

Maria Teresa de Torres  
Antonio García  
Alvaro Torres  
Mauricio Duque  
Constanza García

## Resumen

# La medición remota de energía eléctrica: un campo de oportunidades para la industria Colombia

- Maria Teresa de Torres. Ingeniero Eléctrico, Master of Engineering. Maestría en Dirección Universitaria. Profesora Departamento Ingeniería Eléctrica
- Antonio García Rozo. Ingeniero Electrónico. Profesor del Departamento de Ingeniería Eléctrica.
- Alvaro Torres M. Ingeniero Electricista Ph.D., M.Sc.
- Mauricio Duque. Ingeniero Eléctrico, MIE, DEA, D.T.C.. Profesor Departamento Ingeniería Eléctrica.
- Constanza García. Ingeniero Industrial D.E.S.S. en informática

Los beneficios que puede generar el proceso de apertura al que se ha enfrentado el país en los últimos años estén fuertemente condicionado por la capacidad de respuesta de la Industria Colombiana a un reto de tal magnitud y al estado de la infraestructura del país representada en sus vías de transporte, en su infraestructura de comunicación y en la confiabilidad y costo de sus fuentes de energía.

Este artículo examina dentro de este contexto un proyecto el cual podría ayudar a aportar soluciones a una pequeña parte de este problema: La automatización de los sistemas de distribución de energía eléctrica en Colombia.

La solución planteada tiene dos componentes: La primera consiste en acercar las metodologías necesarias para ayudarle al sistema colombiano a dar algunos pasos en esta dirección, permitiendo aumentar la calidad del suministro de la energía eléctrica y en consecuencia reforzando la infraestructura energética. La segunda, brindándole a la industria colombiana la posibilidad de involucrarse en este negocio, produciendo algunos de los elementos que serán necesarios. La Universidad de los Andes desde hace unos 5 años inició un proyecto de investigación encaminado a desarrollar metodologías y tecnologías para la

automatización de los sistemas de distribución de energía en Colombia.

Este artículo presenta brevemente algunos de los resultados de este proyecto el cual, con la ayuda de Colciencias, se encuentra actualmente en desarrollo.

## 1.0 Marco histórico

En el mundo, desde hace una década se viene trabajando intensivamente en la automatización de los sistemas de distribución de energía eléctrica.

En una definición breve y bastante simple puede decirse que automatizar un sistema de distribución consiste en introducir los elementos tecnológicos que permiten que dicho sistema realice de forma más o menos automática una serie de labores que antes se realizaban de forma manual o que no se realizaban. Como ejemplos de estas labores pueden mencionarse:

- Lectura de contadores
- Conexión y desconexión de circuitos
- Detección y aislamiento de fallas
- Manejo de carga

Las tecnologías utilizadas para lograr la automatización del sistema, son en general producto de la electrónica, ligadas

directamente con tecnologías de la información = **computadores + redes**. Es claro que con el tiempo, todos los sistemas de distribución se irán automatizando, para lo cual un mercado de dispositivos electrónicos se irá ampliando.

En el corazón de este mercado se encuentra un elemento, el cual deberá producirse en volúmenes gigantescos: el contador de energía electrónico, el cual deberá contar con funciones no disponibles en los contadores electromecánicos actuales.

Colombia no escapará a esta evolución hacia sistemas de distribución de energía eléctrica automatizados y se puede preveer que en un futuro no tan lejano estará necesitando de las tecnologías apropiadas para este proceso.

Algunas de las componentes necesarias son por sus características no-viables para su producción local y probablemente la solución más adecuada será el de importarlas.

Sin embargo, el contador domiciliario tiene características que lo hacen interesante para producción local:

- Es un elemento que tecnológicamente no resulta excesivamente complicado.
- Las herramientas de diseño y producción se encuentran disponibles.

- El mercado de contadores a nivel local es de por sí suficiente para justificar su producción.

- Algunas pequeñas Industrias colombianas producen en la actualidad elementos que no se encuentran lejos de un contador domiciliario electrónico.

- La industria que se generaría corresponde a lo que se denomina como industrias de base tecnológica, las cuales tienen un potencial multiplicador en la generación de empleo.

La Universidad después de evaluar la factibilidad de este tema a través de algunos proyectos de grado, presentó a Colciencias un proyecto para ser adelantado en varias etapas. El proyecto en su primera etapa se estructuró en dos fases:

- Desarrollo de metodologías
- Desarrollo de tecnologías

La primera fase terminó en 1994, mientras la segunda fase se encuentra actualmente en desarrollo, teniendo previsto un prototipo de contador electrónico para mediados de 1996.

