formularios Windows Forms

La aplicación de escritorio de formularios Windows Forms es el componente principal, o control central, del sistema automático de gestión eléctrica ya que ejecuta todas las funciones, de monitorización y control del consumo eléctrico, implementadas por este sistema. Por medio de la interfaz gráfica de esta aplicación el usuario monitoriza y controla el consumo de la iluminación, sistemas computacionales, equipos de audio y video, y algunos electrodomésticos.

Esta aplicación fue diseñada utilizando la herramienta de software Visual Studio 2008 Profesional y al igual que en el caso del servicio web XML, su código fuente fue escrito en lenguaje C#. Esta herramienta de software permite el desarrollo de aplicaciones de escritorio de una forma sencilla ya que provee un conjunto de varios controles como botones, listas de selección, imágenes, barras de estado, entre otros, los cuales se utilizan para crear la interfaz gráfica de la aplicación, y pueden ser agregados a ésta con tan solo seleccionarlos y arrastrarlos hacia el formulario. La función que ejecutan estos controles cuando son activados está determinada por la programación realizada por el desarrollador.

“Sistema de Gestión de Energía Eléctrica – DART” es el título del formulario base de esta aplicación de escritorio, el cual está compuesto por un control llamado TabControl utilizado para agregar un conjunto de páginas o fichas las cuales se pueden rellenar con controles como botones, listas de selección, etiquetas, imágenes, entre otros.

De esta forma, la aplicación está dividida en seis apartados o secciones (fichas), de las cuales cuatro están diseñadas para el control de un tipo de cargas específico, es decir, una sección se encarga del control de la iluminación, otra es para los sistemas computacionales, la tercera se encarga de los equipos de audio y video, y por último, la sección de los electrodomésticos.

Las dos secciones restantes se encargan de la monitorización general, es decir, la monitorización del consumo de todos los tipos de cargas incluidos en esta aplicación, excepto la iluminación, y del control automático de las cargas mediante la programación de horarios. En la figura 4.6 se presenta la sección para el control de la iluminación, la cual corresponde a la ficha número 1 del TabControl.

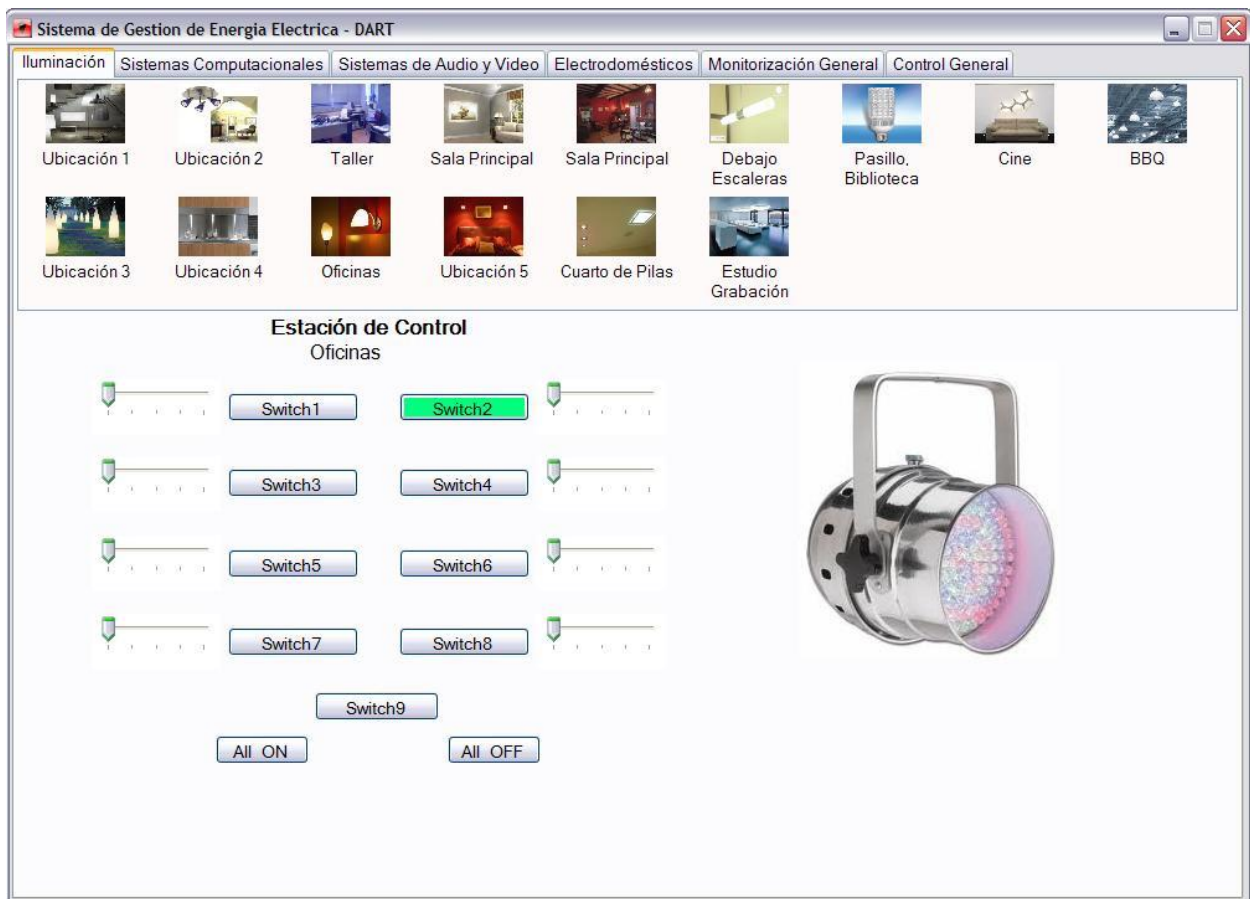


Figura 4.6 Sección de la aplicación de escritorio para el control de la iluminación.

4.4.1 Control de la iluminación

Mediante la utilización de los controles presentes en la ficha llamada Iluminación, mostrada en la figura 4.6, el usuario tiene la capacidad de controlar el apagado, encendido y los niveles de atenuación de las luces, así como la posibilidad de monitorizar el estado de los LED de los botones de cada una de las 15 estaciones de control del 5000LC, utilizadas para el control de la iluminación en DART. La funcionalidad de los nueve botones llamados “Switch 1” hasta “Switch 9”, mostrados en la figura 4.6, junto con las barras de desplazamiento que poseen a su lado, es exactamente la misma que la de las estaciones de control físicas colocadas en las paredes del edificio de DART.

En la parte superior de la ficha Iluminación se observa una lista de selección con imágenes en miniatura (con fines ilustrativos) que representan cada una de las 15 estaciones de control colocadas en las distintas ubicaciones del edificio de DART. Cuando el usuario selecciona alguna de estas ubicaciones, haciendo click en la imagen, la botonera automáticamente se configura para ejecutar las funciones correspondientes a la estación física instalada en dicha ubicación.

Cada una de estas estaciones de control posee nueve botones de los cuales los ocho que se encuentran agrupados en dos columnas de cuatro botones cada una, se encargan del control de cada una de las cargas de los módulos de control de tipo Dimmer del 5000LC (una carga por cada botón). El botón número 9 de estas estaciones está configurado para controlar un grupo de cargas las cuales ya están siendo controladas por algunos de los otros ocho botones, es decir, al presionar el botón número 9 se activan o desactivan alguno o algunos de los otros ocho botones que conforman la estación de control.

Cuando se presiona un botón de alguna de las estaciones de control del 5000LC, colocadas en las paredes, se enciende (en caso de estar apagadas) la luz o las luces correspondientes a la carga del módulo Dimmer que está siendo controlada por dicho botón, además, el LED que posee este botón también se activa (se enciende).

Esta situación es representada, en la aplicación, cuando el color de fondo del botón correspondiente a la estación de control se torna verde claro. Por otro lado, si el botón que es presionado corresponde a alguna de las estaciones virtuales, es decir, la botonera desplegada en la aplicación de escritorio, entonces el color de fondo de dicho botón se torna verde claro, la luz o las luces se encienden, y en consecuencia, el LED correspondiente al botón análogo (en la estación física) se enciende.

En la figura 4.6 se puede observar que el botón llamado “Switch 2” posee un color de fondo verde claro, lo cual implica que fue presionado (activado) desde la aplicación de escritorio, o bien fue activado desde la estación de control física por parte del usuario. De esta forma, el usuario es capaz de monitorizar el estado de las luces indirectamente a través del estado de los LED de cada una de las estaciones de control colocadas en las paredes de DART.

Las barras de desplazamiento colocadas al lado de los ocho botones de las estaciones de control de la aplicación, se utilizan para ajustar el nivel de atenuación de las luces, de tal forma que el usuario desplazando hacia la derecha la barra aumenta el brillo de las luces correspondientes al botón que está al lado de dicha barra, y desplazándose hacia la izquierda, atenúa la intensidad de dichas luces. Cuando la barra se encuentra totalmente a la izquierda entonces la luz se encuentra apagada, es decir, con 0% de brillo, y cuando la barra se encuentra totalmente a la derecha la luz posee su máxima intensidad.

Todas las funciones ejecutadas por las estaciones de control de la aplicación de escritorio se basan en el envío de comandos de control hacia el 5000LC, lo cual se realiza a través del puerto serial y por medio del servicio web XML. A manera de ejemplo, a continuación se presenta en la figura 4.7, el diagrama de flujo que resume el algoritmo que se ejecuta cuando un usuario presiona (hace click) alguno de los botones de una estación de control, correspondiente a cualquiera de las 15 ubicaciones.

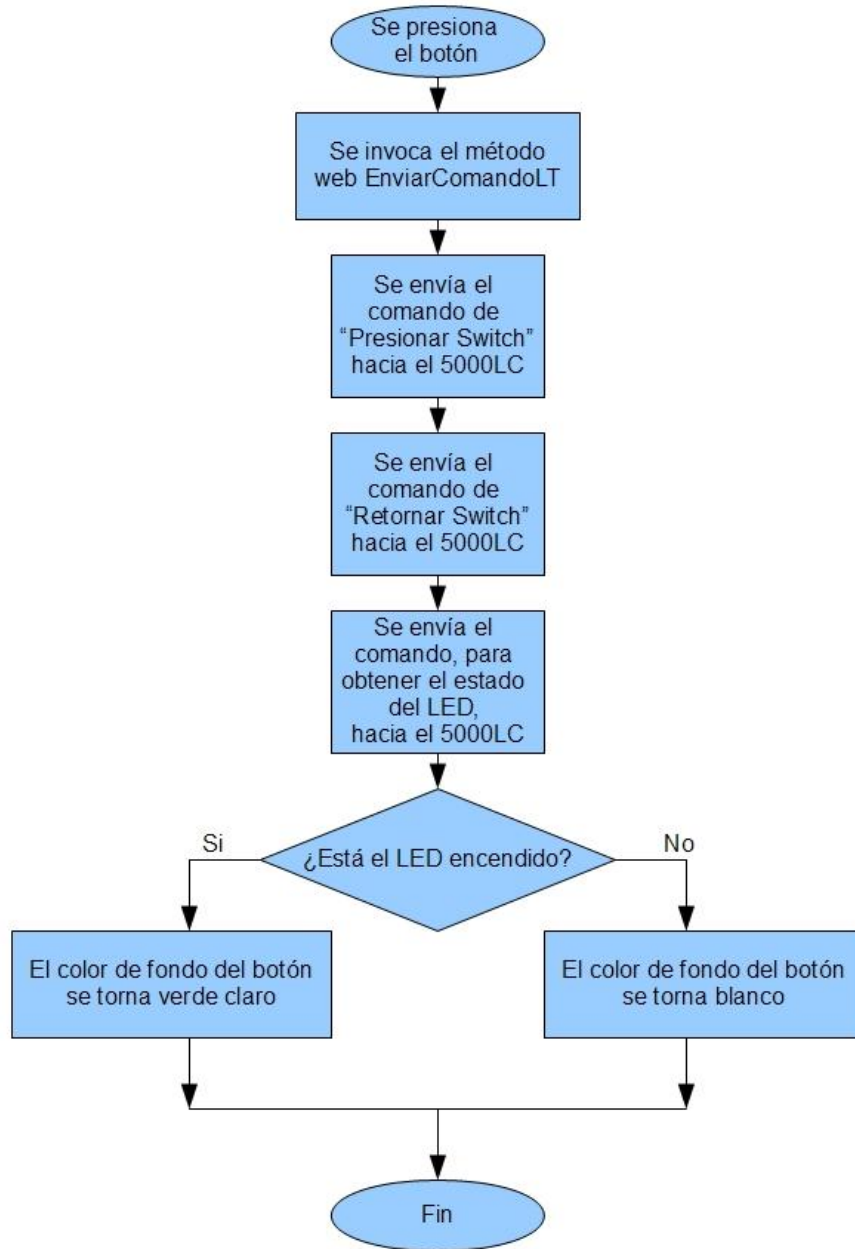


Figura 4.7 Diagrama de flujo del proceso ejecutado al presionar un botón de la estación virtual.

En el diagrama de la figura 4.7 se muestra como en el proceso de encendido y apagado de las luces está incluida la monitorización de las mismas. De esta forma, el usuario es capaz de informarse del estado actual de las botoneras de las estaciones de control del 5000LC, y así determinar cuáles luces se encuentran encendidas y cuáles no, con el fin de administrar el consumo de las mismas.

Otra de las funciones brindadas al usuario a través de esta aplicación, relacionada con la monitorización, es la implementación de un temporizador el cual se encarga de enviar automáticamente, en intervalos de 1 minuto, los comandos hacia el 5000LC para solicitar el estado de las botoneras (estado de los LEDs), y así mantener al usuario actualizado de las actividades que se presenten respecto al encendido y apagado de las luces, ejecutadas desde la aplicación, o bien desde las botoneras de las estaciones de control colocadas en las paredes. Además, cada vez que el usuario cambia de ubicación, es decir, selecciona otra estación de control, la aplicación envía el comando correspondiente para solicitar el estado de los LED de la botonera seleccionada.

Los dos botones colocados en la parte inferior de la sección Iluminación (figura 4.6) llamados “All ON” y “All OFF” se utilizan para ejecutar el encendido (activación) y apagado de los ocho botones, desde “Switch 1” hasta “Switch 8”, de la estación de control, respectivamente. Cuando el usuario presiona alguno de estos botones la aplicación envía la secuencia de los comandos necesarios hacia el 5000LC para activar o desactivar los ocho botones, es decir, cambiar con un solo click el estado de todas las luces controladas por una estación de control.

Con el fin de verificar el correcto funcionamiento de esta sección de la aplicación de escritorio, se procedió a ejecutar pruebas en las cuales se activaban todos y cada uno de los controles (incluyendo la lista de selección de ubicaciones) utilizados para el control de la iluminación, y se verificaba que la acción sobre las luces que se programó para cada control, fuera ejecutada por el 5000LC de forma exitosa.

Además, para comprobar el funcionamiento del temporizador encargado de la monitorización automática se realizaron pruebas en las cuales, por ejemplo, se ejecutó la aplicación y posteriormente, se presionó un botón de una de las estaciones colocadas en las paredes y, sin realizar ninguna actividad en la aplicación, se esperó un lapso de un minuto para comprobar que el cambió en el estado de los LED de los botones físicos se manifestará mediante el cambio de color de los botones virtuales análogos.

Los resultados obtenidos de todas las pruebas de funcionamiento de la sección para el control de la iluminación fueron satisfactorios, es decir, la función de cada uno de los controles de la interfaz gráfica fue ejecutada como se esperaba. Por tanto, mediante esta parte de la aplicación de escritorio se facilitaron al usuario los procesos de control manual y monitorización del consumo eléctrico de la iluminación.

4.4.2 Control de la UPS de 10KVA

La sección Sistemas Computacionales correspondiente a la ficha número 2 del TabControl del formulario de la aplicación de escritorio, permite al usuario la monitorización del estado de la UPS de 10KVA, además de ejecutar acciones como el apagado de la misma. En consecuencia, ante la posibilidad de desactivar la salida de la UPS, el usuario tiene la capacidad de cortar la alimentación de los sistemas computacionales que se encuentren conectados a esta fuente de poder, es decir, controlar el consumo de este tipo de cargas. En la figura 4.8 se muestra este apartado del Sistema de Gestión de Energía Eléctrica – DART.

En la figura 4.8 se puede observar el despliegue de las principales variables sobre el estado del funcionamiento de la UPS, dentro de la información presentada el usuario dispone del valor de la tensión de entrada, la tensión de salida, la frecuencia de entrada, la tensión de la batería, el modo de trabajo, el estado de la UPS, de la batería, del Bypass y de la utilidad (servicio eléctrico), y los valores nominales de la UPS de tensión AC, corriente y tensión de la batería. El porcentaje de consumo de potencia de las cargas conectadas a la UPS es otro de los valores mostrados en esta sección.

Este porcentaje de consumo se refiere a la cantidad de corriente consumida por las cargas de la UPS en relación con el valor máximo de corriente de salida que soporta esta fuente de poder. Por ejemplo, la corriente de salida correspondiente a un 25% de consumo (carga de la UPS) es de aproximadamente 22.75A, lo que equivale a un consumo de potencia de aproximadamente 2.7KVA. De esta forma, el usuario tiene la posibilidad de monitorizar el consumo de los sistemas computacionales.

