

Control de sistemas de energía en centros de telecomunicaciones con autómatas programables

Por Ing. Rolando Chávez García, Especialista C Telemática, Dirección Territorial Pinar del Río, e Ing. Rafael Millán Yero, Especialista C Telemática, Dirección Territorial Granma, ETECSA
rolando.chavez@etecsa.cu, rafael.millan@etecsa.cu

Introducción

Hasta hace poco tiempo, el control de procesos industriales se hacía de forma cableada por medio de contactores y relés. Esto implicaba altos niveles de especialización del personal que operaba las instalaciones y mayor desembolso económico.

En la actualidad, no puede entenderse un proceso complejo de alto nivel de automatización industrial desarrollado por técnicas cableadas. El ordenador y los autómatas programables han intervenido para que este tipo de instalación se sustituya por otras de forma programada [1].

Controlador Lógico Programable

El Controlador Lógico Programable (CLP) —del inglés, *Programmable Logic Controller* (PLC)— es un dispositivo electrónico muy usado en la automatización industrial. Es una caja negra programable que presenta entradas, asociadas a los captadores y salidas, asociadas a los actuadores. Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación. Esta secuencia de acciones se ejercerá sobre las salidas del autómata a partir del estado de sus señales de entrada. Un autómata programable industrial, representa a la unidad de control dentro de un sistema de control. Estos dispositivos están diseñados para trabajar en tiempo real y en procesos industriales secuenciales [2], [3]. En la figura 1 se muestra un diagrama en bloques de un PLC.



Figura 1 Diagrama en bloques del autómata programable [2]

Campos de aplicación

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía este campo para satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades.

Sus reducidas dimensiones, la extrema facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, su modificación o alteración, hace que su eficacia se aprecie, fundamentalmente, en procesos en que se producen necesidades como:

- ♦ Espacio reducido.
- ♦ Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- ♦ Procesos secuenciales.
- ♦ Maquinaria de procesos variables.
- ♦ Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- ♦ Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso [4].

Funciones básicas de un PLC

- ♦ Detección: lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación u operación.
- ♦ Mando: elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores y preaccionadores.
- ♦ Diálogo hombre maquina: mantener un diálogo con los operarios de producción, obedeciendo sus consignas e informando del estado del proceso.
- ♦ Programación: para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómata. El diálogo de programación debe permitir modificar el programa, incluso, con el autómata controlando la máquina [5].

Nuevas funciones

- ♦ Redes de comunicación: permiten establecer comunicación con otras partes de control. Las redes industriales facilitan la comunicación y el intercambio de datos entre autómatas a tiempo real. En unos cuantos milisegundos pueden enviarse telegramas e intercambiar tablas de memoria compartida.

- ◆ **Sistemas de supervisión:** también los autómatas permiten comunicarse con ordenadores provistos de programas de supervisión industrial. Esta comunicación se realiza por una red industrial o por medio de una simple conexión por el puerto serie del ordenador.

- ◆ **Control de procesos continuos:** además de dedicarse al control de sistemas de eventos discretos los autómatas llevan incorporadas funciones que permiten el control de procesos continuos. Disponen de módulos de entrada y salida analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores PID que están programados en el autómata.

- ◆ **Entradas-Salidas distribuidas:** los módulos de entrada salida no tienen por qué estar en el armario del autómata. Pueden estar distribuidos por la instalación, se comunican con la unidad central del autómata mediante un cable de red.

- ◆ **Buses de campo:** mediante un solo cable de comunicación se pueden conectar al bus captadores y accionadores, reemplazando al cableado tradicional. El autómata consulta cíclicamente el estado de los captadores y actualiza el estado de los accionadores.

Lenguajes de programación de un PLC

Existen varios lenguajes de programación, tradicionalmente los más utilizados son el diagrama de escalera LADDER —preferido por los electricistas—, lista de instrucciones y programación por estados. Aunque se han incorporado lenguajes más intuitivos que permiten implementar algoritmos complejos mediante simples diagramas de flujos, más fáciles de interpretar y mantener, que emplean compuestos lógicos y bloques con distintas funciones conectados entre sí [6], [7].

En la siguiente figura se indica el papel que tienen como medio de entendimiento entre el usuario y el sistema de automatización.