El objetivo de la primera fase es múltiple: de una parte, se esperaba recopilar la información sobre el tema, así como ordenar de alguna forma metodologías de evaluación y dimensionamiento para este tipo de proyectos. De otra parte, se buscaba tener los elementos necesarios para proceder a diseñar un contador electrónico, que en sus funcionalidades encajara con las necesidades futuras de un tal proceso de automatización.

El objetivo de la segunda fase está enmarcado en la necesidad de llegar a un prototipo pre-industrial de contador domiciliario, el cual permita verificar la viabilidad del proyecto, a través de una evaluación de su desempeño desde un punto de vista técnico y a una evaluación de sus costos de producción.

A continuación se presentan brevemente algunos de los resultados alcanzados en estas dos fases.

## 2.0 Metodologías para la automatización de los sistemas de distribución de energía.

Cuando se examina el problema de la automatización, se llega rápidamente a un resultado que por obvio que parezca frecuentemente no es tenido en cuenta:

La automatización no es simplemente colocar los elementos tecnológicos que permitan que labores manuales se realicen automáticamente. En este enfoque, la automatización se aborda con una visión simple del problema: mejorar un poco el desempeño de los procesos que se han venido haciendo de forma más o menos manual. Los beneficios de tal automatización se enmarcan exclusivamente en hacer un poco más rápido el trabajo, con algo más de calidad y algo menos de recurso humano.

En este contexto, es difícil en muchos casos justificar un proceso de automatización, pues los beneficios parecen pequeños comparados con los costos de inversión. Esto explica por que la industria Colombiana encuentra frecuentemente dificultades para justificar planes de automatización, pues el recurso humano en nuestro país es de bajo costo, comparado con los altos costos de la tecnología. De otra parte, cuando se toma la decisión de automatizar, este proceso se aborda con elementos tecnológicos en vías de desactualización, buscando reducir sus costos, pues los criterios para la evaluación técnica son muy restringidos. Adicionalmente, este enfoque

lleva a conflictos operacionales, entre estructuras organizacionales verticales y estructuras horizontales en el manejo de la información.

Para comprender lo antes mencionado, baste mencionar que la introducción de tecnologías integradoras de información, corta la empresa horizontalmente. Si el esquema organizacional es vertical, como sucede tradicionalmente, existe una evidente incompatibilidad entre la tecnología y la estructura de la empresa. Esta incompatibilidad impide en el mejor de los casos un correcto aprovechamiento tecnológico y en el peor de los casos, resulta en la principal causa del fracaso de la automatización.

Una solución que se extrapola de la experiencia a nivel industrial en los procesos de automatización, consiste en estructurar una empresa por sus procesos. Esta idea debe extenderse a toda la empresa, incluidos sus procesos internos. Aplicando este enfoque, desaparecen muchas de las áreas funcionales que tradicionalmente se tenían en una empresa: contabilidad, sistemas, cobranzas, compras, entre otros.

La empresa se configura en torno a sus procesos, donde se definen claramente responsabilidades y responsables, insumos y productos. El trabajo no se divide en sus partes más simples como en el modelo de producción de masa: el trabajo se integra. Esta integración tiene dos implicaciones fundamentales:

- Recurso humano con formación integral: más capacitación y formación, mayor poder de decisión y de trabajo en grupo. En otras palabras, recurso humano en formación permanente
- Tecnología capaz de integrar la información: los sistemas de información, la telemática.

El primer punto, esto es la necesidad de recurso humano con formación integral, obliga a buscar