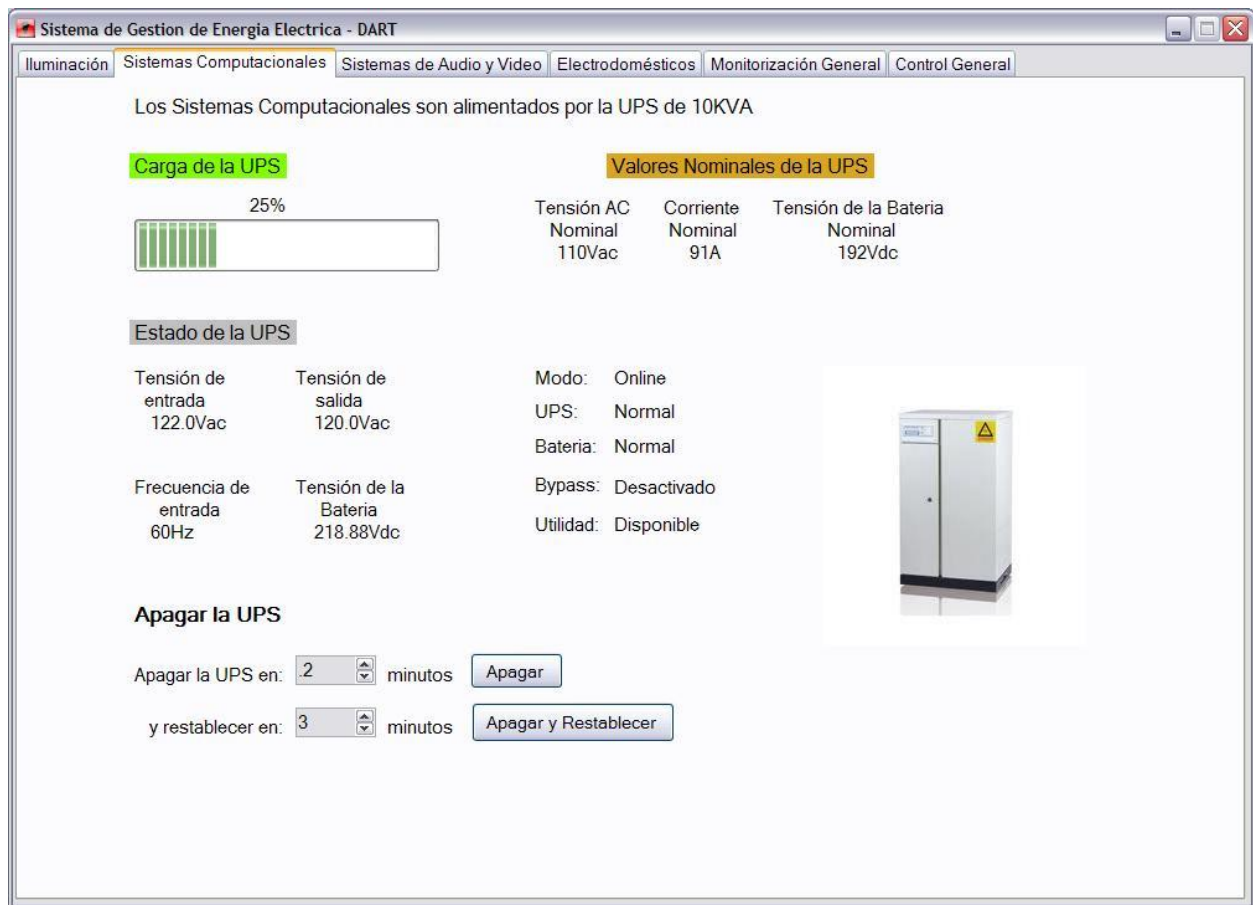


Figura 4.8 Sección de la aplicación de escritorio para el control de la UPS de 10KVA.

En la parte inferior de esta sección para el control de la UPS se muestra un apartado titulado “Apagar la UPS”, en el cual se presentan dos listas de selección de cantidad de minutos y dos botones llamados “Apagar” y “Apagar y Restablecer”. Con estos controles el usuario tiene la capacidad de ordenar a la UPS que apague su salida en X minutos, donde X puede ser un valor desde 0.2 hasta 10 minutos y se establece por medio de la lista de selección superior, así cuando el usuario presiona el botón Apagar la UPS espera un lapso de tiempo de X minutos y procede a apagar su salida.

Mediante la lista de selección inferior el usuario puede establecer un tiempo de Y minutos para el restablecimiento de la salida de la UPS (encendido), de tal forma que, cuando se presiona el botón Apagar y Restablecer, la UPS espera un tiempo de X minutos (lista de selección superior) y procede a apagar su salida, posteriormente, después de que el tiempo Y (tiempo para el restablecimiento) se haya terminado, la UPS vuelve a encender su salida.

De igual forma que en la sección anterior, en esta sección se dispone del temporizador que se encarga de enviar los comandos de solicitud de estado hacia la UPS (comandos *Q1* y *F* del Megatec Protocol) para mantener actualizada (actualizar cada minuto), de forma automática, la información desplegada sobre el funcionamiento de la misma.

Las pruebas realizadas para verificar el funcionamiento del temporizador se basaron en la comparación de los valores desplegados por la aplicación de escritorio en esta sección, con los valores desplegados por el software Upsilon 2000, el cual es una herramienta comercial que es utilizada para la monitorización de varias fuentes de poder ininterrumpidas de diferentes fabricantes, entre ellos CDP®.

Este software se instala en la PC y es capaz de monitorizar el estado de la UPS, mostrando las mismas variables que la sección Sistemas Computacionales de la aplicación de escritorio. Al realizar la comparación, durante lapsos de tiempo de aproximadamente 30 minutos, de los valores de estas variables se obtuvo el resultado de que eran exactamente los mismos y así, se concluyó que el funcionamiento de la aplicación de escritorio era el esperado respecto a la monitorización de la UPS de 10KVA.

El funcionamiento de los controles para realizar el apagado de la UPS (listas de selección y los dos botones) se verificó mediante la activación de los mismos y la comprobación de que la UPS apagara su salida y la restableciera según fuera el caso. Por ejemplo, en una de las pruebas que se realizó, se estableció un tiempo de 1 minuto para el apagado de la UPS y se procedió a presionar (hacer click) el botón Apagar, se esperó que transcurriera ese periodo de tiempo y se midió la salida de la UPS.

En todas las pruebas se comprobó que la salida de la UPS caía a cero voltios después de transcurrido el tiempo establecido por las lista de selección superior al activar el botón Apagar, y que esta salida se restablecía (retornaba a 120Vac) transcurrido el tiempo establecido en la lista de selección inferior, en caso de presionar el botón Apagar y Restablecer. Por estas razones, se verificó que las funciones de estos botones para el control manual de la UPS se ejecutaron de forma satisfactoria.

4.4.3 Control de los equipos de audio y video

En la ficha número 3 del TabControl de la aplicación de escritorio se encuentra la sección encargada del control manual y monitorización del consumo de los equipos de audio y video de la empresa. Mediante la utilización de los controles de este apartado se facilita al usuario la monitorización del consumo de potencia del conjunto de sistemas de audio y video que son utilizados normalmente por la empresa, ya sea con fines de entretenimiento o para actividades laborales, además a través del envío de comandos infrarrojos el usuario puede apagar y encender algunos de estos equipos. En la figura 4.9 se presenta esta sección llamada “Sistemas de Audio y Video”.



Figura 4.9 Sección de la aplicación de escritorio para el control de los equipos de audio y video.

En la parte superior de esta sección, mostrada en la figura 4.9, se puede observar un cuadro dentro del cual hay tres barras de colores verde y amarillo, además, en este cuadro existen dos barras más (hacia la derecha) las cuales no se observan debido a que el nivel del consumo es Medio. La forma de representar el nivel del consumo de potencia de los equipos de audio y video es de forma gráfica, es decir, existen 5 niveles de consumo los cuales son Muy Bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy Alto, y cada uno de ellos tiene asociado una cantidad de barras que se muestran dependiendo del nivel actual en que se encuentre este consumo eléctrico.

En el caso de la figura 4.9, el nivel en que se encontraba el consumo es Medio, por tanto, se muestran las tres barras correspondientes al mismo. Cabe mencionar que la decisión de representar los niveles de consumo de potencia de esta forma gráfica y sin brindar medidas numéricas de potencia, se debió al objetivo principal de esta aplicación, es decir, a brindar al usuario información básica y fácil de interpretar respecto a la cantidad de cargas eléctricas que se encuentran en uso en un momento dado. De esta forma, por ejemplo, cuando el usuario observa que el nivel del consumo es Alto o Muy Alto, entonces procede a verificar cuales equipos se encuentran en funcionamiento y en qué condiciones están trabajando, con el fin de determinar si hay sistemas activos cuyo uso no sea tan necesario en ese momento y proceder a apagarlos.

Es importante mencionar que el nivel del consumo eléctrico fue medido mediante la utilización de un sensor de corriente AC colocado en una de las fases a la entrada de un transformador de 240V/240V, utilizado para aislar galvánicamente el circuito de alimentación de los equipos de audio y video. Este sensor de corriente está compuesto por un pequeño transformador y su salida es una tensión proporcional a la corriente que fluye a través del cable medido, de tal forma que posee un rango de medición de 0 a 50A aproximadamente. El circuito de alimentación de los sistemas de audio y video de la empresa está diseñado con capacidad de soportar un flujo de corriente máximo de 15A, por tanto, el circuito acondicionador de señal del sensor se ajustó para tomar la salida del sensor y limitarla a un rango de 0 a 5V, donde 5V equivale a una corriente de 15A.

La salida del circuito utilizado para acondicionar la señal del sensor de corriente, con un rango de 0 a 5V, fue directamente conectada a una de las 8 entradas del convertidor analógico/digital (ADC) del STARGATE, en este caso el canal o entrada analógica número 1, y el valor binario equivalente se transmitía hacia el servidor para ser desplegado en forma gráfica por la aplicación de escritorio en esta sección. Estos valores muestreados y convertidos por el ADC del STARGATE son enviados, en un formato de dos dígitos hexadecimales, a través del puerto serial como respuesta al comando, del protocolo TimeCommander, para realizar la solicitud de los mismos (ver [5]).

El temporizador de la aplicación de escritorio, en esta sección, se encarga de enviar el comando, hacia el STARGATE, de solicitud del valor del ADC en el canal donde se encuentra conectada la salida (acondicionada) del sensor de corriente (entrada analógica número 1). Este temporizador envía este comando automáticamente, en intervalos de 1 minuto, con el fin de actualizar la información desplegada sobre el consumo de potencia de los sistemas de audio y video.

Las pruebas realizadas para verificar el funcionamiento de esta parte de monitorización consistieron en realizar cambios sobre el nivel de consumo de potencia de los equipos de audio y video, encendiendo o apagando los mismos, de tal forma que se pudieran visualizar estos cambios en la aplicación de escritorio al subir o bajar el nivel del consumo, el cual se debía actualizar cada minuto.

Por ejemplo, en una prueba realizada se encendieron todos los equipos de audio y video lo cual generó un aumento del nivel de consumo hasta llegar a Muy Alto con todas las barras presentes en la aplicación, posteriormente, se apagaron todos estos sistemas con lo cual el nivel descendió hasta Muy Bajo, con únicamente la barra más pequeña de color verde. Los resultados obtenidos de todas las pruebas realizadas demostraron el correcto funcionamiento del proceso de monitorización del consumo eléctrico, desde la medición del sensor hasta el temporizador funcionando como se esperaba.

En la parte inferior de esta ficha número 3, bajo el título “Control de los Sistemas de Audio y Video”, se muestra un apartado que posee una lista de selección con imágenes en miniatura (con fines ilustrativos) y a la derecha de esta lista dos botones, el botón superior utilizado para el apagado y encendido de equipos y el botón inferior para la conexión y desconexión de los mismos.

La función de este botón inferior, conectar y desconectar el conjunto de todos los equipos de audio y video, está basada en la utilización de un relay de potencia, de 120Vac/15A y 12Vdc para la señal de control, con el cual se puede cortar la alimentación de estos equipos. La señal de control de este relay se diseñó para ser controlada a través de uno de los 8 relays de salida del STARGATE (en este caso el relay número 1), tal y como se muestra en la figura 4.10.

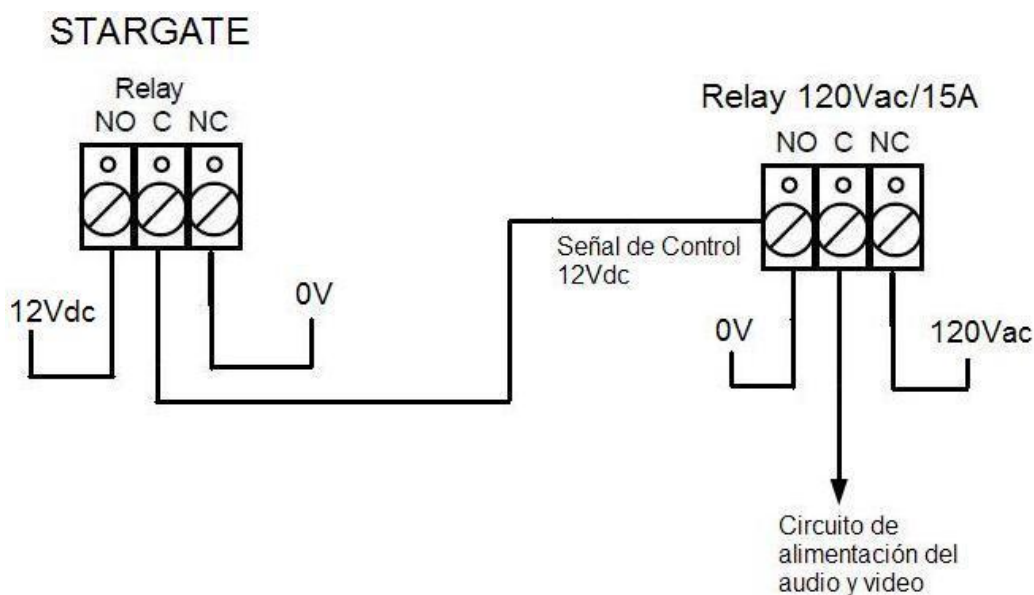


Figura 4.10 Circuito de control del relay para la conexión y desconexión de equipos.

En la figura 4.9 se observa que el texto del botón inferior dice “Desconectar” y su color de fondo es verde claro, lo cual indica que el relay de salida del STARGATE se encuentra apagado, y por tanto, el relay de potencia mantiene conectados los equipos de audio y video. En este caso, si el usuario hace click en este botón la aplicación procede a enviar un comando hacia el STARGATE para encender el relay número 1.

En consecuencia, el relay de potencia se activa cortando la alimentación del conjunto de sistemas de audio y video. Además, el botón cambia su texto por la palabra “Conectar” y su fondo se torna color blanco, indicando que los equipos de audio y video ahora se encuentran desconectados. De esta manera, la aplicación de escritorio brinda al usuario la información del estado, conectado o desconectado, de los equipos de audio y video a través de la apariencia del mismo botón que se utiliza para su control.

El botón con la etiqueta “ON” y color de fondo blanco mostrado en la figura 4.9 (botón ON/OFF) indica que el sistema de audio y video llamado “Sistema 1”, el cual fue seleccionado por el usuario haciendo click en la imagen en miniatura con el mismo nombre, se encuentra apagado. La forma en que la aplicación de escritorio determina el estado, encendido o apagado, es mediante la utilización de un sensor de luz colocado en la parte frontal del sistema y su salida conectada al módulo IR-XPANDER2 en el puerto Power Sensor Inputs, ya que la mayoría de equipos de audio y video poseen un LED que se enciende o apaga indicando el estado activo o inactivo del sistema.

Para algunos equipos el LED apagado indica que el sistema esta encendido, tal es el caso del Sistema 1, que corresponde a un conjunto de dos equipos audiovisuales conformado por un procesador de audio y video, el MC-12, y un controlador central de audio y video de 8 canales, el RV-8, ambos de la marca LEXICON®. Estos dos sistemas poseen el mismo comando infrarrojo de apagado y encendido, y un LED ubicado en el botón de encendido para indicar su estado.

En el caso de la figura 4.9, si el usuario hace click en el botón con la etiqueta “ON” entonces la aplicación de escritorio envía un comando hacia el módulo IR-XPANDER2, a través del puerto serial, para que este dispositivo reproduzca el comando infrarrojo correspondiente, a través del puerto emisor número 1, que activa el Sistema 1, es decir, el MC-12 y el RV-8, ambos simultáneamente. Posteriormente, la etiqueta del botón cambia de “ON” a “OFF”, y su color de fondo se torna verde claro, indicando que el sistema ahora se encuentra encendido.

En la figura 4.11 se muestra el diagrama de flujo del algoritmo ejecutado al presionar el botón ON/OFF, dando una explicación más general de lo que realiza la aplicación de escritorio después de que sucede este evento.

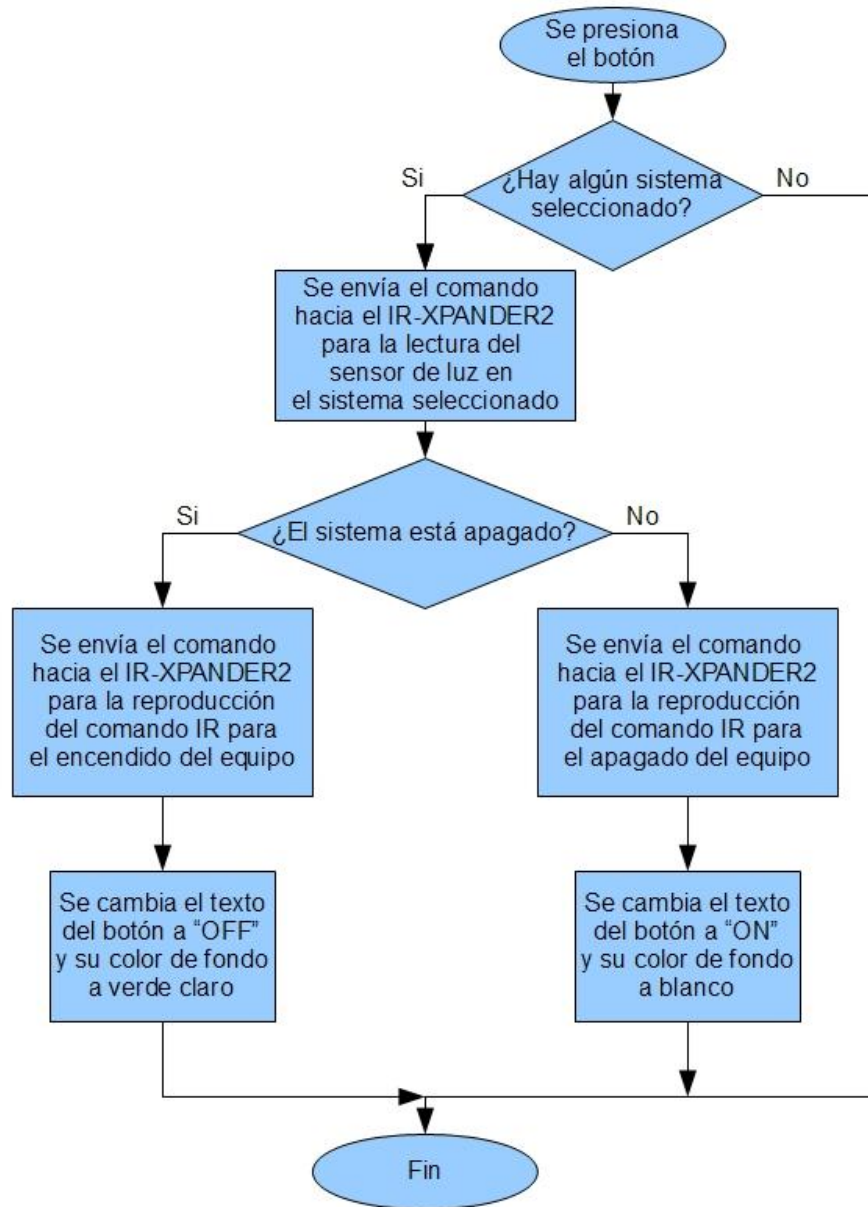


Figura 4.11 Diagrama de flujo del algoritmo ejecutado al presionar el botón ON/OFF.