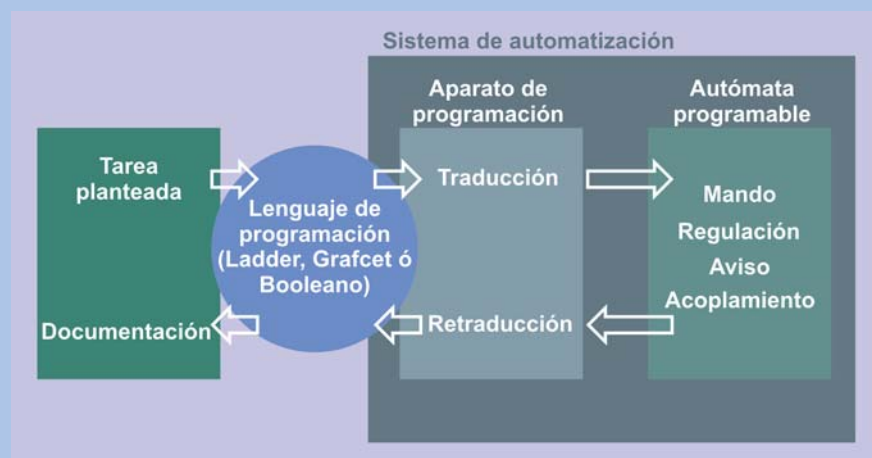


Figura 2 El lenguaje de programación como medio de entendimiento entre el usuario y el sistema de automatización [6]

PLC en los centros de telecomunicaciones de ETECSA

En casi todos los centros de telecomunicaciones de ETECSA se encuentran instalados controladores lógicos programables C200HX de la marca Omron con el único objetivo de supervisar alarmas remotas de los diferentes equipos de transmisión, conmutación, planta externa y sistemas de energía.

Estos controladores están prácticamente subutilizados en casi su totalidad. Si se tiene en cuenta que muchos de ellos se encuentran sin funcionar y los que lo hacen, solamente tienen instaladas dos unidades de entrada digitales del tipo ID212 (16 puntos) y ID216 (32 puntos) a las que se conectan los

sensores de las alarmas que se desean remotizar. También cuentan con una unidad de suministro de energía PD024 y un *back plane* de 10 ranuras (BI101)

Tomando en consideración que estos controladores disponen de una CPU 64 y un máximo de 1184 puntos de entrada / salida (E/S) que le proporcionan considerables posibilidades en lo que a prestaciones se refiere, se puede suponer que es factible utilizarlos en varios procesos que se desarrollan en los centros de telecomunicaciones, entre los que se destacan:

- ◆ Controlar la lógica de funcionamiento temporizado y rotativo de los equipos de climatización.

- ◆ Supervisar y controlar el funcionamiento de los grupos electrógenos de emergencia.

- ◆ Controlar las fallas en los equipos de presurización de cables.

- ◆ Monitoreo constante de locales administrativos con sensores de presencia para hacer un uso eficiente de la iluminación y equipos de climatización.

- ◆ Supervisar la apertura de puertas de acceso a locales tecnológicos climatizados, con acción directa sobre el funcionamiento de los equipos de acondicionamiento de aire.

- ◆ Continuar supervisando las alarmas originadas por averías u otros eventos de interés de los equipos que actualmente se están gestionando a través del PLC.

El objetivo de este trabajo es elaborar un programa para el autómata C200HX Omron con el propósito de lograr que los diferentes procesos desarrollados, en el equipamiento de energética, sean más funcionales y operativos; además de propiciar el ahorro de energía eléctrica y lograr modernizar algunos paneles de control y supervisión ubicados en técnicas obsoletas mediante el uso de este PLC. Con ello se lograría:

- ◆ Unificar o concentrar en un controlador único la supervisión remota de las alarmas de todo el equipamiento de telecomunicaciones y de energética, además de lograrse todos los procesos descritos anteriormente.