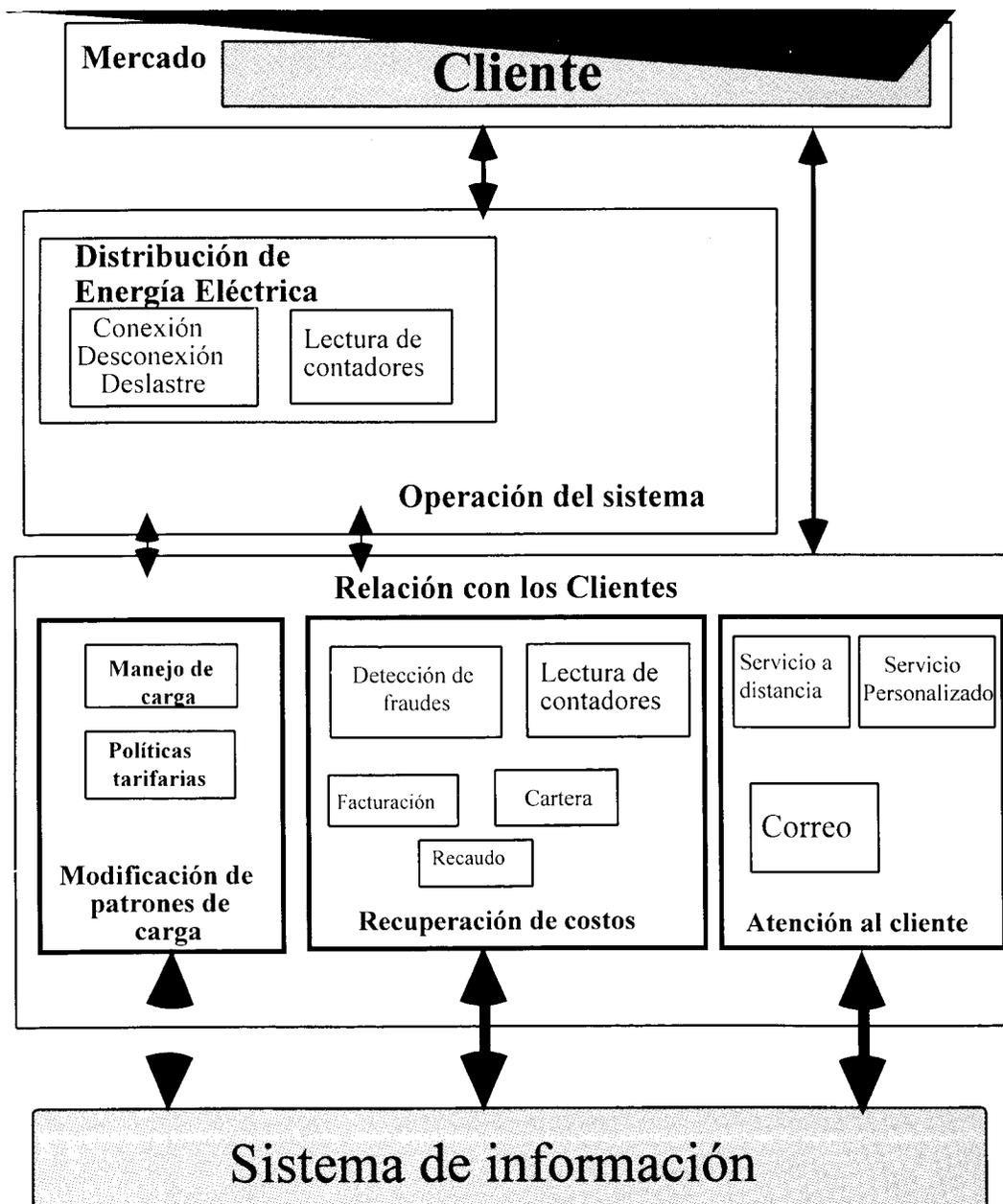
métodos de mejoramiento (círculos de calidad, entre otros), capacitación y formación permanente. Este requerimiento aparece al redefinir las tareas de forma integral. Los nuevos trabajos, definidos dentro del marco de la organización por procesos, son mas complejos, requieren de una mayor visión y sobre todo de mas criterio e información.

Este esquema de organización agiliza dramáticamente los

trabajos que antes se realizaban de forma secuencial, donde no era clara la responsabilidad en el producto o servicio final. En contrapartida, desmantela el viejo esquema de organización. Por ejemplo, probablemente no existirá mas un departamento de contabilidad como tal. Es necesario en consecuencia unir la información proveniente de los diferentes procesos que se adelantan en la empresa. En la vieja estructura por áreas

funcionales, quien se encargaba de tal labor era la burocracia con sus trámites entorpecedores. En la nueva estructura esta labor se deja a los sistemas de información, los cuales permiten recopilar e integrar la información del estado de la empresa.

El siguiente diagrama muestra una posible estructura de una empresa comercializadora de energía, donde el Cliente es el objetivo final. Este esquema tiene la ventaja de





que va en la misma dirección que la tecnología que se utiliza. Notese que ahora la base integradora de la empresa no es la burocracia sino la tecnología.

Pero el manejo de sistemas de información y tecnología de la información basados en elementos tecnológicos llevan a un segundo problema que debe ser adecuadamente abordado: la vida cœtil y la compatibilidad.