El temporizador encargado de la actualización cada minuto del consumo de potencia de los equipos de audio y video, también es utilizado para actualizar la información desplegada en los botones para el control de los mismos. De esta forma, cada minuto se actualiza automáticamente el estado del sistema seleccionado por el usuario, mediante el envío del comando hacia el módulo IR-XPANDER2 para la lectura del estado del sensor de luz y así determinar si el equipo está encendido o apagado. Además, el botón de conectar/desconectar se actualiza mediante el envío del comando hacia el STARGATE para solicitar el estado del relay número 1 y determinar si los equipos están conectados o desconectados.

Para verificar el funcionamiento de los botones para el control manual de los sistemas de audio y video, en el caso del botón ON/OFF se procedió a activar este botón y se comprobó que el equipo audiovisual correspondiente efectivamente cambiara de estado, es decir, si se encontraba apagado se encendiera o viceversa. De manera similar, se ejecutaron las pruebas para el botón de conexión/desconexión en las cuales se activaba este control y se medía la salida del relay de potencia (terminal común), con el fin de determinar el corte o restablecimiento de la alimentación de los equipos.

Para las pruebas de ambos botones los resultados fueron los esperados, con lo cual se pudo comprobar que la función de cada uno de estos controles se ejecutaba de forma satisfactoria, brindando al usuario la posibilidad de controlar remotamente los equipos de audio y video ya sea por medio del apagado o encendido de un grupo de ellos a través del módulo infrarrojo, o mediante la conexión o desconexión del total de estos equipos, con la ayuda del relay de potencia y el STARGATE.

4.4.4 Control de los electrodomésticos

En la figura 4.12 se presenta la sección de la aplicación de escritorio diseñada para ejecutar la conexión y desconexión de forma remota de algunos electrodomésticos, así como el despliegue de información sobre el consumo de potencia de los mismos. Esta ficha del TabControl es titulada “Electrodomésticos” y corresponde a la número 4.

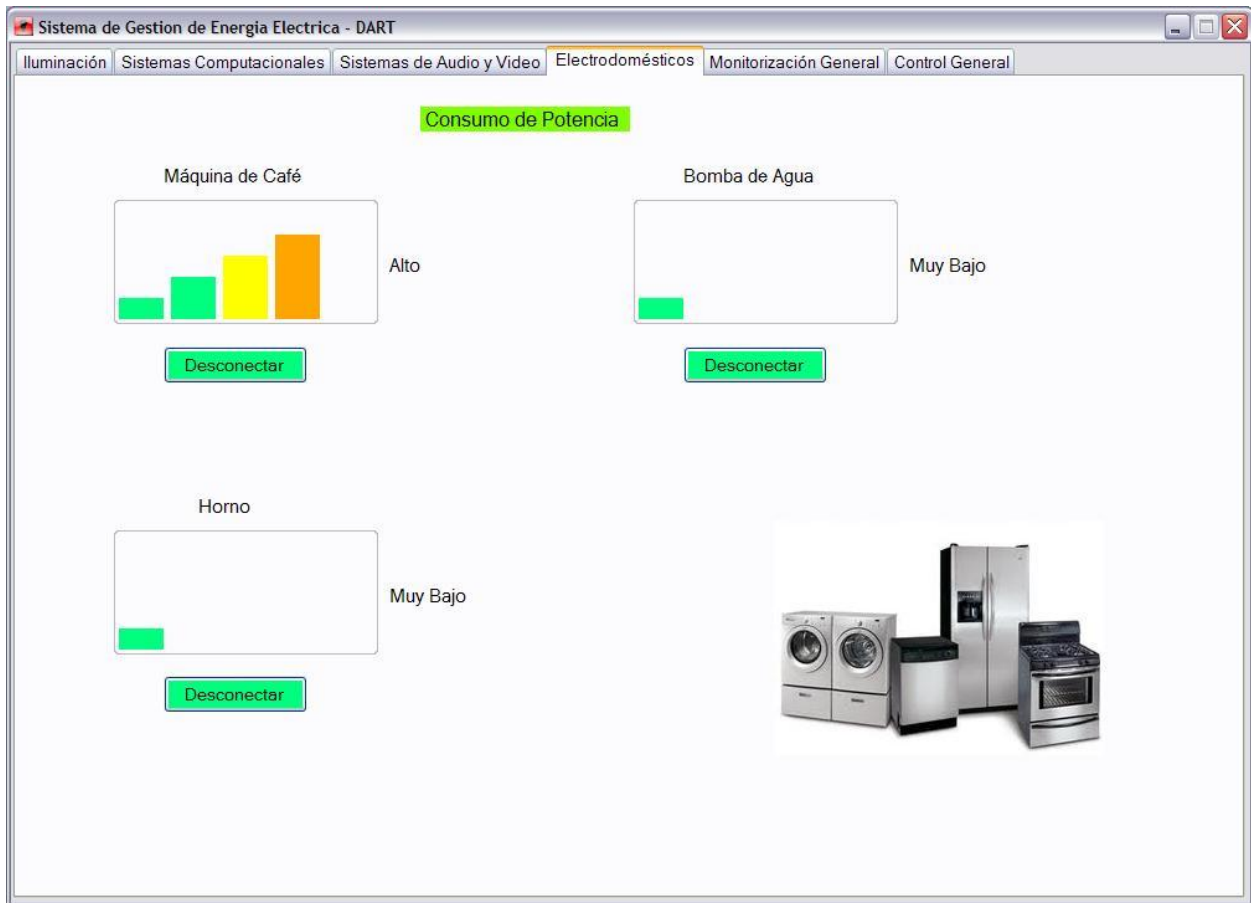


Figura 4.12 Sección de la aplicación de escritorio para el control de los electrodomésticos.

Los tres electrodomésticos controlados por la aplicación de escritorio son una máquina eléctrica para preparar bebidas a base de café (Máquina de café), una bomba de agua utilizada para impulsar este líquido hasta las plantas altas del edificio, y un horno para la preparación de alimentos. Mediante los controles de esta sección, mostrados en la figura 4.12, el usuario puede cortar y restablecer la alimentación de estas tres cargas eléctricas, además de monitorizar el consumo de potencia de las mismas en forma individual.

El consumo de potencia de los electrodomésticos es presentado de igual forma que en el caso de la sección anterior (Sistemas de Audio y Video), es decir, gráficamente con barras que indican el estado del consumo eléctrico dividido en los mismos cinco niveles. En el caso de la figura 4.12, la máquina de café está en el nivel de consumo Alto con sus 4 barras.

La bomba de agua se mantiene en un nivel de consumo Muy Bajo representado con una sola barra de color verde, mientras que el horno comparte esta misma situación. La medición de este consumo eléctrico también se realiza de igual forma que en el caso de los equipos de audio y video, es decir, por medio del mismo tipo de sensor de corriente colocado a la entrada de cada uno de los circuitos de alimentación específicos para cada uno de estos electrodomésticos, y la salida de este sensor acondicionada para mantenerse en un rango de 0 a 5V (donde 5V equivale a la máxima corriente, aproximadamente, consumida por cada electrodoméstico) conectada a una de las entradas analógicas del STARGATE.

Para esta sección la aplicación de escritorio también utiliza el mismo temporizador empleado en todas las fichas anteriores con un intervalo de actualización de un minuto, con el fin de ejecutar automáticamente el envío del comando correspondiente hacia el STARGATE para la lectura de los valores del ADC de los canales en los cuales están conectadas las salidas acondicionadas de los sensores de corriente (canales 2, 3 y 4), y así actualizar el nivel del consumo en el que se encuentra cada electrodoméstico.

El funcionamiento de esta parte de monitorización del consumo de los electrodomésticos fue probado, básicamente, mediante experimentos en los cuales se varió el consumo eléctrico de cada una de estas cargas, encendiéndolas para elevar el flujo de corriente, y apagándolas para atenuar el mismo, verificando que estos altibajos se manifestaran mediante los cambios de nivel correspondientes desplegados por la aplicación en esta sección. Por ejemplo, para la bomba de agua, en una prueba fue arrancada y se pudo observar como la aplicación mostraba que el nivel del consumo era alto, con sus 4 barras correspondientes, posteriormente, al apagar esta máquina el nivel de consumo decayó hasta llegar a Muy Bajo.

Los resultados de las pruebas anteriores para la verificación del sistema de medición de corriente y la actualización de los niveles de consumo, por parte del temporizador, fueron los esperados. Por estas razones, mediante la interfaz gráfica de la ficha Electrodomésticos el usuario dispone de información referente al estado activo o inactivo de estas tres cargas eléctricas.

Por medio de la información desplegada en los botones que están debajo de cada cuadro del consumo de potencia, se puede observar que los tres electrodomésticos se encuentran conectados a la red eléctrica del edificio, ya que la etiqueta de estos botones es “Desconectar” y su color de fondo es verde claro. Esta información es actualizada, cada minuto, por medio del temporizador mencionado anteriormente.

La función de estos botones es conectar y desconectar cada uno de los electrodomésticos mediante una implementación muy similar a la utilizada en la ficha para el control de los equipos de audio y video (ver figura 4.10), es decir, por medio de un relay de potencia (120Vac/15A, 12Vdc para la señal de control) utilizado para cortar y restaurar la alimentación de cada una de las tres cargas, y cuya señal de control es generada por medio de un relay de salida del STARGATE. El relay número 6 del STARGATE controla el relay de potencia para la conexión y desconexión de la máquina de café, el relay número 7 a la bomba de agua y el número 8 al horno.

Para el caso de la figura 4.12, el proceso que ejecuta la aplicación al momento en que el usuario hace click en cualquiera de estos botones, por ejemplo el botón de la bomba de agua, es enviar un comando hacia el STARGATE para encender el relay correspondiente y así desconectar el electrodoméstico de la red eléctrica del edificio, con el fin de evitar su consumo de potencia. En la figura 4.13 se muestra un diagrama de flujo que describe de forma general este algoritmo.

Las pruebas de verificación del funcionamiento de cada uno de los botones para la conexión/desconexión de los electrodomésticos, se basaron en la activación de los mismos y la medición de la salida de cada relay de potencia (terminal común), para así determinar que cuando se daba click sobre el botón la tensión de esta salida cambiará de 0V a 120V o viceversa. Los resultados para las pruebas de los tres botones fueron satisfactorios, demostrando que por medio de estos controles el usuario tiene la capacidad de conectar o desconectar la máquina de café, la bomba de agua y el horno, en forma individual.

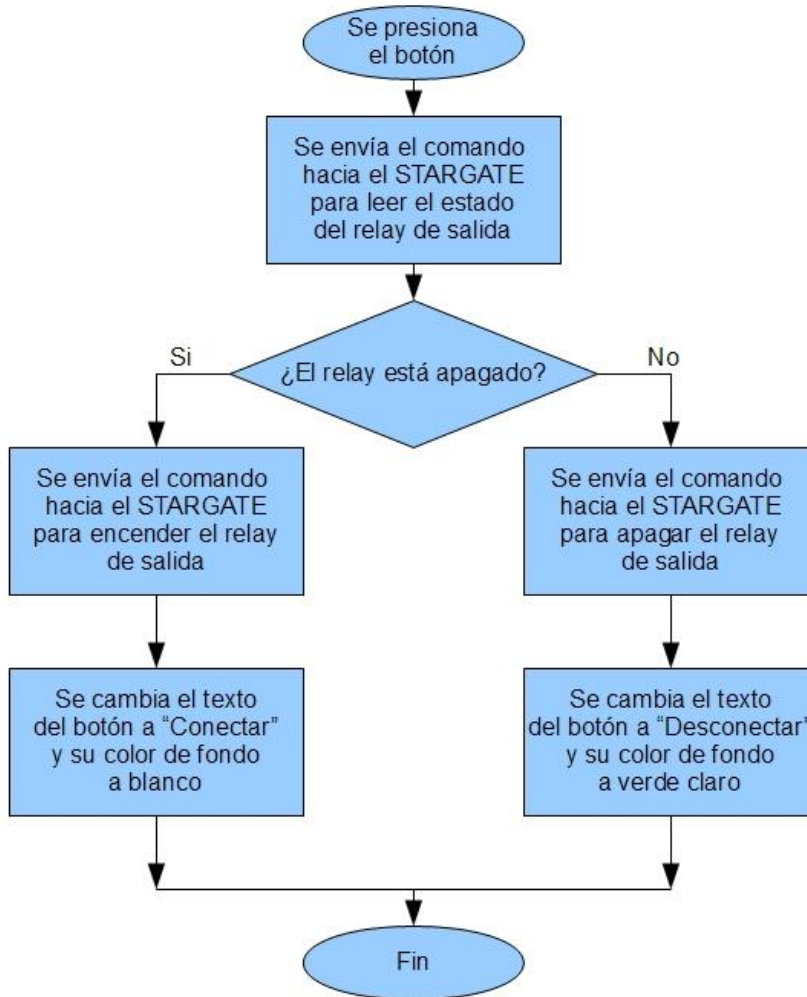


Figura 4.13 Diagrama de flujo del algoritmo ejecutado al presionar un botón de conexión/desconexión de electrodomésticos.

4.4.5 Monitorización General

Este apartado de la aplicación de escritorio, mostrado en la figura 4.14, fue diseñado para brindar al usuario una vista general del consumo eléctrico, es decir, una ficha en la cual pudiera visualizar el consumo de potencia de los sistemas computacionales, los equipos de audio y video, y los electrodomésticos, con el fin de una monitorización global del estado actual de estas cargas eléctricas.

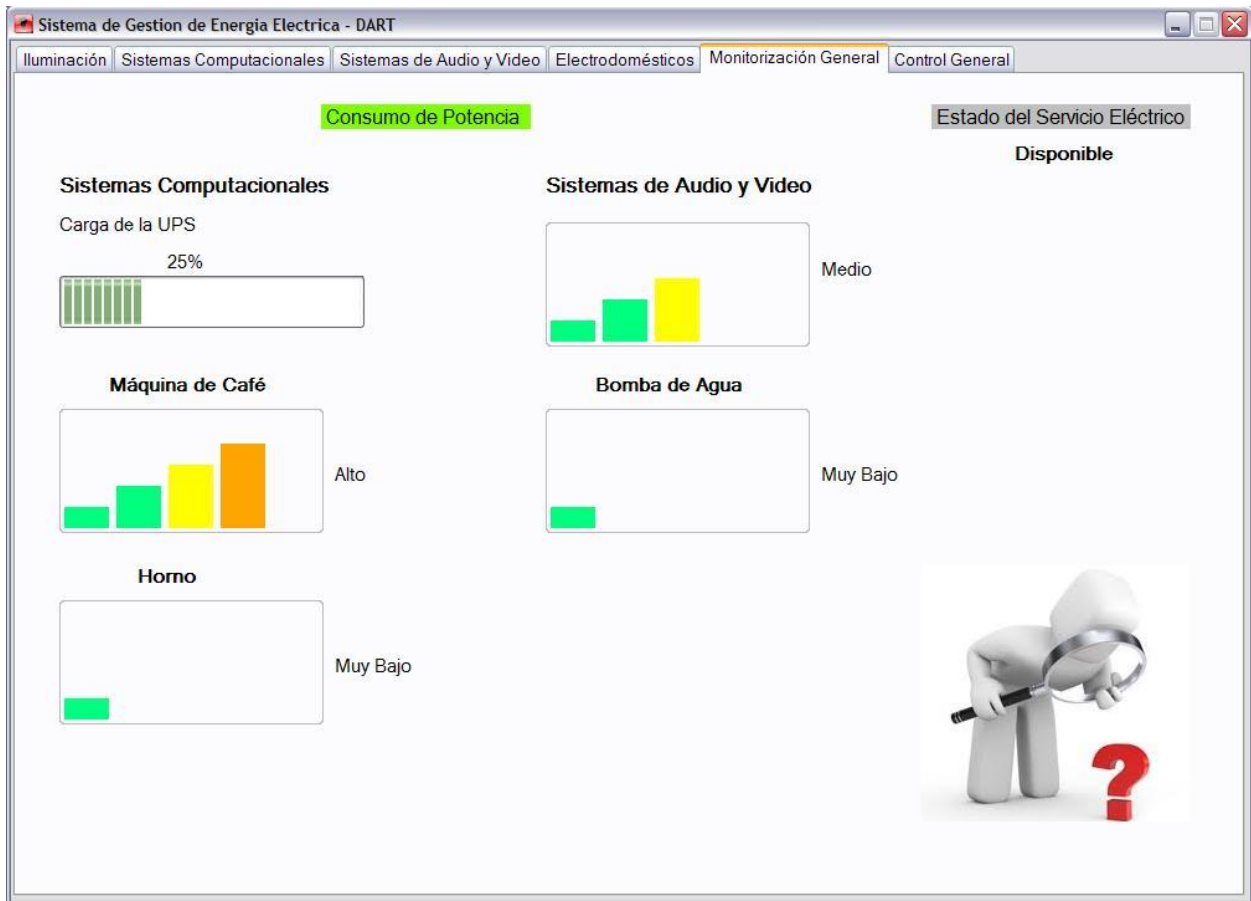


Figura 4.14 Sección de la aplicación de escritorio para la monitorización general.