- ♦ Reducir considerablemente los gastos por concepto de mantenimiento correctivo, debido a la no adquisición en el extranjero de los controladores frágiles, propios de algunos equipos de energética.
- ♦ Reducir los tiempos de averías debido a que se logra una independencia total de la asistencia técnica de los suministradores, para configurar estos dispositivos propios antes fallas en el software y averías en el hardware.
- ♦ Propiciar la posibilidad de ahorro de energía eléctrica mediante el control automático en el uso de los sistemas de iluminación y otros procesos que se desarrollan en locales tecnológicos y de oficinas.
- ♦ Permitir modernizar los paneles de control y supervisión en sistemas y técnicas obsoletas.

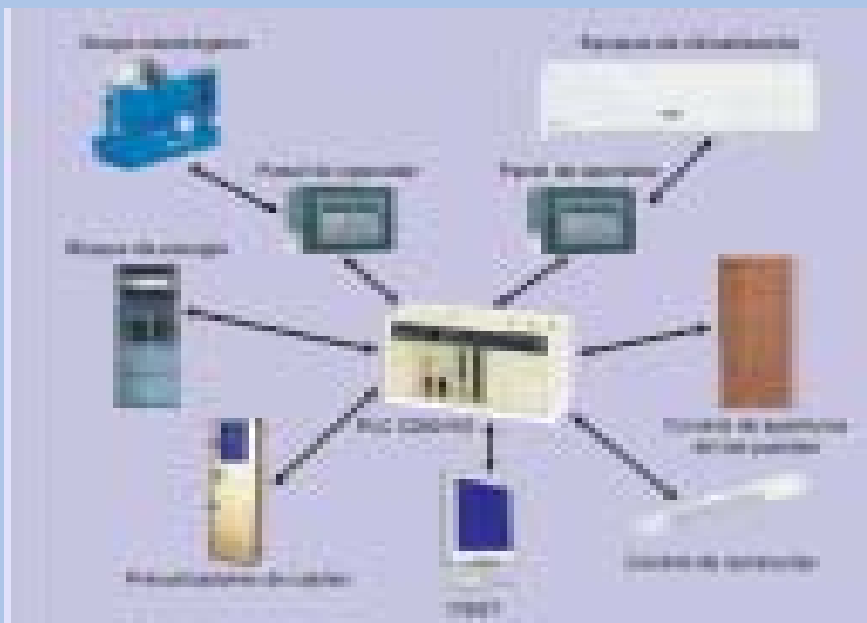


Figura 3 Propósitos del empleo de controladores. Fuente: elaboración propia

Descripción de los procesos

Grupos Electrógenos: se sustituirá el sistema de supervisión y control Up1-G o Up1-LCD de los equipos de la marca GREYMO, donde el controlador C200HX realizará toda la lógica de operación —control y supervisión—. Aquí también se incluyen todas aquellas plantas emergentes de otras marcas y de líneas de fabricación obsoletas.

Este controlador debe garantizar la protección de los grupos y el envío de alarmas remotas al ordenador personal del Centro de Supervisión y Gestión Territorial (CSGT).

Algunas de las funciones que debe ejecutar sobre estos equipos son:

- ♦ Bloqueo del arranque a voluntad del operario.
- ♦ Proporcionar señalización remota del equipo en funcionamiento.
- ♦ Proporcionar señalización de parada de emergencia.
- ♦ Conectar el precalentamiento del motor cuando se opera a bajas temperaturas.
- ♦ Permitir al operario la selección de régimen —manual – automático—.
- ♦ Conectar sirena de alarma ante averías.
- ♦ Conectar y desconectar los contactores magnéticos de la red y el grupo.
- ♦ Señalizar falla de arranque.
- ♦ Permitir la elección del número de intentos de arranque.
- ♦ Permitir la elección del tiempo entre intentos de arranque.
- ♦ Permitir la prueba del grupo con y sin carga.

- ♦ Alimentar con CA el horómetro que mide el tiempo de funcionamiento.

Sistemas de climatización: el PLC Omron sustituirá el Mini-autómata Zelio-logic ubicado en el panel de supervisión y control de estos equipos. Al igual que en el punto anterior, este dispositivo garantizará todas las secuencias de funcionamiento de los acondicionadores de aire en sistemas de reserva 1+1, 2+1, 3+1, etc., y enviará señales remotas al CSGT cuando ocurran interrupciones. Algunas de las funciones que debe garantizar el controlador C200HX son:

- ♦ Recoger información de la temperatura del local entre límites prefijados para controlar el arranque y parada de los acondicionadores de reserva.

- ♦ Cuando existen equipos de reserva, garantizar la rotación del funcionamiento de todos, de manera que no exista sobreexplotación de unos y subutilización de otros.

- ♦ Garantizar un tiempo mínimo ajustable de 3 minutos antes de la reconexión de un acondicionador al restablecerse el fluido eléctrico después de una interrupción —protección del motocompresor—.

- ♦ Desconectar los acondicionadores de aire de locales no tecnológicos —se consideran todos los locales administrativos, fundamentalmente áreas de oficinas— en el horario establecido, según el plan de medidas para ahorro de energía eléctrica.

- ♦ Desconectar los acondicionadores en funcionamiento ante la ausencia del personal por más de 5 minutos en locales no tecnológicos mediante sensores de presencia.

- ♦ Garantizar el envío de alarmas remotas de alta temperatura del local o avería de alguno de los acondicionadores.



Figura 4 Lógica Up1-LCD [8]



Figura 5 Mini PLC Zelio-logic. Fuente: Documentación de Telemecanique

En la figura 4 y 5 aparecen los controladores propios de los grupos electrógenos y sistema de climatización los cuales se pretenden sustituir.

Sistemas de iluminación: para estos sistemas se logrará las siguientes funciones mediante el controlador:

- ♦ Mediante sensores de presencia se controlará la correcta utilización de la iluminación en los locales no tecnológicos que son ocupados fundamentalmente durante la jornada laboral, de forma tal que cuando se abandonen por más de 5 min se apague automáticamente el conjunto de lámparas instaladas.

- ♦ Que en el horario de (11:00-13:00 h) se apaguen las luminarias en los locales no tecnológicos y de las (18:00-22:00 h) se apaguen automáticamente en los locales tecnológicos —lugar donde está instalado el equipamiento tecnológico de telecomunicaciones—, todas aquellas luminarias seleccionadas, aprovechando la seccionalización de los circuitos.

Control de apertura de las puertas en locales tecnológicos climatizados: a través del PLC se controlará que el personal técnico que ejecuta mantenimiento no deje abiertas las puertas de los locales tecnológicos más allá del tiempo estipulado, de forma tal que no se incurra en gastos excesivos en el consumo de energía eléctrica por parte de los equipos de climatización que son los mayores consumidores en estas áreas —más del 50 % del total facturado—.

Con el objetivo de que esto no ocurra, en este trabajo, se tendrá en cuenta lo siguiente:

- ♦ Cuando se dejen abiertas las puertas de estos locales, por más de

30 s, se active una alarma sonora y se envíe una señal de “puerta abierta” al CSGT.

- ♦ Transcurridos 60 s después de la apertura de la puerta se apagarán los equipos de climatización, se silenciará la sirena y en el ordenador personal del CSGT se debe observar la señal de “parada de equipos de clima,” en el momento en que ocurrió, informando que el local no está siendo climatizado. Estos equipos deben activarse una vez cerradas las puertas.

Presurizadores de cables: se controlará ininterrumpidamente el funcionamiento de estos equipos para evitar la entrada de humedad y agua a las redes de cables ante roturas en las corazas de los mismos cuando ocurren averías en los sistemas de compresión de aire que proporcionan bajos niveles de presión en el interior de los cables respecto al medio exterior. Aquí el control estará encaminado a lo siguiente:

- Este equipamiento se controlará constantemente de forma tal que cuando haya una avería en el sistema active una alarma sonora por espacio de 2 min, y a la vez se envíe la señal al CSGT para que el taller proceda a la corrección de la falla.

La descripción de los procesos puede observarse en la figura 6.