La ficha de la figura 4.14, Monitorización General, muestra de forma gráfica la misma información sobre el consumo de potencia que las fichas Sistemas Computacionales, Sistemas de Audio y Video y Electrodomésticos, integrada en una sola sección. Por esta razón, el proceso de medición y actualización, también ejecutado por el temporizador en intervalos de un minuto, es exactamente el mismo que en el caso de las fichas anteriores. Esta sección es mostrada, por defecto, cada vez que se arranca (ejecuta) la aplicación de escritorio del sistema automático de gestión de energía eléctrica.

En la esquina superior derecha de la figura 4.14 se puede observar una etiqueta con el texto “Estado del Servicio Eléctrico” y debajo de ella se lee la palabra “Disponible”, esta información indica al usuario que el servicio eléctrico se encuentra activo. La forma en que la aplicación detecta la caída o restablecimiento de este servicio es mediante la utilización de un sensor de tensión AC, el cual se conecta a un enchufe de alimentación de 120Vac y su salida se conecta al puerto Power Sensor Inputs del módulo IR-XPANDER2.

Cada minuto el temporizador se encarga de enviar el comando correspondiente hacia el módulo infrarrojo para solicitar el estado del sensor de tensión AC, ya sea activo (0) o inactivo (1), y así actualizar la información desplegada sobre la disponibilidad del servicio eléctrico. Cabe mencionar que esta función de la aplicación de escritorio es útil sólo en casos donde el servidor (donde se alberga el sistema de gestión energética), el módulo infrarrojo y los dispositivos de red, sean alimentados por medio de baterías o alguna otra fuente de energía alternativa.

4.4.6 Control Automático de las cargas eléctricas

La última ficha (número 6) del TabControl de la aplicación de escritorio llamada “Control General”, mostrada en la figura 4.15, es la herramienta diseñada con el objetivo principal de brindar al usuario un apartado en el cual configurar y guardar horarios para el control automático de la iluminación, la UPS, los equipos de audio y video, y los electrodomésticos. Por medio de esta sección se pueden programar eventos como el apagado, encendido, la conexión y desconexión de cargas eléctricas, en horas específicas, y los días de la semana establecidos por el usuario.

Para cada tipo de cargas el usuario dispone de 15 horarios diferentes, o archivos para guardar horarios, de tal forma que puede programar hasta 4 eventos diferentes en cada uno de ellos. Cada uno de estos horarios es guardado en un archivo de texto con la información necesaria para su posterior lectura, por parte de la misma aplicación, y así ejecutar los eventos programados en el mismo.

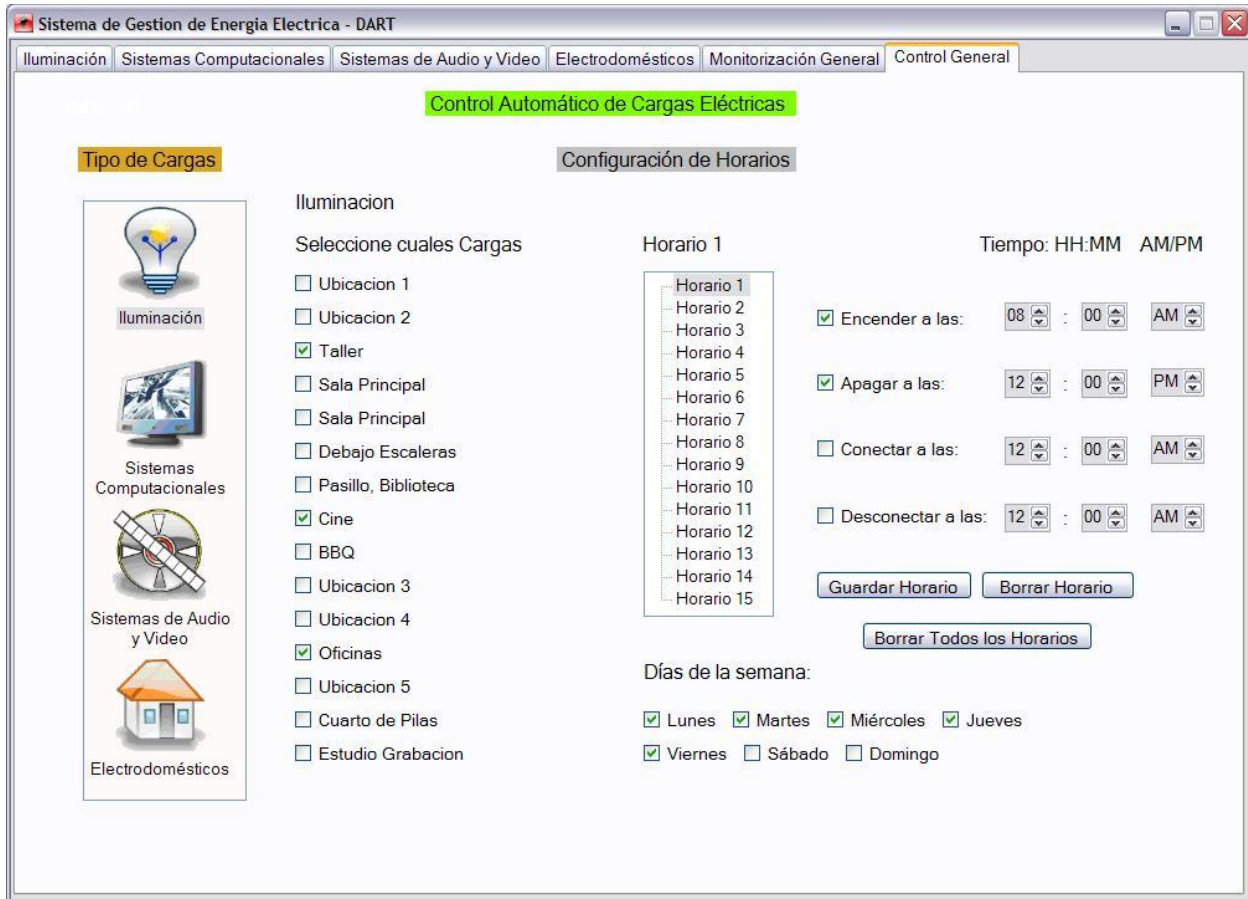


Figura 4.15 Sección de la aplicación de escritorio para el control automático de cargas eléctricas.

Por ejemplo, en la figura 4.15 se muestra la programación de un horario configurado para ser guardado en el archivo de texto correspondiente al horario 1 del tipo de cargas Iluminación, con la información de dos eventos los cuales son encender las luces de la estación de control del taller, el cine y las oficinas a las 8:00 AM, y apagar las mismas luces a las 12:00 PM, todos los días entre semana. En caso de que el usuario decidiera que esta configuración es correcta, entonces procede a hacer click en el botón con la etiqueta “Guardar Horario” para que la aplicación cree o edite el archivo de texto correspondiente al horario 1 de la sección Iluminación.

Si el usuario decide guardar el horario y posteriormente se da cuenta de que la información del mismo es incorrecta o ya no necesita ejecutar los eventos programados en el mismo, tiene la posibilidad de borrarlo (limpiar el archivo de texto) y así eliminar esta programación. Esta función se ejecuta al hacer click en el botón con la etiqueta “Borrar Horario”.

El tercer botón de la sección Control General llamado “Borrar Todos los Horarios” se utiliza para limpiar todos los archivos de texto de todos los horarios, con lo cual el usuario elimina cualquier programación de eventos realizada, inutilizando por completo la función de este apartado de la aplicación de escritorio.

Los cuatro eventos disponibles, como se muestra en la figura 4.15, son encender, apagar, conectar y desconectar las cargas eléctricas a horas específicas, los días de la semana establecidos. Sin embargo, algunos de estos eventos no están disponibles para todos los tipos de cargas. De tal forma que para la iluminación sólo se pueden programar eventos de apagado y encendido de las luces y para los sistemas computacionales solamente el apagado de la UPS de 10KVA.

Los equipos de audio y video pueden ser programados para apagarse y encenderse, por medio de comandos infrarrojos como en el caso del Sistema 1 mencionado en la sección de la ficha 3 del TabControl, y además se puede programar la conexión y desconexión de todos los equipos. Por último, para los electrodomésticos se pueden programar eventos como la conexión y desconexión de la máquina de café, la bomba de agua y el horno.

Continuando con el ejemplo del horario 1, de la figura 4.15, si el usuario hace click en el botón para guardar el horario, entonces la aplicación crea o edita (en caso de haber sido creado anteriormente) un archivo con el nombre “Iluminacion_Horario1.txt”, en una ubicación programada en el código fuente de esta aplicación, con la información sobre los eventos programados en este horario, en un formato tal y como se muestra en la figura 4.16.

En este ejemplo de horario se puede observar como en la primera línea del archivo de texto se escribe la información referente a cuáles son las cargas sobre las que se van a ejecutar los eventos programados, en este caso, las cargas número 03 (luces de la estación de control del taller), número 08 (luces de la estación ubicada en el cine) y la número 12 (luces de la estación de las oficinas), del tipo de cargas Iluminación.

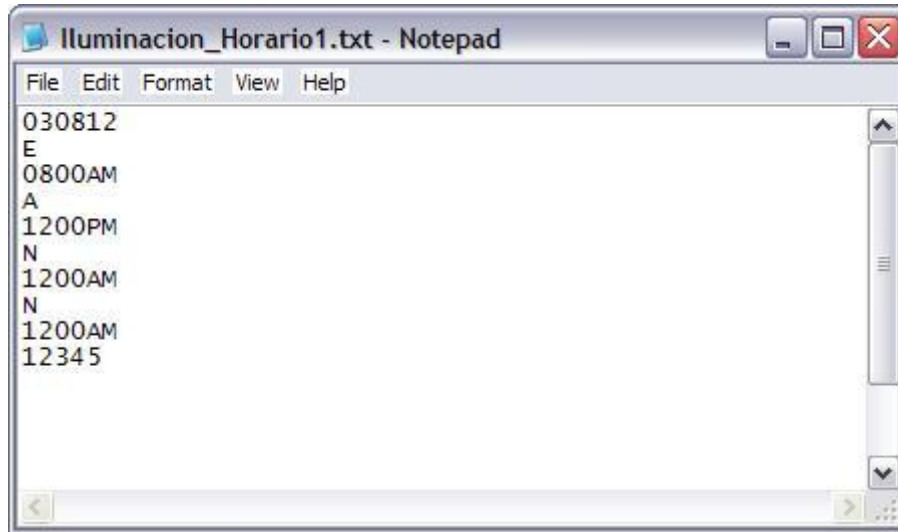


Figura 4.16 Ejemplo de archivo de texto con el horario 1 de la iluminación.

La segunda línea del archivo, de la figura 4.16, indica que el evento Encender (E) fue activado para ser ejecutado a las 8:00 AM, esta hora corresponde a la línea número 3. En las siguientes dos líneas se puede observar que el evento Apagar (A) se programó a las 12:00 PM, mientras que las siguientes cuatro líneas indican que los eventos Conectar y Desconectar no fueron seleccionados por el usuario, indicado con la letra N, ya que estos eventos no están disponibles para el tipo de cargas Iluminación. Por último, la décima línea del archivo Iluminacion_Horario1.txt informa que el horario está configurado para ejecutar sus eventos todos los días de la semana, excepto los sábados y domingos.

El formato de guardado de horarios, de los archivos de texto, de la figura 4.16 es utilizado para todos los tipos de cargas, y la aplicación de escritorio fue programada para que guardara todos los archivos en la misma carpeta. De esta forma, en la carpeta destinada a mantener la información sobre los horarios se pueden encontrar hasta 60 archivos de texto, 15 archivos para cada uno de los 4 tipos de cargas controladas por este sistema. Por ejemplo, para los electrodomésticos se pueden crear los archivos con los nombres “Electrodomesticos_Horario1.txt”, “Electrodomesticos_Horario2.txt” hasta “Electrodomesticos_Horario15.txt”, consecutivamente.

El control temporizador, que es utilizado por la aplicación de escritorio para realizar procesos de monitorización (actualización automática cada minuto) en todas las secciones de control de cargas, también juega un papel importante en la sección de control automático de estos equipos y dispositivos eléctricos.

En el código fuente de este temporizador se programó una parte con la función específica, ejecutada en intervalos de un minuto, de leer todos los archivos de texto existentes con la información de los horarios, con el fin de verificar cuales eventos de estos horarios están programados para ser ejecutados al tiempo de la lectura, es decir, que la hora y día de la semana de cada evento sean los mismos del momento de la lectura del archivo.

En caso de concordar, la hora y el día de ejecución con los del momento de la lectura del archivo de texto, la aplicación de escritorio procede a ejecutar los eventos correspondientes ya sean de conexión, desconexión, encendido o apagado de las cargas eléctricas. Estos procesos son realizados de igual manera, por los mismos mecanismos, que en el caso de las secciones anteriores, es decir, por ejemplo, si un evento que debe ser ejecutado es apagar las luces de la estación de control del taller, entonces la aplicación de escritorio simplemente llama al mismo método invocado cuando se presiona el botón ALL OFF de la sección Iluminación.

Cada minuto el temporizador ejecuta un proceso en el cual lee los archivos de texto de los horarios de la iluminación, los sistemas computacionales, los equipos de audio y video, y de los electrodomésticos, en ese orden. De esta forma, hace un barrido en busca de los eventos que deben ser ejecutados en ese momento, para cada tipo de cargas. En vista de que el proceso de lectura es similar para todos los archivos, a continuación, para ejemplificar esta función, en la figura 4.17, se presenta el diagrama de flujo del algoritmo utilizado para la lectura y ejecución de todos los horarios correspondientes a los electrodomésticos.

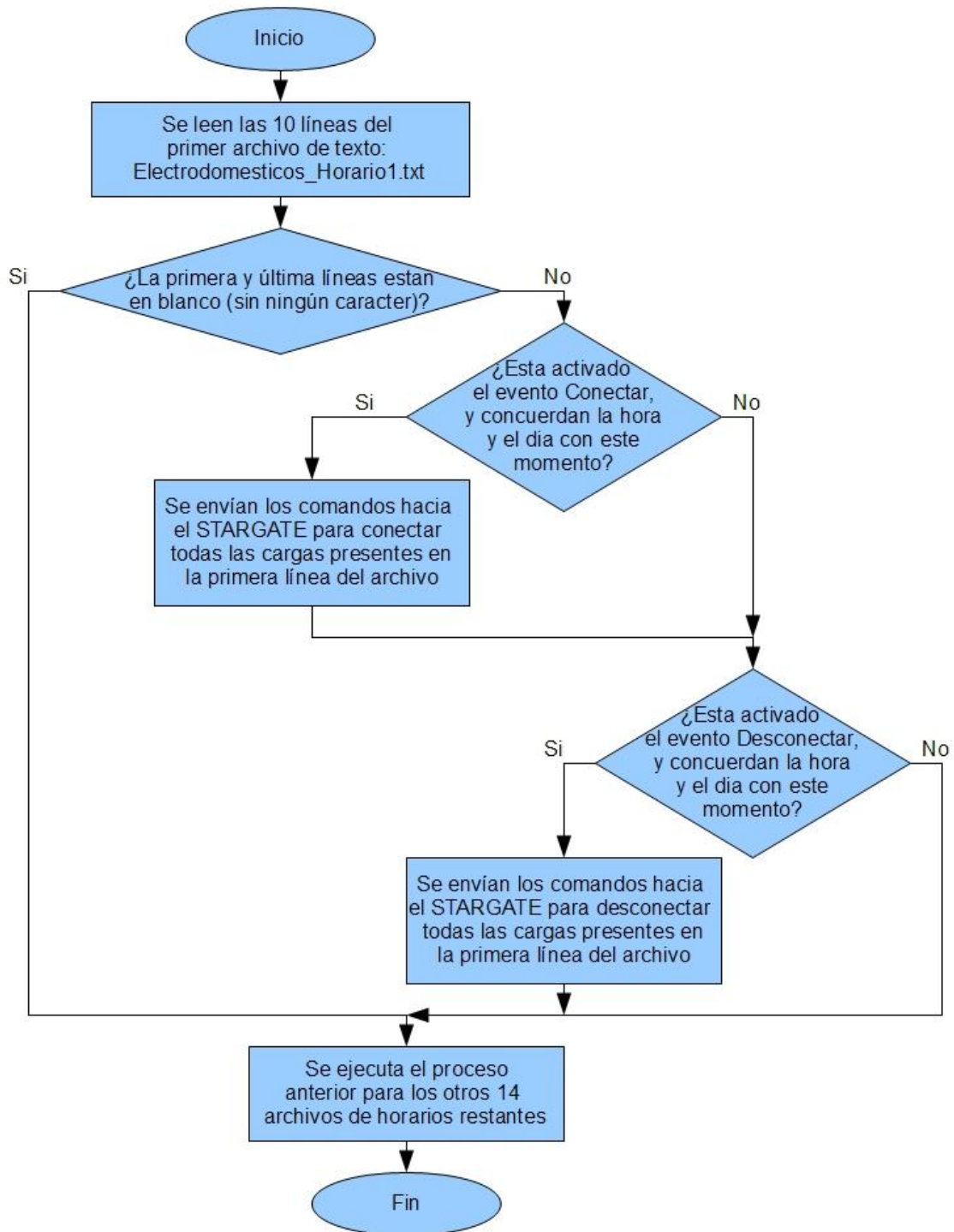


Figura 4.17 Diagrama de flujo del algoritmo para leer y ejecutar los horarios de los electrodomésticos.

En este diagrama, de la figura 4.17, se observa que en el primer condicional se pregunta sobre el contenido de la primera y la última línea del archivo de texto, utilizadas para almacenar la información sobre las cargas involucradas en los eventos y los días de la semana en los cuales se deben ejecutar los mismos, respectivamente. En caso de estar las líneas en blanco, lo cual implica que el usuario no seleccionó ninguna carga ni día de la semana, entonces la aplicación ignora el resto del contenido, obviamente, y procede con la lectura del siguiente archivo.

Para verificar el funcionamiento de la sección de control automático de cargas se realizaron diversas pruebas con el fin de demostrar que los horarios almacenados fueran ejecutados en correspondencia con la información sobre sus eventos, es decir, en la hora y el día de la semana establecidos por el usuario. Por tanto, se programaron un gran número de horarios con eventos de todos los tipos y para todas las cargas controladas por este sistema, para ser ejecutados en diversas horas y días de la semana.

Durante dos semanas, aproximadamente, se realizaron estas pruebas verificando que cada evento fuera ejecutado por la aplicación en el momento justo establecido en su programación. Los resultados obtenidos para todas las pruebas fueron satisfactorios, permitiendo establecer el desempeño de esta sección de la aplicación de escritorio. Por tanto, mediante estos horarios, la aplicación de escritorio facilita al usuario la automatización de procesos de control del consumo eléctrico de la empresa.

4.4.7 Aspectos generales del diseño de la aplicación de escritorio

Además de las funciones mencionadas en los apartados anteriores, relacionadas con el control y la monitorización del consumo eléctrico, la aplicación principal del sistema automático de gestión eléctrica brinda un servicio de vital importancia para la funcionalidad de las aplicaciones web. El proceso de monitorización del estado de todas las cargas eléctricas es realizado, directamente, sólo por esta aplicación de escritorio.

Otra de las funciones implementadas por medio del temporizador (rutinas escritas en el código) de la aplicación de escritorio es, cada minuto, crear o editar (actualizar) tres archivos de texto con la información sobre el estado del consumo eléctrico de todas las cargas. Es decir, toda la información sobre la monitorización de estas cargas mostrada en las secciones Iluminación, Sistemas Computacionales, Sistemas de Audio y Video, Electrodomésticos y Monitorización General es almacenada en tres archivos de texto clasificados de acuerdo al sistema electrónico de donde proviene dicha información.

La aplicación de escritorio cada minuto envía los comandos hacia el STARGATE para la lectura del estado de los relays de salida y las entradas analógicas, además, envía los comandos hacia el módulo IR-XPANDER2 para la lectura de los sensores conectados al puerto Power Sensor Inputs. La información recibida como respuesta de estos dos sistemas domóticos es almacenada en un archivo de texto llamado "MonitorStarGate.txt". En la figura 4.18 se muestra un ejemplo de este archivo.

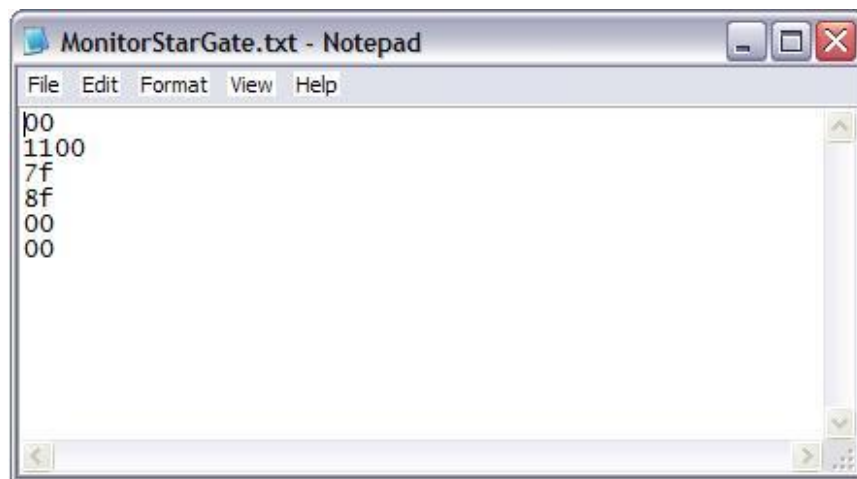


Figura 4.18 Ejemplo del archivo MonitorStarGate.txt.

La primera línea del archivo, de la figura 4.18, muestra el estado de los relays de salida del STARGATE, en este caso, todos los relays se encuentran apagados (en estado 0). La segunda línea indica que los sensores de poder número 1 y 2 se encuentran activos (estado 0), mientras que las últimas cuatro líneas del archivo representan los valores digitales de las primeras cuatro entradas analógicas del STARGATE, en un formato de dos dígitos hexadecimales.

El archivo de texto MonitorLiteTouch.txt es el encargado del almacenamiento del estado de los LED de las botoneras del 5000LC (monitorización de la iluminación). Y por último, en el archivo llamado "MonitorUPS_10KVA.txt" se escribe la información proveniente de la UPS de 10KVA sobre el estado del funcionamiento de la misma (monitorización de los sistemas computacionales). De esta forma, la aplicación de escritorio mantiene almacenada la información sobre el estado actual del consumo de todas las cargas eléctricas.

Es importante mencionar que esta aplicación de formularios Windows Forms posee un icono de notificación que se muestra en la barra de tareas de Windows XP™, con el fin de evidenciar que dicha aplicación se encuentra en ejecución. Cada vez que el usuario hace click con el botón derecho del mouse sobre este icono se despliega un menú de opciones, el cual se muestra en la figura 4.19, con el fin de facilitar al usuario algunas opciones de ejecución de la aplicación y además, la activación o desactivación de ciertas funciones.

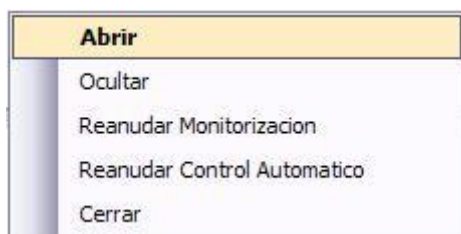


Figura 4.19 Menú de opciones del icono de notificación.

La primera opción del menú del icono de notificación es utilizada para activar (colocar en primer plano y darle el foco) la ventana de la aplicación, por el contrario, la segunda opción con la etiqueta "Ocultar" realiza esta función enviando a segundo plano dicha aplicación. La opción etiquetada como "Reanudar Monitorización", en el caso de la figura 4.19, indica que la función de monitorización de todas las cargas eléctricas ejecutada por el temporizador se encuentra desactivada, es decir, que la actualización automática cada minuto de esta información se encuentra deshabilitada. En caso de que el usuario hiciera click en esta opción, la etiqueta cambia a "Deshabilitar Monitorización" y el temporizador vuelve a funcionar normalmente.

La opción con la etiqueta “Reanudar Control Automático” se utiliza para desactivar la función del temporizador encargada de leer y ejecutar los horarios almacenados en la sección de control general de la aplicación, en el caso de la figura 4.19, al hacer click en esta opción la etiqueta cambia a “Deshabilitar Control Automático” y estos procesos de control automático de cargas vuelven a ser ejecutados por el temporizador normalmente. Por último, al hacer click en el botón etiquetado como “Cerrar” el usuario cierra por completo la aplicación.

4.5 Diseño de las aplicaciones web ASP.NET™

Con el fin de ejecutar las funciones de monitorización y control manual de cargas, se diseñó un conjunto de cinco aplicaciones web ASP.NET™ facilitando al usuario el control del consumo eléctrico de forma remota, desde dispositivos móviles o de escritorio conectados a la red de área local de la empresa. Cada aplicación se compone de una página web dinámica con los controles web (botones, etiquetas, listas de selección) necesarios para ejecutar estas funciones.

Estas aplicaciones web también fueron diseñadas con la herramienta de desarrollo Microsoft Visual Studio Profesional 2008, y el código de sus funciones fue escrito en el lenguaje de programación C#. Las plantillas de diseño preinstaladas en esta herramienta facilitan al desarrollador la creación de páginas web con ASP.NET™ por medio del conjunto de controles web, los cuales pueden realizar las mismas funciones (mismo código) que los controles de las aplicaciones de escritorio de formularios Windows Forms.

La página web titulada “Iluminación” realiza exactamente las mismas funciones que la sección Iluminación de la aplicación de escritorio, por tanto, el código que describe los algoritmos que se ejecutan en esta sección es el mismo código que se ejecuta en la aplicación web (en el servidor donde es albergada).

Lo anterior implica que los mecanismos utilizados por la aplicación de escritorio para el control de la iluminación, a través del servicio web XML para la comunicación con el 5000LC, son utilizados por la aplicación web Iluminación para realizar las mismas funciones. En la figura 4.20 se muestra esta página web dinámica.



Figura 4.20 Página web para el control de la iluminación.

En la página web, para el control de la iluminación, se puede observar una botonera muy similar a la mostrada en la sección Iluminación (figura 4.6) diseñada para ser mostrada en exploradores web de escritorio, de otras computadoras conectadas a la misma red del servidor, o en exploradores web móviles de dispositivos con capacidad de desplegar páginas web ASP.NET™, conectados a la misma red local. Cabe mencionar que las imágenes en miniatura mostradas en la figura 4.6, no fueron implementadas en esta página web con el fin de reducir el tamaño (gráfico) de la misma y así, disminuir su contenido de información (tamaño en memoria).

La página web diseñada para el control de la UPS de 10KVA es mostrada en la figura 4.21, en la cual se puede observar como los datos del funcionamiento de la UPS, así como los botones para el control del apagado de la misma, son desplegados en la web.

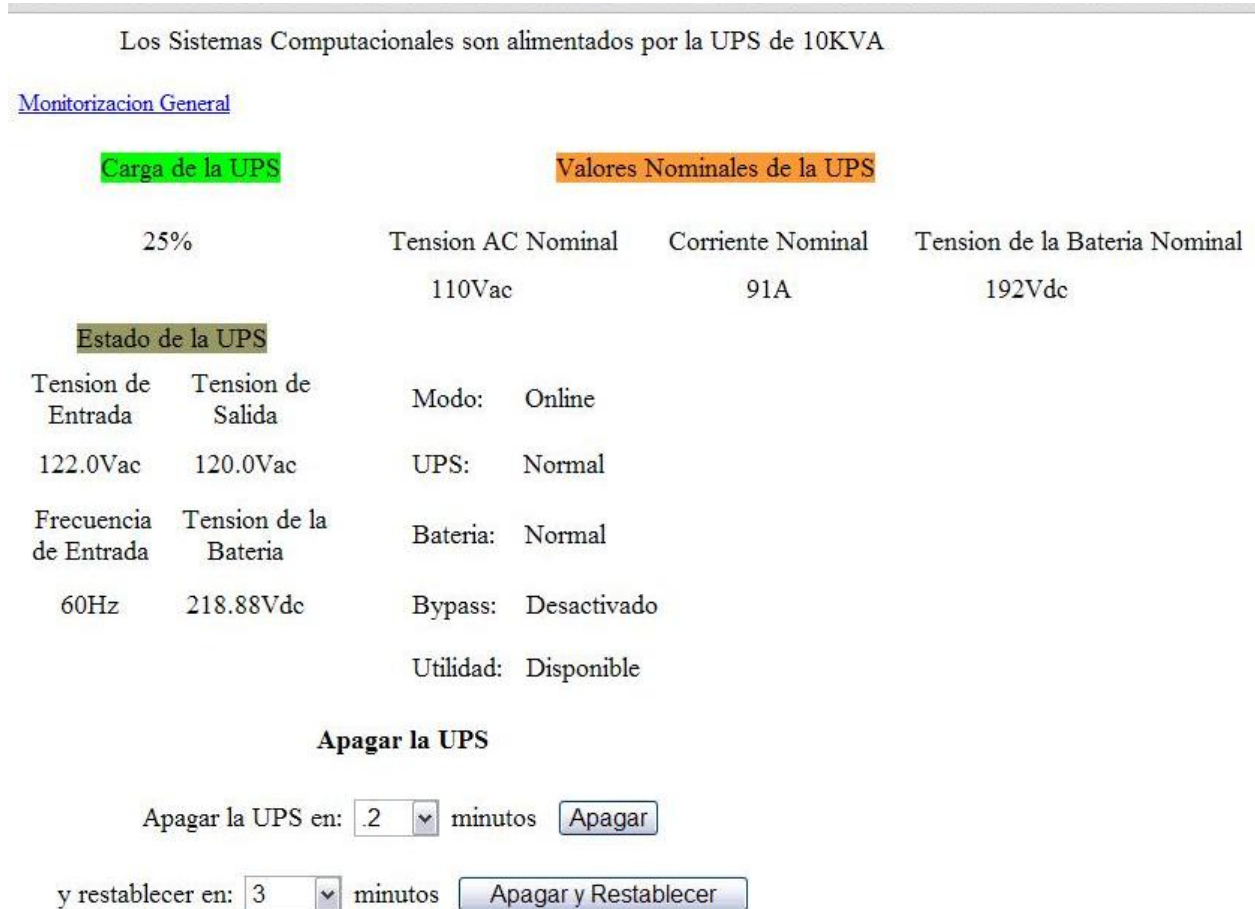


Figura 4.21 Página web para el control de la UPS.

Esta aplicación web para el control de la UPS, como se puede observar en la figura 4.21, es prácticamente idéntica a la sección de la aplicación de escritorio diseñada con el mismo fin. Sin embargo, para agilizar la carga de esta página web y mostrar el mínimo contenido (adaptar a dispositivos móviles), aquí no se presenta la barra de proceso utilizada para mostrar gráficamente el porcentaje de carga de la UPS.

Para facilitar al usuario las funciones de control mencionadas en la sección de los equipos de audio y video de la aplicación de escritorio, se creó una aplicación web con la página web titulada “Sistemas de Audio y Video”, presentada en la figura 4.22.

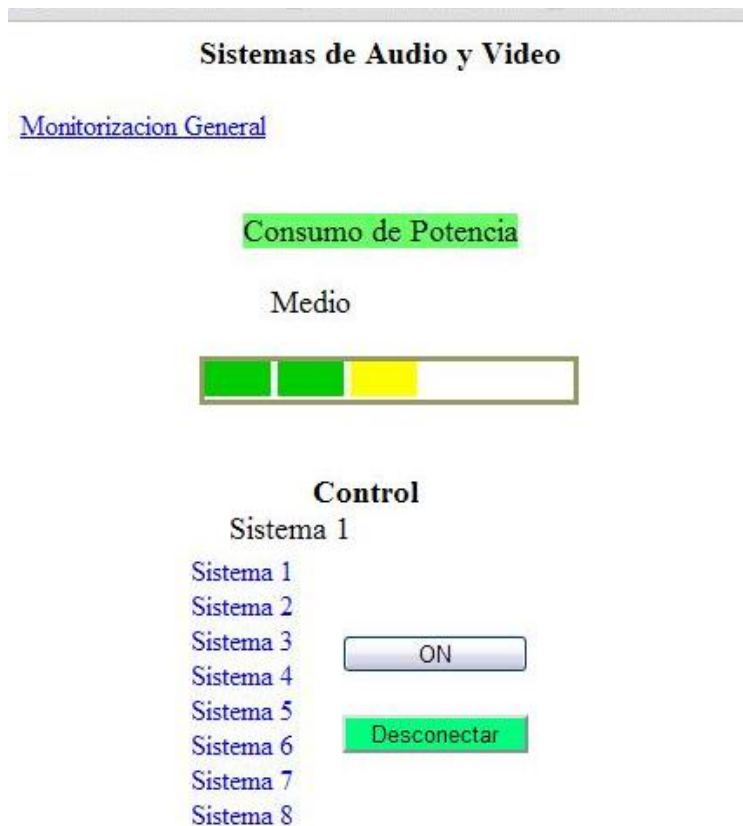


Figura 4.22 Página web para el control de los equipos de audio y video.

A través de esta página web para el control de los equipos de audio y video, el usuario dispone de una versión más compacta (menos contenido gráfico) para el control manual y monitorización de estos sistemas electrónicos, desde un explorador web. En la figura 4.22 se pueden observar los mismos datos sobre el consumo de potencia y el estado conectado de los equipos de audio y video, que en la figura 4.9, ya que las dos imágenes fueron tomadas bajo las mismas condiciones.

La figura 4.23 presenta la página web titulada “Electrodomésticos” la cual pertenece a la aplicación web destinada al control de los electrodomésticos. De igual forma que en la sección de la ficha número 4 de la aplicación de escritorio, esta aplicación web permite monitorizar el consumo de potencia de la máquina de café, la bomba de agua y el horno, además de la conexión y desconexión de los mismos. En esta página también se pueden observar ajustes gráficos para adaptar mejor su contenido a las pantallas de los dispositivos móviles.

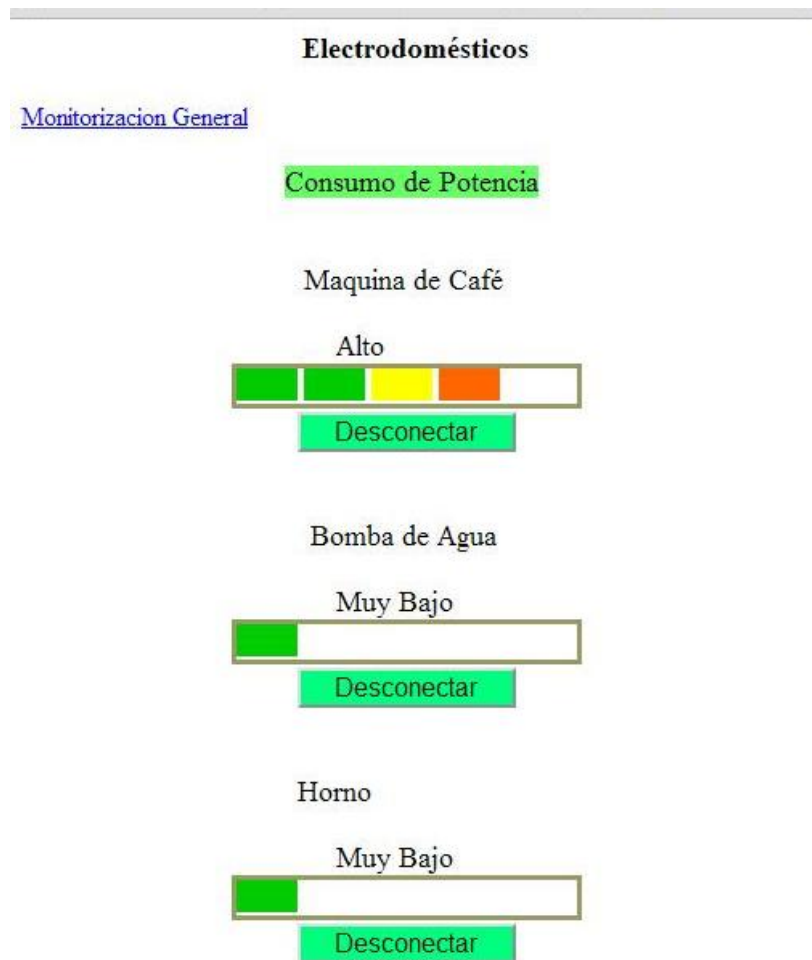


Figura 4.23 Página web para el control de los electrodomésticos.