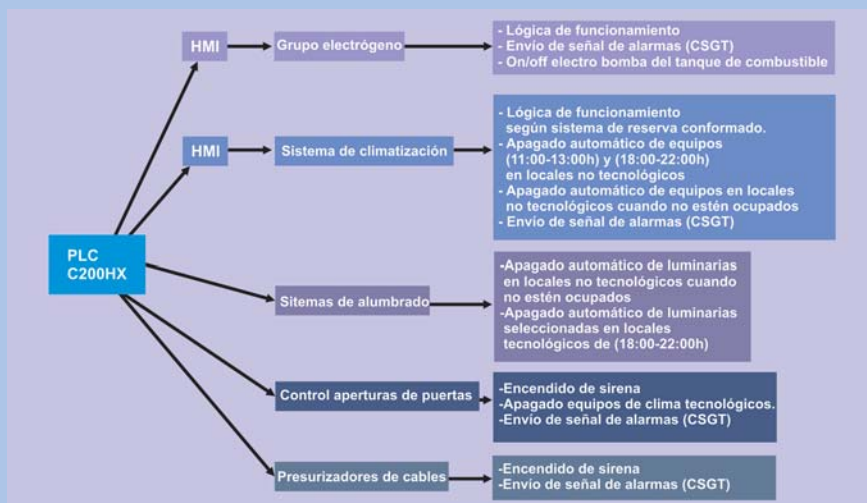


Figura 6 Diagrama en bloque que contempla la descripción de los procesos. Fuente: elaboración propia

Casos de estudio y valoración económica

Para realizar el análisis, se escogieron dos categorías de centros telefónicos de la Dirección Territorial Pinar del Río: un centro principal con instalaciones tecnológicas y bloques de oficinas administrativas, y un centro no atendido con el equipamiento tecnológico solamente.

En la implementación del programa relacionado con el control de los procesos que se desarrollan en las instalaciones de telecomunicaciones, los dispositivos que conformarían la estructura del PLC (hardware) modular sería la siguiente:

Centro principal			
Cantidad de entradas	Modelo dispositivo	Cantidad	Valor total, USD
85	ID 212 (16 puntos)	1	34,65
	ID 216 (32 puntos)	2	77,50
	ID 211(8 puntos)	1	25,35
Total	88 puntos	4	137,50
Cantidad de salidas	Modelo dispositivo	Cantidad	Valor total, USD
103	OC 226 (16 puntos)	7	246,40
Total	16 puntos	7	246,40

Centro no atendido			
Cantidad de entradas	Modelo dispositivo	Cantidad	Valor total, USD
38	ID 212 (16 puntos)	1	34,65
	ID 216 (32 puntos)	1	38,75
Total	48 puntos	2	73,40
Cantidad de salidas	Modelo dispositivo	Cantidad	Valor total, USD
53	OC 226 (16 puntos)	4	140,8
Total	16 puntos	4	140,80

Los ejemplos expuestos demostraron la diferencia de los gastos en que incurriría la Empresa para completar el hardware y solucionar el sistema propuesto. Este análisis se concretará, sobre todo, en el centro principal, por ser más abarcador, aunque se expondrán ejemplos en la otra categoría.

Por cada controlador, se garantizan 48 puntos de entrada digitales, concentrados en estos dos módulos, así como otros dispositivos libres de gastos. Para completar la estructura del PLC, deben añadirse 2 módulos de entrada: uno de 32 puntos y otro de 8 puntos, que importarían 64,10 USD. Al no constar con bloques de salida, se requiere añadir 7 módulos de salida digital con un valor de 246,40 USD.

La suma de estos dos tipos de dispositivos daría un valor total de 310,50 USD. Para un centro no atendido, los gastos se reducirían aproximadamente a un tercio respecto a los de un centro principal —140,80 USD por concepto de los cuatro módulos digitales de salida—, porque ya existen dos bloques digitales de entrada. También es necesario comprar un panel operador o *Human Machine Interface* (HMI) para comandar al grupo electrógeno con un valor aproximado de 173,00 USD. Al sumar ambos conceptos, la Empresa incurriría en un gasto total de 483,50 USD para completar el hardware del autómata que controlará los procesos en un centro principal.

Algunas ventajas económicas

- ♦ El valor actual de una tarjeta Up1-LCD, para la supervisión y control de los grupos electrógenos, es de 1400 USD; y el del Mini-autómata Zelio-Logic para los sistemas de climatización, 350,55 USD. Para el mantenimiento correctivo en una Dirección Territorial, se necesita un total de 4 unidades/año de cada tarjeta, para un gasto total de 7002,20 USD/año. Si las averías en estas tarjetas se comportan similar en las 14 Direcciones Territoriales, entonces el gasto total se elevaría aproximadamente a 98030,80 USD/año.