La última aplicación web diseñada para la monitorización del consumo eléctrico de las cargas, al igual que en los casos anteriores, cumple la misma función que una de las secciones de la aplicación principal, en este caso la de Monitorización General. La página web correspondiente se muestra en la figura 4.24.

Las funciones de control automático de cargas no fueron implementadas mediante aplicaciones web, a través de páginas web, principalmente por razones de seguridad ya que la configuración de horarios para la programación de eventos que involucran el control de cargas eléctricas, es una tarea que debe ser realizada por usuarios capacitados y con pleno conocimiento de cuáles son las actividades que mejor contribuyan a la gestión eléctrica.

Monitorizacion General

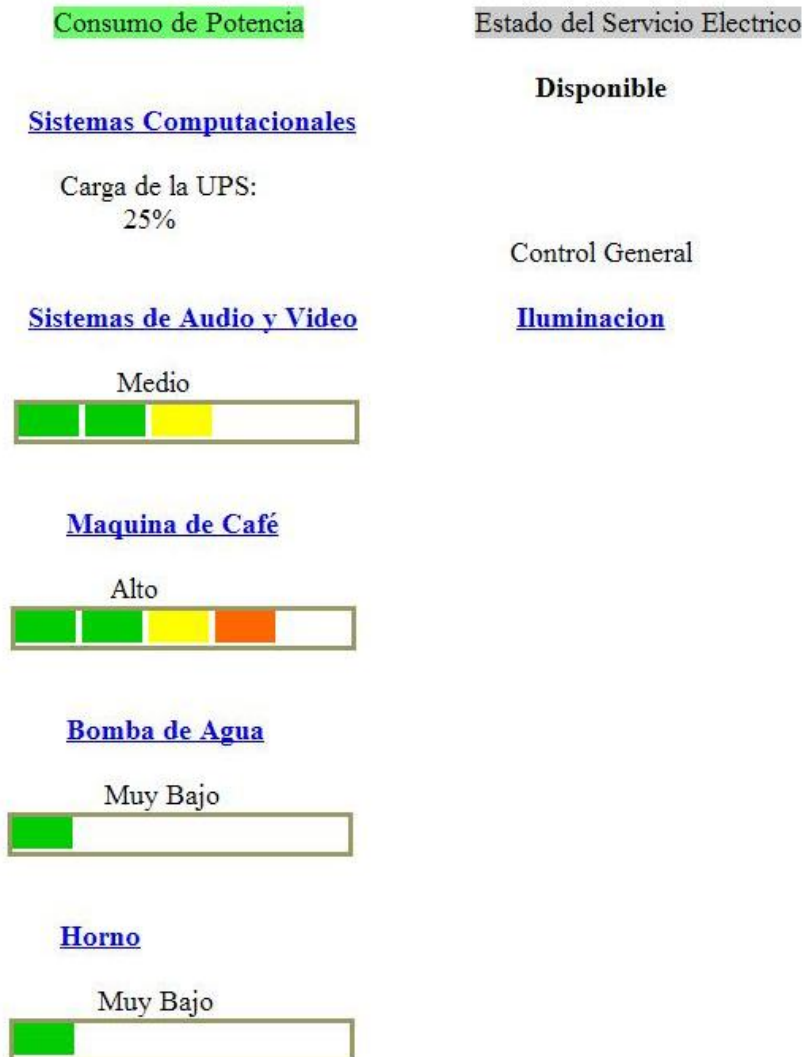


Figura 4.24 Página web para la monitorización general del consumo eléctrico.

Cada una de las páginas web posee un temporizador, con un intervalo de ejecución de un minuto, utilizado para ejecutar los procesos de actualización de la información sobre el estado del consumo de las cargas eléctricas, es decir, con las mismas funciones que el temporizador de la aplicación de escritorio en cada una de las secciones correspondientes.

Como se mencionó anteriormente, estas cinco aplicaciones web fueron diseñadas para ejecutar las mismas funciones que las primeras cinco secciones de la aplicación de escritorio, de tal forma que el diseño de la interfaz gráfica de las páginas web es simplemente una adaptación de estas secciones para su despliegue en exploradores web, y su funcionamiento una adaptación para ejecutar los procesos de control de cargas de forma remota, mediante la implementación de páginas web dinámicas.

Sin embargo, en el caso del funcionamiento existe una diferencia respecto a los procesos de actualización automática de la información sobre el estado del consumo eléctrico de todas las cargas, o sea, para todas las páginas web. Esta diferencia se basa en la fuente de información de la cual cada aplicación obtiene los datos de monitorización, en el caso de la aplicación de escritorio, el temporizador cada minuto envía los comandos correspondientes hacia los cuatro sistemas electrónicos para el control de cargas, con el fin de obtener, directamente el estado de todas las cargas.

Por otro lado, las páginas web, por medio de su temporizador, obtienen la información sobre el estado de las cargas eléctricas de forma indirecta a través de la aplicación de escritorio. En esta parte es donde el almacenamiento de esta información de monitorización, en los archivos de texto, por parte de la aplicación de escritorio juega un papel muy importante en la utilidad de las páginas web, ya que estas realizan la lectura, cada minuto, de estos archivos de texto almacenados en el servidor y así, actualizan la información sobre el estado del consumo eléctrico.

Por tanto, la página web para el control de la iluminación actualiza el estado de los LED de las botoneras por medio del archivo MonitorLiteTouch.txt, la página para el control de la UPS lee el archivo MonitorUPS_10KVA.txt, mientras que las páginas web para el control de los equipos de audio y video, y de los electrodomésticos obtienen la información sobre el estado estas cargas a través de la lectura del archivo MonitorStarGate.txt.

Las pruebas realizadas para la comprobación del funcionamiento de los temporizadores de cada una de las aplicaciones web se basaron en la comparación de la información desplegada por las páginas web, respecto a la monitorización de cargas, con la información correspondiente presentada en la aplicación de escritorio (y almacenada en los tres archivos de texto). La información debería ser la misma.

En todos los casos, fue posible comprobar que cuando la aplicación de escritorio actualizaba los datos de monitorización, en su interfaz y en los archivos de texto, en un periodo no mayor a un minuto, esta actualización se reflejaba en las páginas web correspondientes.

Los resultados obtenidos de las pruebas de funcionamiento de todas las aplicaciones web fueron satisfactorios, demostrando así la posibilidad de ejecutar las funciones de control manual y monitorización de cargas desde un explorador web. Estos resultados eran los esperados debido a que el código fuente de los algoritmos ejecutados por los controles de estas páginas web, era el mismo código implementado en las secciones de la aplicación de escritorio correspondientes, exceptuando la parte referente al funcionamiento de los temporizadores de cada una de estas aplicaciones.

En la figura 4.25 se puede observar un diagrama ilustrativo que describe el esquema de funcionamiento interactivo entre los tres tipos de aplicaciones que conforman el sistema automático de gestión eléctrica, los cuales son el servicio web XML, la aplicación principal de escritorio y las aplicaciones web ASP.NET™ tratadas en esta sección.

De esta forma, en el servidor mostrado en la figura 4.1 se ejecutan todos los procesos de monitorización y control, manual y automático, del consumo eléctrico por parte de esta aplicación distribuida. En el apéndice A.2 se muestra un manual de usuario de la aplicación de escritorio, las aplicaciones web y el servicio web XML.

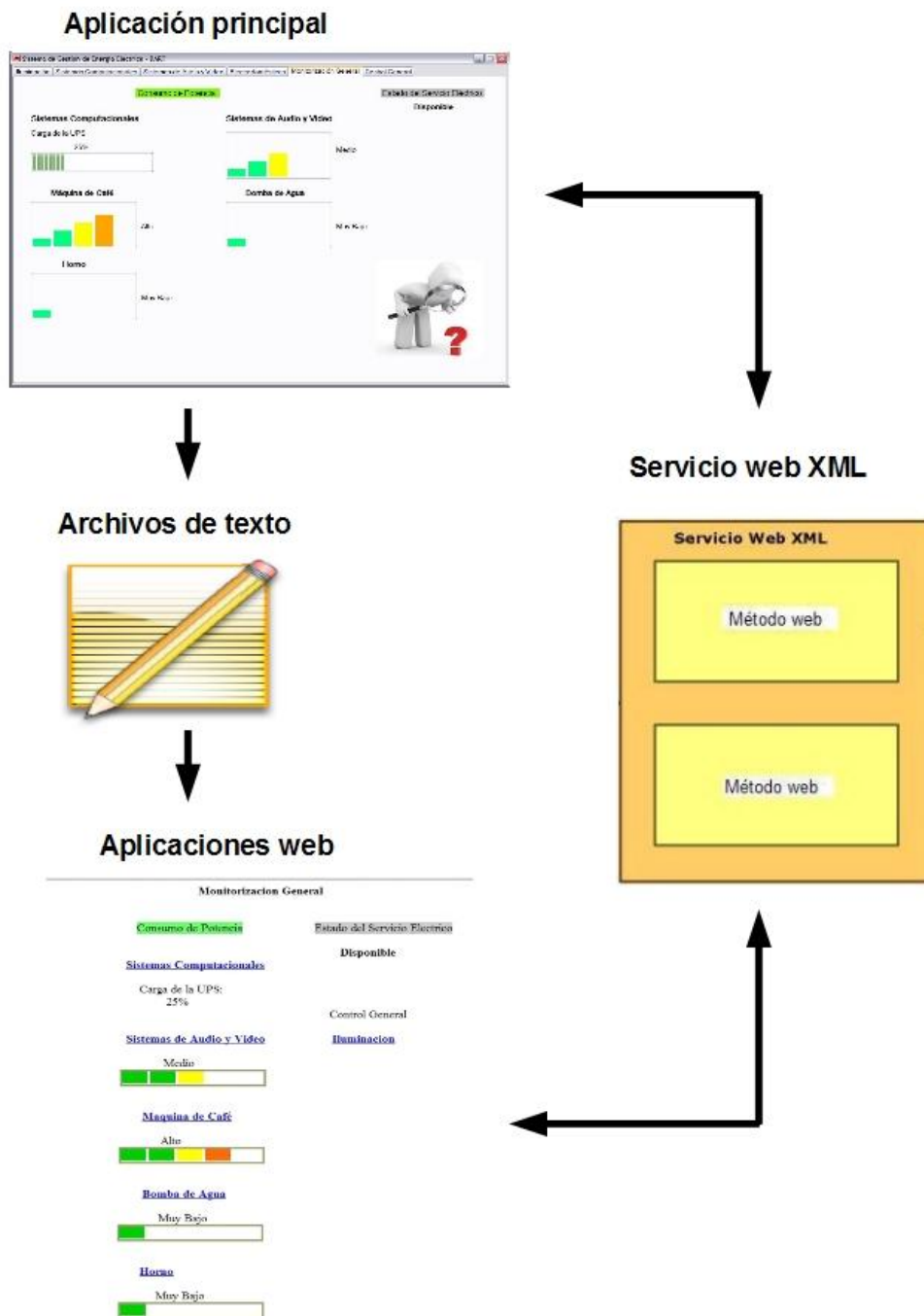


Figura 4.25 Aplicación distribuida del sistema automático de gestión eléctrica.

4.6 Implementación y análisis de resultados del sistema automático de gestión de energía eléctrica

El sistema automático de gestión eléctrica diseñado para la empresa DART fue implementado inmediatamente después de la finalización de su diseño, y el primer mes de uso fue utilizado para la comprobación del funcionamiento de este sistema según las especificaciones de diseño. Además, en este periodo de tiempo se midió el cambio en la cantidad del consumo eléctrico por parte de la empresa.

Durante este periodo, mes de mayo del presente año, la aplicación de escritorio se utilizó de forma diaria, es decir, el servidor se encendía todas las mañanas, a las 9:00 AM aproximadamente, y se apagaba en las tardes alrededor de las 6:00 PM. Mientras que las aplicaciones web se utilizaban de forma ocasional. Lo anterior para los días entre semana, es decir, los sábados y domingos las aplicaciones instaladas en el servidor se encontraban desactivadas.

Los resultados obtenidos del desempeño de las aplicaciones que conforman el sistema de gestión eléctrica fueron satisfactorios, es decir, durante el primer mes de prueba no se presentó ningún tipo de fallas al ejecutar la monitorización y control de cargas por parte de la aplicación de escritorio, el servicio web y las aplicaciones web. Además, por medio de la utilización de este sistema, en las condiciones anteriormente mencionadas, se obtuvo una reducción del consumo eléctrico de aproximadamente un 10%, al comparar el consumo de los meses de abril y mayo del presente año.

Analizando los resultados obtenidos de esta implementación se puede establecer que el sistema, compuesto por las aplicaciones de software, para el control y monitorización del consumo eléctrico de la iluminación, equipos de audio y video, sistemas computacionales y electrodomésticos, con las características mencionadas en el capítulo 4, logró alcanzar los objetivos establecidos en el capítulo 2 de este documento. De tal forma que, en DART, ahora se dispone de un sistema automatizado con el fin de facilitar al usuario los procesos de administración del consumo eléctrico y aplicar la gestión energética.

Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- 5.1.1 Por medio de la utilización de un dispositivo convertidor de protocolos RS-232/TCP-IP, como el NETRS232_4, se facilita el control remoto de varios dispositivos seriales desde una PC, vía red Ethernet.
- 5.1.2 Los comandos de los protocolos de comunicación serial permiten el control remoto de los dispositivos seriales, sin la necesidad de utilizar las herramientas de software del fabricante.
- 5.1.3 La creación de un servicio web XML permitió la integración en el control de los dispositivos seriales, por medio de métodos web para el control de cada puerto serial.
- 5.1.4 El servicio web XML fue diseñado para ser invocado desde diferentes tipos de aplicaciones, lo cual simplificó el desarrollo de una aplicación distribuida.
- 5.1.5 La generación automática de las páginas de prueba de los métodos web, facilitó la verificación del funcionamiento de los mismos.
- 5.1.6 La interfaz gráfica de la aplicación de escritorio y las aplicaciones web, brindan al usuario una forma rápida y simplificada de controlar el consumo eléctrico.
- 5.1.7 Las páginas web dinámicas permiten al usuario la monitorización y control manual de cargas de forma remota, desde dispositivos móviles o de escritorio conectados a la misma red local del servidor.

5.1.8 La sección de control automático de la aplicación principal, permite al usuario delegar tareas de control de cargas al sistema, disminuyendo así, las situaciones de desperdicio de energía.

5.1.9 El sistema automático de gestión eléctrica brinda al usuario la monitorización y el control de la iluminación, equipos de audio y video, electrodomésticos y sistemas computacionales. Este sistema facilita la gestión energética en la empresa.

5.2 Recomendaciones

Una de las funciones de las aplicaciones de software de este sistema para la gestión eléctrica, es el control de tres electrodomésticos los cuales son una máquina de café, una bomba de agua y un horno, mediante la utilización de 3 relays de salida del STARGATE. Sin embargo, en vista de que este dispositivo cuenta con 4 relays de salida más, que no fueron utilizados, se recomienda expandir las aplicaciones con el fin de aprovechar al máximo la capacidad de control de electrodomésticos, integrando otras cargas eléctricas de alto consumo en la empresa.

Además de la expansión de la sección de electrodomésticos, en general, el sistema automático de gestión eléctrica se podría adaptar para el control de otros tipos de cargas eléctricas, ya que en el mercado existen gran cantidad de sistemas electrónicos, de uso doméstico, con comunicación serial para el control remoto de los mismos.

Se recomienda además, como una posible mejora del sistema, la habilitación de los sitios web para su publicación en la red de internet, con el fin de acceder a ellos desde cualquier parte del mundo. Para esto, se sugiere la implementación de mecanismos de inicio de sesión o autenticación, para asegurar al propietario del sistema la integridad del mismo y por ende, de los dispositivos y sistemas eléctricos bajo su control.

Bibliografía

- [1] CASADOMO. Domótica Introducción [En línea]. [Consultado: 09-Dic-2010]. URL: <http://www.casadomo.com/noticiasDetalle.aspx?c=14>

- [2] JDS Technologies. Infrared Xpander User Manual [En línea]. [Consultado: 23-Feb-2011]. URL: <http://www.jdstechnologies.com/download/irmanual.pdf>

- [3] JDS Technologies. STARGATE Operation Manual WinEVM Event Manager Programming Guide [En línea]. [Consultado: 22-Feb-2011]. URL: <http://www.jdstechnologies.com/download/stargate/sgmanual.pdf>

- [4] JDS Technologies. STARGATE SYSTEM LAYOUT [En línea]. [Consultado: 22-Feb-2011]. URL: <http://www.jdstechnologies.com/download/appnotes/systemlayout.pdf>

- [5] JDS Technologies. Support: Protocol Specifications - JDS Technologies [En línea]. [Consultado: 22-Feb-2011]. URL: <http://www.jdstechnologies.com/protocol.html#seriali/o>

- [6] LiteTouch. LiteWare3.6 Design Manual [En línea]. [Consultado: 15-Feb-2011]. URL: http://www.litetouch.com/documents/cache/DOC55_LiteWare3.61DesignManual.pdf?20070927124033

- [7] Marín Moreno, William. "Sistema Monitor de Estados para Controles de Iluminación". Bachiller. [Informe de Proyecto de Graduación]. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, 2001.