- ♦ En un local tecnológico climatizado del centro telefónico principal de Pinar del Río, se observó el uso de la puerta de acceso. El local tenía instalado un sistema de reserva 2+1 de climatización con una capacidad de refrigeración de 2 toneladas en cada sistema. Se comprobó que la puerta permanecía 2 horas abierta como promedio mensual, debido a que el personal técnico que entraba a la instalación no la cerraba.

La entrada de calor sensible y latente al local por infiltración del aire exterior provocó un consumo de energía eléctrica de 12 Kwh/mes. En esta instalación, la capacidad de refrigeración es sólo de 2 TR. Si este análisis se extiende a un sistema 2+1 de 15 TR, el consumo de energía eléctrica se elevaría a 103,37 Kwh/mes.

En este territorio existen 84 instalaciones de telecomunicaciones. Si se considera que esta irregularidad, en la apertura de las puertas en locales climatizados, ocurre en el 85 % y las capacidades de los sistemas de reserva 2+1 de climatización promedio es de 2 TR, el valor facturado en un mes sería de 857,00 USD. Esta última cifra llevada a valores anuales y

considerando 0,12 USD/12 Kwh, se gastarían 1234,08 USD/año. Si este valor se prolonga a las 14 Direcciones que pueden estar incurriendo en estos gastos, la Empresa perdería 17277,12 USD/año en pago de facturas a la Unión Nacional Eléctrica (UNE).

En el año 2008, según un análisis estadístico, se comprobó la avería de 3 compresores de refrigeración por el prolongado tiempo de funcionamiento y por la carga térmica introducida en el local debido la permanencia de las puertas abiertas. Esto condujo a un gasto de 1300 USD, por concepto de mantenimiento correctivo y gasto de combustible para trasladarse al lugar de las averías. Si estas interrupciones ocurrieran en el resto de las Direcciones, los gastos se elevarían a 18200,00 USD por pagos de servicios técnicos a terceras entidades.

A causa de una avería en el año 2007, se afectó el servicio telefónico en el CT López Peña —centro no atendido— durante 7,8 horas. Una llamada de Larga Distancia Internacional (LDI) tiene un valor aproximadamente de 0,60 USD/min y el tiempo de duración de la conversación es de 7,72 min, lo que implica que cada llamada reporta 4,63 USD. En las horas de tráfico alto, las llamadas efectivas son de alrededor 65 llamadas/hora. Al contemplar las horas de interrupción, se obtendría un valor de 2347,41 USD sin ingresar. Las llamadas nacionales tienen un valor de 0,18 pesos con un tiempo de duración de 3,56 min; cada llamada reporta 0,65 pesos. Para el centro referido, las llamadas efectivas (entradas-salidas) son de 114 llamadas/hora, que contemplan las horas de afectación con un valor de 578,0 pesos sin ingresar. Debido a esta interrupción, también se afectó una tarjeta (AGM460/461) de conmutación, adquirida por la Empresa con un valor de 2300,00 USD.

El resumen de las pérdidas económicas relacionadas con esta interrupción reportó un valor total de 5080,74 USD y 578,0 pesos en pérdidas y gastos

para la Empresa. No obstante, con el uso del PLC, se hubieran evitado. De ocurrir en un centro principal, las pérdidas serían mayores.

- ♦ La supervisión de las alarmas externas del equipamiento tecnológico en un centro telefónico, a través del PLC, es muy importante para el trabajo de la operación, porque reduciría el tiempo de afectación del servicio en las telecomunicaciones y no se verían afectados los ingresos de la institución. Pueden deducirse, así, las pérdidas económicas que se producirían al ocurrir averías en un presurizador de cables —al servicio de una red de cables (corazas) con miles de abonados y sin supervisión— o en otros equipamiento de energética —bloques de energía, grupos electrógenos, sistemas de climatización, etc.—.

- ♦ El uso del PLC reporta ventajas para la Empresa en la reducción de gastos por varias causas. Por ejemplo: apagado programado de los equipos de climatización en los locales de oficinas en el horario de las 11:00-14:00 h; y uso eficiente de estos equipos y las luminarias en las oficinas mediante sensores de presencia.