- [8] Microsoft. Formularios Windows Forms [En línea]. [Consultado: 21-Mar-2011]. URL: [http://msdn.microsoft.com/es-es/library/dd30h2yb\(v=VS.90\).aspx](http://msdn.microsoft.com/es-es/library/dd30h2yb(v=VS.90).aspx)

- [9] Microsoft. Información general sobre ASP.NET [En línea]. [Consultado: 15-Mar-2011]. URL: [http://msdn.microsoft.com/es-es/library/4w3ex9c2\(v=VS.90\).aspx](http://msdn.microsoft.com/es-es/library/4w3ex9c2(v=VS.90).aspx)
- [10] Microsoft. Introducción a aplicaciones Web ASP.NET en Visual Studio [En línea]. [Consultado: 16-Mar-2011].
URL: [http://msdn.microsoft.com/es-es/library/cc437549\(v=VS.71\).aspx](http://msdn.microsoft.com/es-es/library/cc437549(v=VS.71).aspx)
- [11] Microsoft. Tutorial: crear una aplicación distribuida [En línea]. [Consultado: 22-Mar-2011]. URL: [http://207.46.16.248/es-es/library/aa291461\(VS.71\).aspx](http://207.46.16.248/es-es/library/aa291461(VS.71).aspx)
- [12] Microsoft. Tutorial: Crear un sitio Web local de IIS en Visual Web Developer [En línea]. [Consultado: 16-Mar-2011].
URL: [http://msdn.microsoft.com/es-es/library/a1zz9df4\(v=VS.90\).aspx](http://msdn.microsoft.com/es-es/library/a1zz9df4(v=VS.90).aspx)
- [13] Microsoft. Tutorial: Crear y usar un servicio Web ASP.NET en Visual Web Developer [En línea]. [Consultado: 21-Mar-2011].
URL: <http://msdn.microsoft.com/es-es/library/8wbhsy70.aspx>
- [14] Microsoft. Usar servicios web ASP.NET [En línea]. [Consultado: 17-Mar-2011].
URL: [http://msdn.microsoft.com/es-es/library/t745kdsh\(v=VS.90\).aspx](http://msdn.microsoft.com/es-es/library/t745kdsh(v=VS.90).aspx)
- [15] Microsoft. Visual Studio 2008 [En línea]. [Consultado: 16-Mar-2011]. URL: [http://msdn.microsoft.com/es-es/library/52f3sw5c\(v=VS.90\).aspx](http://msdn.microsoft.com/es-es/library/52f3sw5c(v=VS.90).aspx)
- [16] Network UPS Tools. Network UPS Tools: Megatec protocol [En línea]. [Consultado: 07-Mar-2011].
URL: <http://www.networkupstools.org/ups-protocols/megatec.html>
- [17] Shih Hung, Wei Jung. “Domótica aplicada en residencias con énfasis en interconectividad, diseño y análisis de sus ventajas y desventajas”. Bachiller. [Tesis]. Universidad de Costa Rica, San José, 2005.

[18] StarTech. 4 Port RS232 Serial over IP Ethernet Device Server Spec Sheet [En línea]. [Consultado: 25-Mar-2011]. URL:

http://www.startech.com/media/products/NETRS232_4/PDFs/NETRS232_4.pdf

[19] StarTech. NETRS232 Series Manual [En línea]. [Consultado: 25-Mar-2011]. URL:

http://www.startech.com/media/products/NETRS232_4/Manuals/NETRS232_4.pdf

Apéndices

A.1 Código fuente

```
222
223 [System.Web.Services.WebMethod()]
224 public string EnviarComandoUPS(string comando)
225 {
226     SerialPort _serialPort = new SerialPort();
227     String message = "";
228
229     _serialPort.PortName = "COM5";
230     _serialPort.BaudRate = 2400;
231     _serialPort.Parity = Parity.None;
232     _serialPort.DataBits = 8;
233     _serialPort.StopBits = StopBits.One;
234     _serialPort.Handshake = Handshake.None;
235
236     _serialPort.ReadTimeout = 500;
237     _serialPort.WriteTimeout = 500;
238
239     try
240     {
241         _serialPort.Open();
242         _serialPort.Write(comando + "\r");
243         message = _serialPort.ReadTo("\r");
244         _serialPort.Close();
245     }
246     catch (InvalidOperationException) { }
247     catch (ArgumentOutOfRangeException) { _serialPort.Close(); }
248     catch (ArgumentNullException) { _serialPort.Close(); }
249     catch (ArgumentException) { _serialPort.Close(); }
250     catch (System.IO.IOException) { }
251     catch (UnauthorizedAccessException) { }
252     catch (TimeoutException) { _serialPort.Close(); }
253
254     return message;
255 }
```

Figura A.1.1 Código fuente del método web EnviarComandoUPS.

A.2 Manual de usuario

A.2.1 Servicio Web XML

El servicio web XML es una aplicación web ASP.NET™ que se compone de archivos de código (*.cs), de configuración (*.config) y de una página web de prueba con la extensión *.asmx, la cual se utiliza para realizar pruebas de funcionamiento de los métodos web. Estos archivos se encuentran contenidos en una carpeta con el nombre “PuertoSerial”, la cual se coloca en la carpeta C:\inetpub\wwwroot, donde C es la unidad de disco duro en la cual está instalado el sistema operativo Windows™, el cual debe tener instalado el marco de trabajo de .NET Framework 2.0 (o posterior).

Posteriormente, por medio de la utilización del IIS Manager se instala este servicio web en el servidor web IIS. De esta forma, el servicio web queda listo para ser usado por otras aplicaciones compatibles, en la red de área local.

A.2.2 Aplicación de escritorio

La aplicación de escritorio es una aplicación ejecutable (*.exe) en sistemas operativos Microsoft® Windows™, que dispongan del marco de trabajo .NET Framework 2.0 (o posterior) correctamente instalado. Para su instalación, simplemente se copia la carpeta llamada “Sistema de Gestion de energia electrica” en cualquier parte del sistema de archivos, en el mismo sistema operativo en el cual se encuentra instalado el servicio web XML.

Para iniciar la aplicación de escritorio, el usuario simplemente da doble click sobre el archivo Sistema de Gestion de energia.exe, el cual se encuentra en la carpeta de salida, carpeta Sistema de Gestion de energia\bin\Debug, ubicada dentro de la carpeta Sistema de Gestion de energia electrica.

A.2.2.1 Sección Iluminación

En la figura A.2.1 se muestra la sección Iluminación de la aplicación de escritorio, la cual es utilizada para el control de la iluminación por medio del control remoto de las estaciones de control del 5000LC.

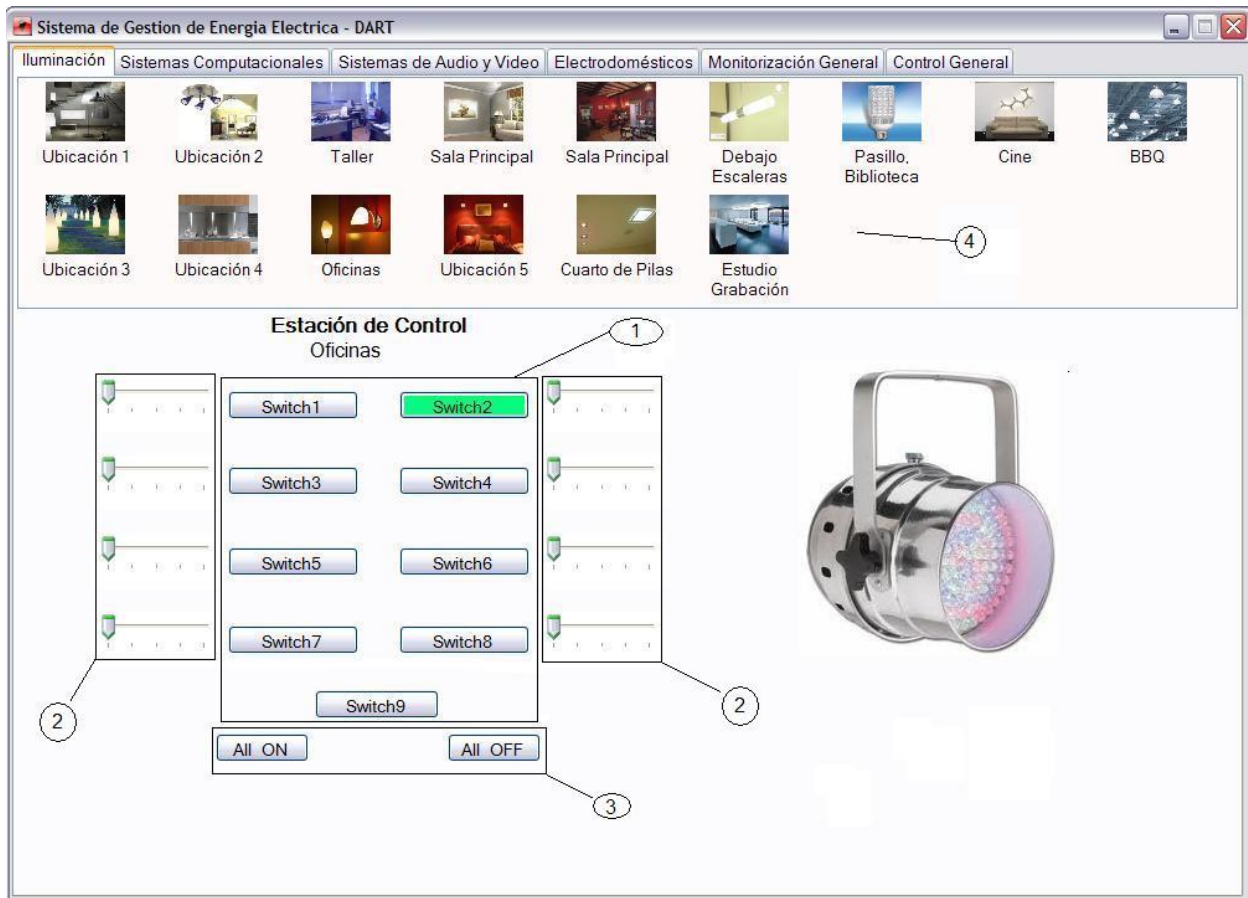


Figura A.2.1 Sección de la aplicación de escritorio para el control de la iluminación.

1. Estación de control virtual, de nueve botones, utilizada para el apagado y encendido de luces. Botón verde significa luz encendida.
2. Barras de desplazamiento, para el ajuste de los niveles de atenuación de las luces controladas por el botón ubicado al lado de cada barra.
3. Botones ALL ON, para el encendido de todas las luces de la estación de control, y ALL OFF, para el apagado de las mismas.
4. Lista de selección de ubicaciones, para definir cual estación de control del 5000LC se desea controlar, por medio de la estación de control virtual.

A.2.2.2 Sección Sistemas Computacionales

En la figura A.2.2 se presenta la sección para el control y monitorización de la UPS de 10KVA, de la aplicación de escritorio. Esta sección corresponde a la ficha número dos de esta aplicación.

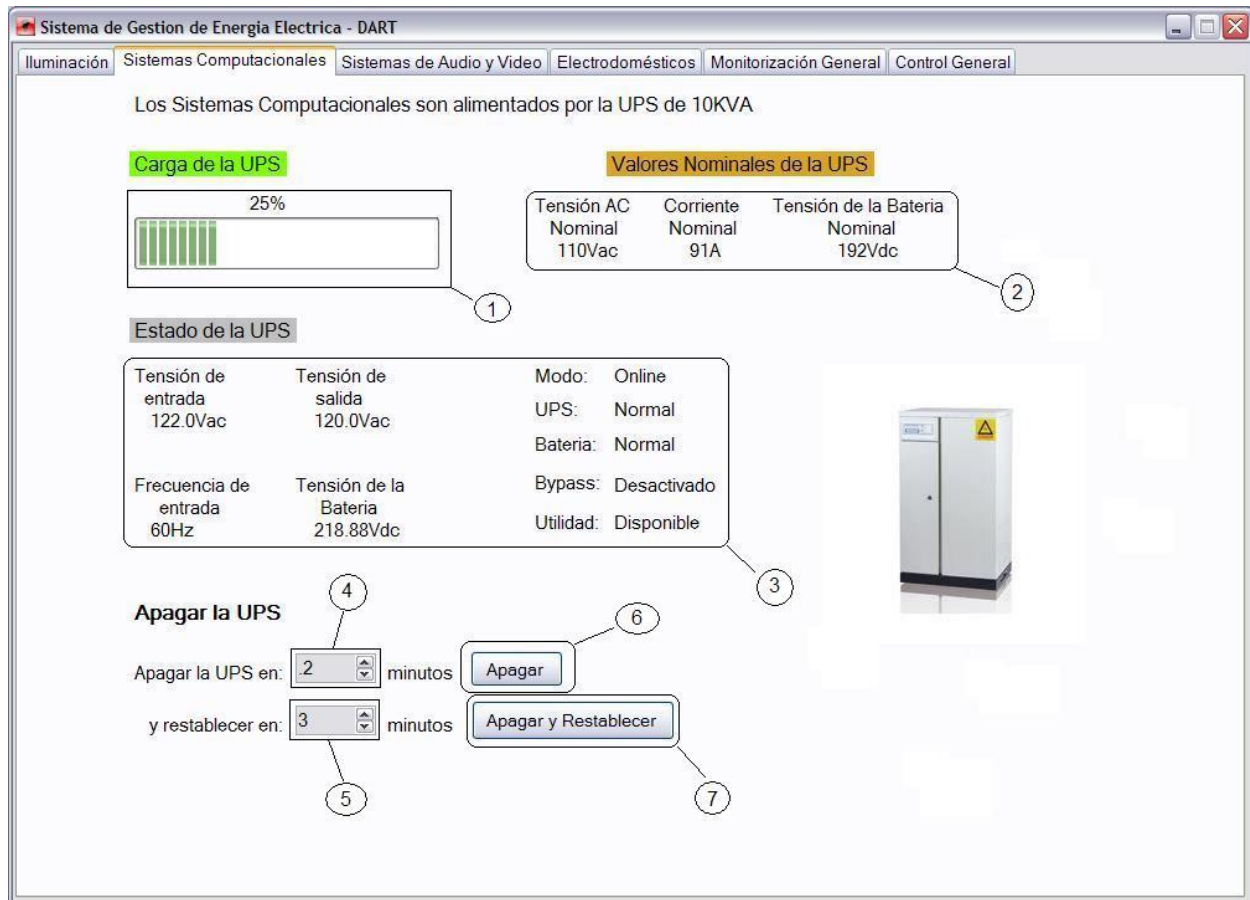


Figura A.2.2 Sección de la aplicación de escritorio para el control de la UPS de 10KVA.

1. Porcentaje de consumo de potencia de los sistemas computacionales (Carga de la UPS).
2. Tensión AC, Corriente y Tensión de la Batería nominales de la UPS.
3. Información sobre el estado del funcionamiento de la UPS.
4. Lista de selección de cantidad de minutos que se deben esperar para ejecutar el apagado de la UPS.
5. Lista de selección de cantidad de minutos que se deben esperar para restablecer la salida de la UPS (encendido).

6. Botón para enviar el comando de apagado de la UPS.
7. Botón para enviar el comando de apagado y restablecimiento de la UPS.

A.2.2.3 Sección Sistemas de Audio y Video

La figura A.2.3 muestra la sección para el control de los equipos de audio y video de la aplicación de escritorio, correspondiente a la ficha número 3.

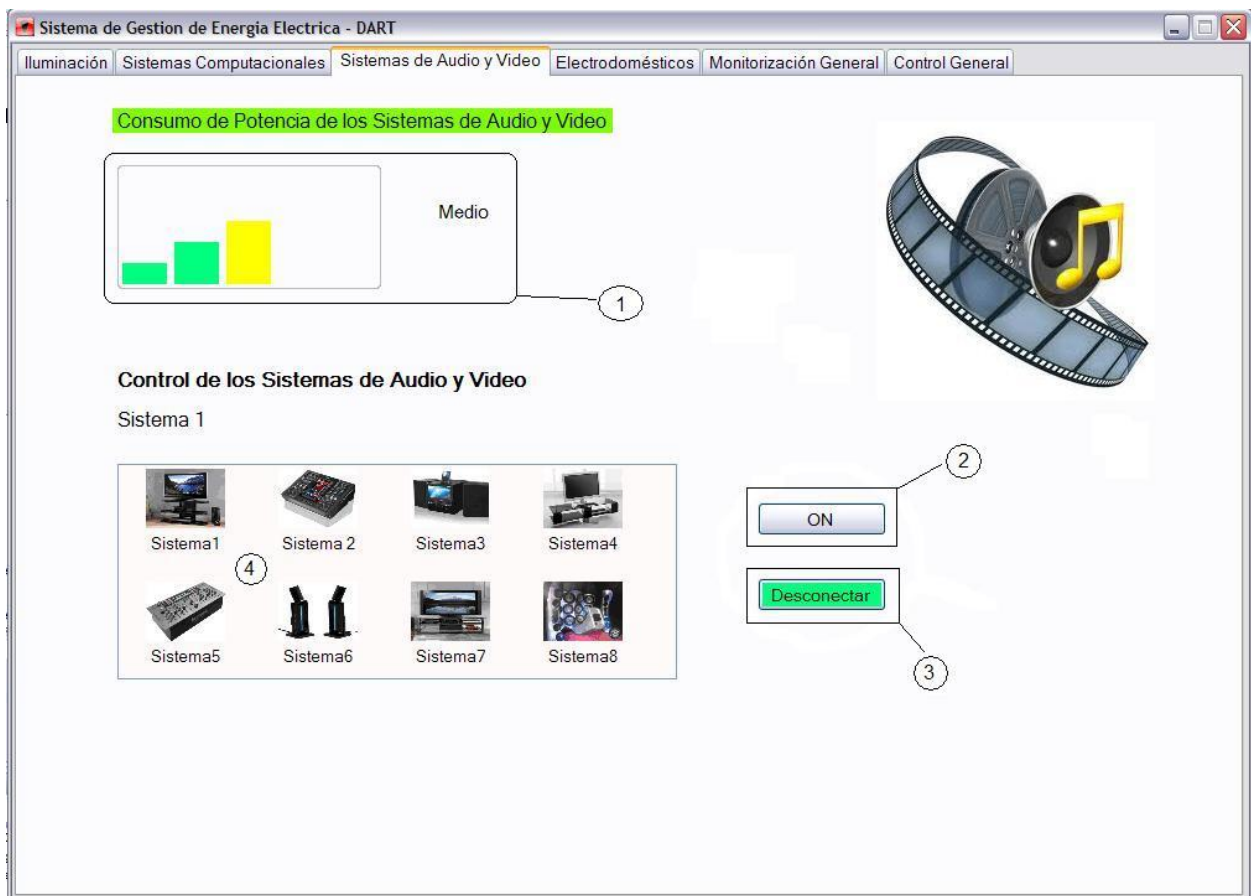


Figura A.2.3 Sección de la aplicación de escritorio para el control de los equipos de audio y video.

1. Consumo de potencia del conjunto de todos los sistemas de audio y video.
2. Botón para el apagado y encendido de equipos de audio y video. Botón blanco significa que el sistema se encuentra actualmente apagado.

3. Botón para la conexión y desconexión del conjunto de todos los sistemas de audio y video. Botón verde significa que los equipos se encuentran actualmente conectados.
4. Lista de selección de sistemas de audio y video que se desean apagar o encender.