En el centro referido existen 37 equipos de climatización —aires de ventanas y sistemas mini-split de diferentes capacidades de refrigeración con un total de 58 TR—, ubicados en áreas de oficinas. Su consumo total es de 377 A, monofásicos, 220 V. Según los términos de energía, para el horario programado, representa un consumo de 242 Kwh/día y 7260 Kwh/mes. Al tomar 0,12 USD/Kwh, entonces al mes se dejarían de pagar 871,00 USD (10452 USD/año) por el apagado de los equipos de climatización, en el horario establecido, para un centro principal solamente. Al suponer que los edificios princi-

pales de las 14 Direcciones Territoriales tuvieran un consumo similar, la Empresa se ahorraría 12194,00 USD/mes sólo por este concepto.

El segundo ejemplo, aunque no es real, permite hacer un análisis bastante cercano a la realidad y apreciar las ventajas que reportaría. En las oficinas del edificio existen 120 luminarias con capacidades de 20 y 40 W, con una y dos lámparas. Para el estudio, se propone una oficina con dos luminarias de un solo tubo de 40 W y un mini-split de 1,5 TR. Ambas luminarias reportarían una potencia activa de 0,0851 Kw y el equipo de clima 2,134 Kw. También se supone que el local es abandonado durante el día en cinco ocasiones por espacio de 15 min y las luminarias permanecen encendidas; y el equipo de climatización, activado. Esto reportaría un consumo de 0,55 Kwh/día para esa oficina solamente. Si se considera que, en las 34 oficinas, ocurriera algo similar, se facturaría al mes 561 USD (6732 USD/año). De ahí, la importancia del uso de sensores de presencia —vinculados directamente con el PLC— en cada local para el apagado automático de las luminarias y equipos de climatización, sobre todo, cuando las personas abandonan las oficinas —después de un tiempo prefijado en el programa del autómatas— y olvidan desconectarlos.

Conclusiones

La elaboración del programa y su hardware correspondiente, para el autómatas C200HX Omron, permite unificar, en este dispositivo, los siguientes aspectos:

- ♦ La supervisión remota de las alarmas del equipamiento de energética y otras técnicas de comunicaciones.

- ♦ El control automatizado y centralizado —a través de los dispositivos del PLC, en sustitución de los con-

troladores individuales— de los procesos que se desarrollan en varias técnicas de energéticas, así como otros eventos en las instalaciones de telecomunicaciones.

- ♦ La modernización, funcionalidad y operatividad (flexibilidad) de los procesos llevados a cabo en estas instalaciones.

- ♦ La posibilidad de ahorrar energía eléctrica mediante el control eficiente del uso de la iluminación, equipos de climatización y aperturas de puertas en locales acondicionados.

- ♦ Los casos de estudios —reales y potenciales— presentados, su incidencia y su valoración económica, apuntan la repercusión, para ETECSA, de la puesta en práctica de este trabajo en los centros de telecomunicaciones. ▀

Referencias bibliográficas

- [1] "Controlador Lógico Programable". Disponible en: http://www.unicron.com/art_historia_PLC.asp. (Consulta: 18/09/2007).
- [2] Martín Castillo, Juan Carlos et al. "Técnicas de automatización III" (Extracto documentación curso). Madrid: Ediciones REEA, 2001.
- [3] "Controlador Lógico Programable". Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_Logico_Programable. (Consulta: 05/06/2007).
- [4] "Controlador Lógico Programable". Disponible en: <http://html.rincondelvago.com/pcl.html>. (Consulta: 05/11/2007).
- [5] Miranda Vásquez, José F. "Aplicación de los algoritmos PID a un Controlador Lógico Programable". Proyecto Eléctrico I, Universidad de Costa Rica, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Eléctrica, 2004.
- [6] "Elementos de Programación". Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/lenguaje_LADDER. (Consulta: 08/10/2007).
- [7] "C200HX/C200HG/C200HE Programmable Controller". Manual de Operación Omron Corp., junio, 1996.
- [8] "Características generales de la lógica uPI-LCD". Tecnocontrolli, s.r.l., 2006.