A.2.2.4 Sección Electrodomésticos

La ficha número 4 de la aplicación principal del sistema gestor de energía eléctrica corresponde a la utilizada para la monitorización y el control remoto de los electrodomésticos. En la figura A.2.4 se muestra esta sección.

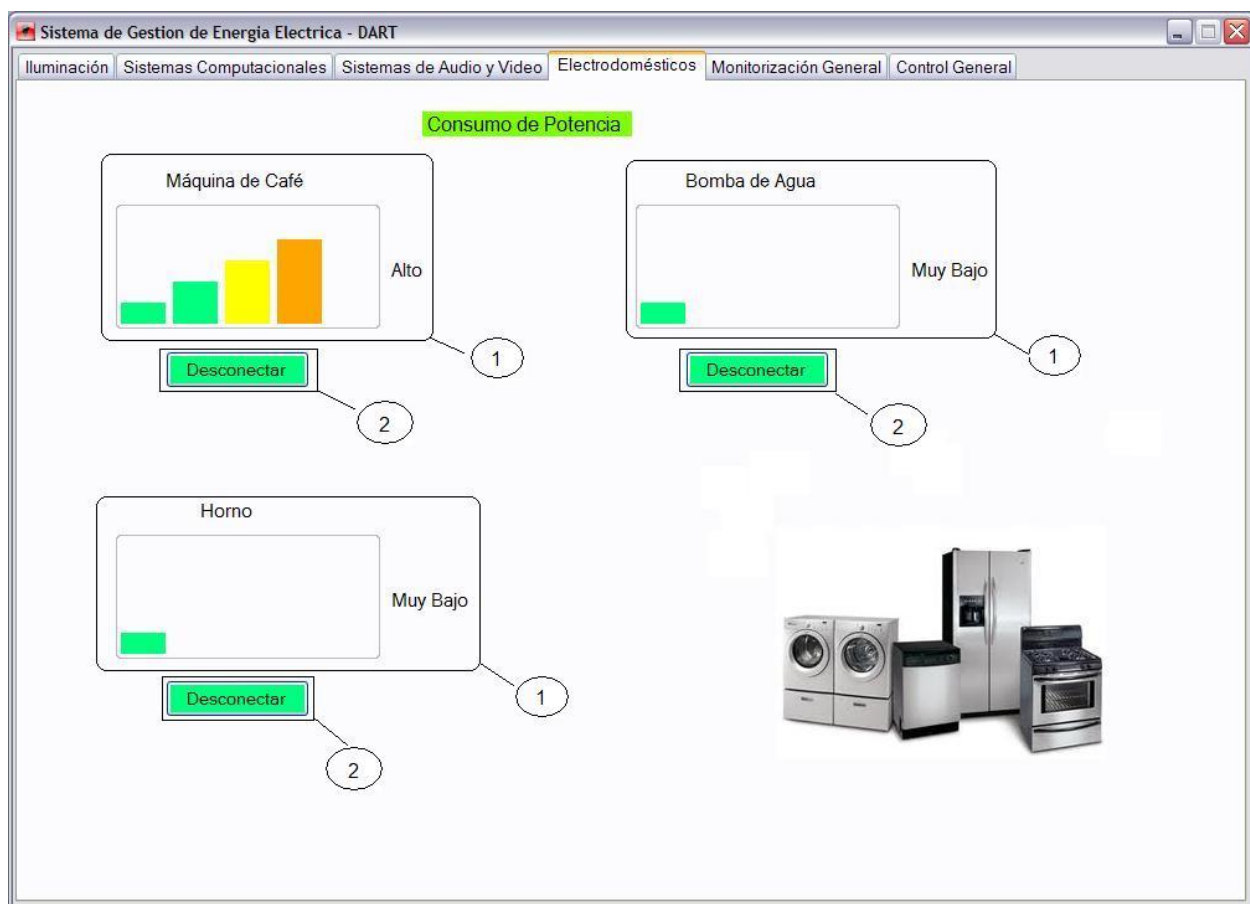


Figura A.2.4 Sección de la aplicación de escritorio para el control de los electrodomésticos.

1. Consumo de potencia de la máquina de café, la bomba de agua y el horno.
2. Botones para el control de la conexión y desconexión de la máquina de café, la bomba de agua y el horno. Botón verde significa que el electrodoméstico se encuentra conectado a la red eléctrica.

A.2.2.5 Sección Monitorización General

En la sección de Monitorización general, correspondiente a la ficha número 5 de la aplicación de escritorio, se presenta el consumo de potencia de los equipos de audio y video, los electrodomésticos y los sistemas computacionales, exactamente de la misma forma que en las secciones correspondientes a cada uno de estos tipos de cargas, descrita en los apartados anteriores.

A.2.2.6 Sección Control General

En esta sección, mostrada en la figura A.2.5, el usuario dispone de las funciones de control automático de cargas, por medio de la configuración y guardado de horarios para la programación de eventos como el apagado, encendido, conexión y desconexión de cargas eléctricas.

1. Lista de selección para especificar el tipo de cargas que se desea controlar.
2. Lista de todas las cargas disponibles para el tipo de cargas seleccionado. Cada carga posee una caja de verificación, utilizada para seleccionar cuales cargas se desean incluir en los eventos.
3. Lista de selección de horarios. Determina en cual horario se desea guardar la programación de eventos.
4. Cuatro tipos distintos de eventos, con una caja de verificación para activarlos.
5. Listas de selección de horas, minutos y sección del día (mañana y tarde), para configurar la hora en que se debe ejecutar el evento activado.

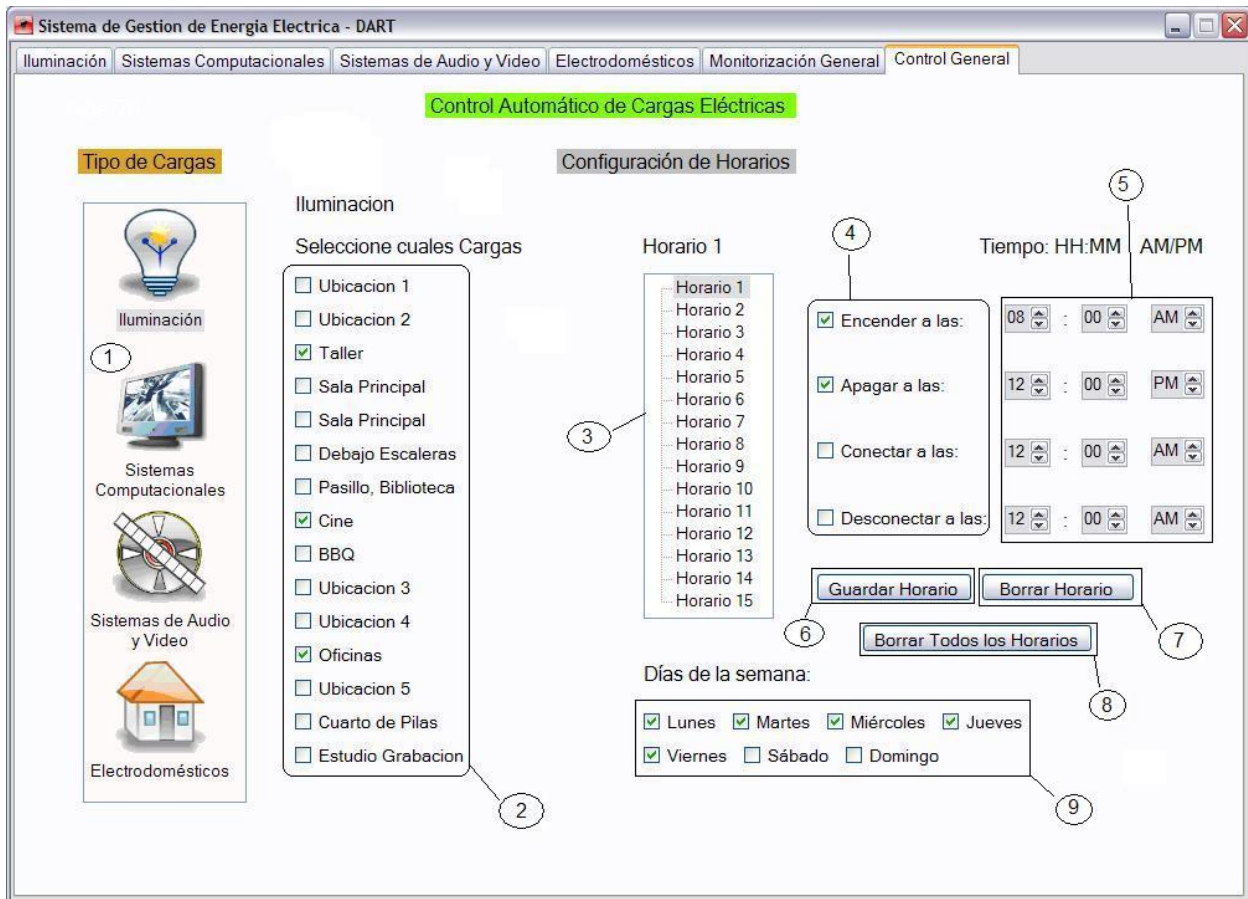


Figura A.2.5 Sección de la aplicación de escritorio para el control automático de cargas.

6. Botón para guardar el horario seleccionado, en un archivo de texto con toda la información sobre los eventos.
7. Botón para borrar el horario seleccionado, es decir, limpiar el archivo de texto.
8. Botón para borrar todos los horarios guardados, es decir, limpiar todos los archivos de texto.
9. Días de la semana con cajas de verificación para seleccionar en cuáles de estos días se desean ejecutar los eventos.

A.2.3 Aplicaciones web ASP.NET™

Los archivos necesarios para la instalación y funcionamiento de las aplicaciones web ASP.NET™, archivos de configuración (*.config), de código fuente (*.cs) y las páginas web dinámicas (*.aspx), se encuentran contenidos en cada una de las carpetas llamadas con el mismo nombre de la aplicación o sitio web al que corresponden. De tal forma que se deben colocar en la misma ubicación que la carpeta llamada “PuertoSerial” la cual contiene el servicio web XML, es decir en la carpeta wwwroot del servidor web IIS.

Una vez que las carpetas Iluminacion, Sistemas_Computacionales, Sistemas_Audio_Video, Electrodomesticos y Monitorizacion_General, en las cuales se encuentran las aplicaciones web para el control de la iluminación, los sistemas computacionales, los equipos de audio y video, y los electrodomésticos, respectivamente, se encuentran en la carpeta wwwroot se procede a instalar cada uno de estos sitios web, mediante el IIS Manager, en el servidor web de Windows™. Después de lo anterior las páginas web están disponibles para los equipos, móviles o de escritorio, conectados la misma red de área local del servidor.

Cada página web es accedida por medio de la siguiente dirección URL, desde cualquier explorador web en equipos conectados a la red de área local:

URL: http://<Dirección IP del servidor>/<Nombre del Sitio Web>/Default.aspx

Por ejemplo, suponiendo que la dirección IP del servidor en el cual se encuentran instaladas las aplicaciones web, el servicio web XML y la aplicación de escritorio, es 172.16.0.62. Entonces, si se desea utilizar la página web para el control de la iluminación, se debe escribir la siguiente dirección URL en el explorador web:

URL: http://172.16.0.62/Iluminacion/Default.aspx

Cada aplicación web ejecuta las mismas funciones, y se utiliza de la misma forma, que la sección de la aplicación de escritorio a la cual corresponde, es decir, a la sección con el mismo nombre que la página web dinámica.

Anexos

B.1 Diagrama del 5000LC

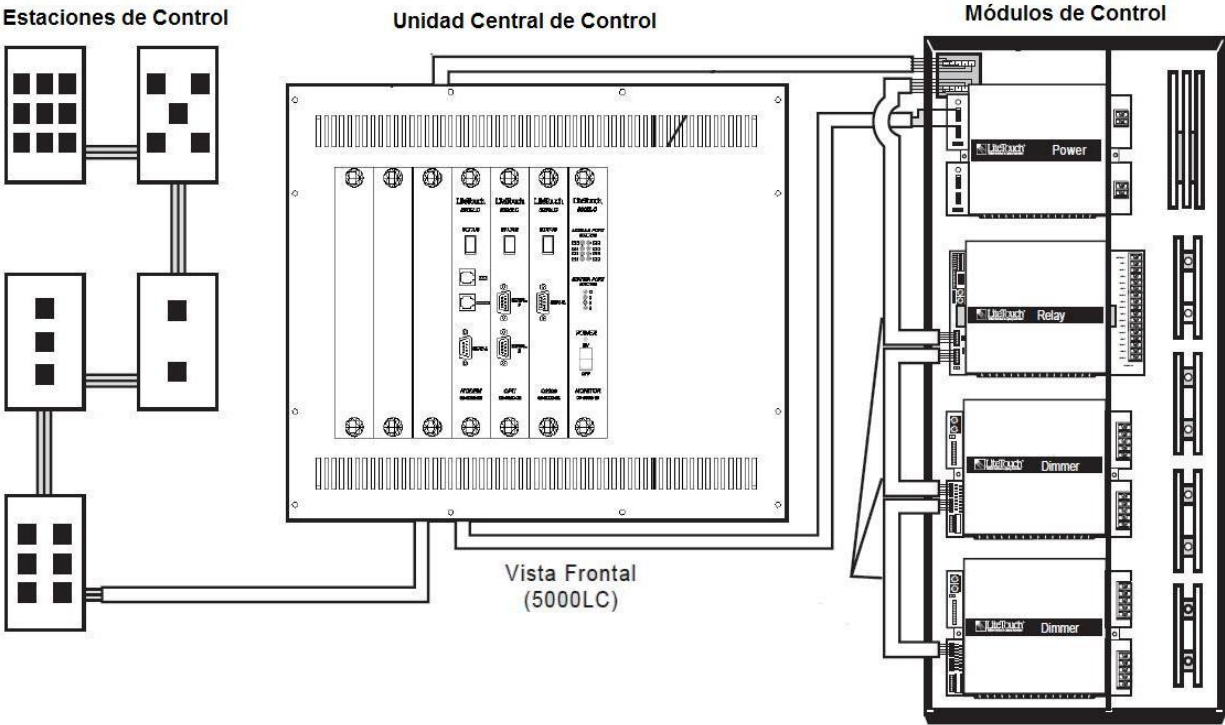


Figura B.1.1 Diagrama de conexión del LiteTouch® CCU 5000LC.

B.2 Diagrama del STARGATE

STARGATE Panel

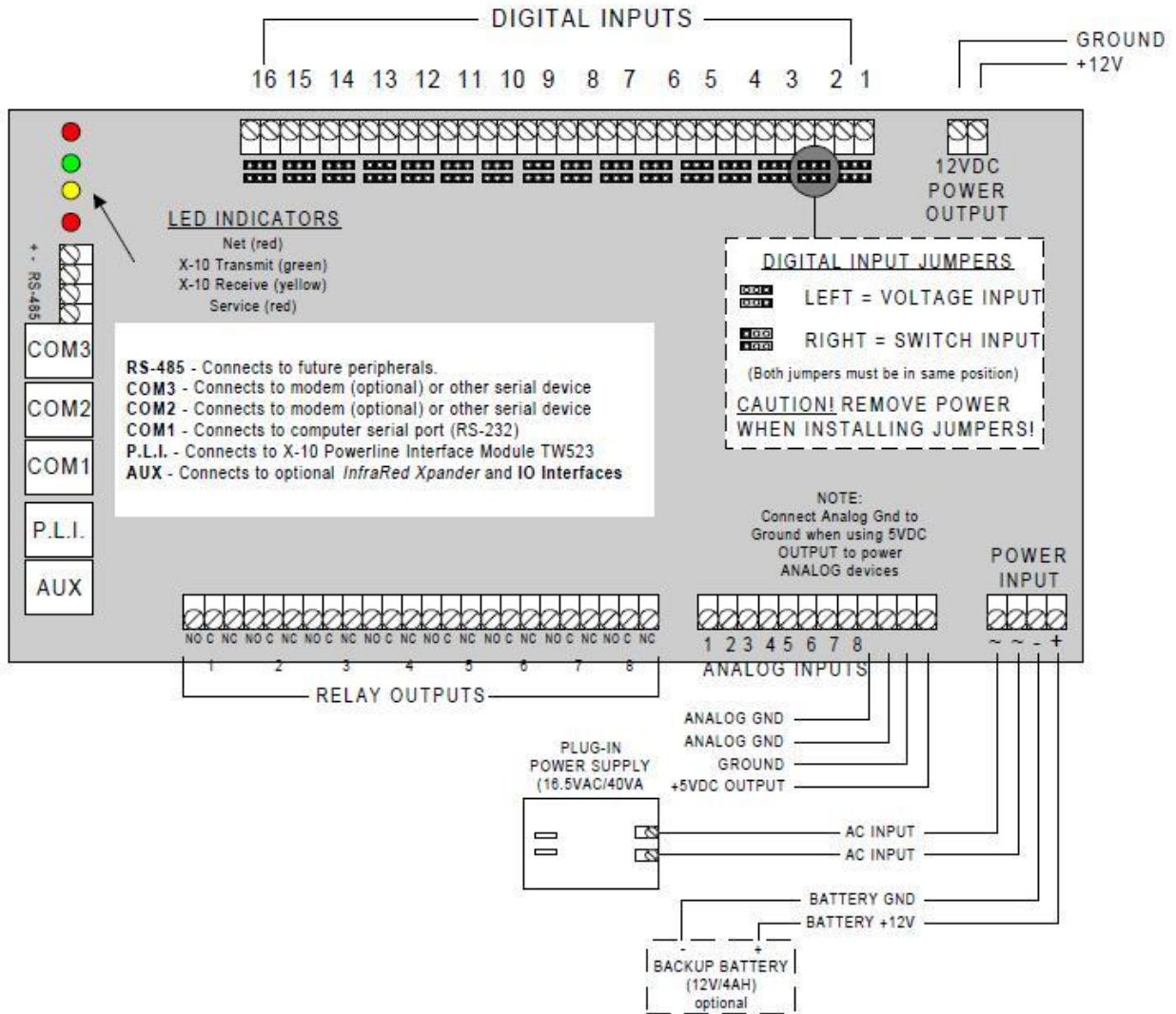


Figura B.2.1 Diagrama del panel principal del STARGATE.