Ya estamos acostumbrados a la vida cœtil de pocos años de elementos como computadores y aplicaciones. Así mismo estamos acostumbrados a líneas tecnológicas que después de unos años desaparecen, dejando a los usuarios con tan solo un montón de chatarra.

La forma como este problema es abordado se ha denominado *Gestión de la tecnología*.

Cada tecnología es ante todo un campo de oportunidades, el cual ofrece un amplio espectro de selección. Sin embargo, no todas las oportunidades son adecuadas. Si bien se pueden dar algunas guías y utilizar la experiencias ajenas en la selección de tecnología, no existe garantía de seleccionar la tecnología correcta.

Este proceso no es una secuencia, en la cual la organización se adapta a la tecnología que evoluciona, sino mas bien una relación interactiva en la cual las nuevas tecnologías también se adaptan a la forma como las organizaciones las utilizan.

No siempre la tecnología sigue el camino mas adecuado desde un punto de vista técnico. El mercado y las coyunturas del momento van moldeando este camino. Esto explica por qué ciertas tendencias tecnológicas aparecen, a pesar de todos los puntos en contra que se tengan desde el punto de vista técnico.

La gestión de la tecnología implica:

- 1) Comprender las razones que hicieron aparecer dicha tecnología.
- 2) Comprender que el desarrollo de la tecnología es continuo. La tecnología no aparece finalizada, nunca está "a punto".

Este segundo punto se remite a entender que es necesaria una renovación tecnológica permanente. Implica también que nunca se puede esperar a que la

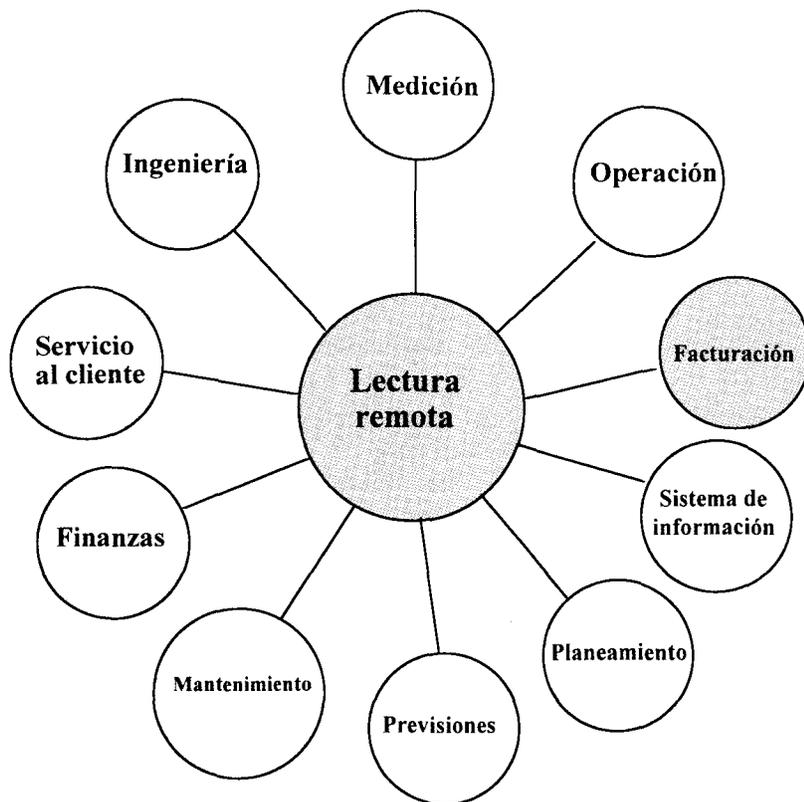
tecnología este a punto, pues probablemente cuando esto suceda ya será obsoleta.

### 3.0 Contador electrónico domiciliario

En el contexto antes mencionado, el contador electrónico domiciliario, que de ahora en adelante denominaremos **contador inteligente**, no puede ser introducido como una simple mejora tecnológica que reemplazará al contador electromecánico a menor precio, con mayor precisión y menor necesidad de mantenimiento.

De hecho es probable que su costo no sea inferior al del contador electromecánico y que su vida cœtil no sea mayor.

Sin embargo, a pesar de estas aparentes desventajas, su utilidad está basada en que encaja dentro de las necesidades del negocio, sirviendo como elemento integrador. Tratemos de ver esto en el siguiente diagrama. Una de las funcionalidades más importantes del contador inteligente, es la posibilidad de realizar la lectura en forma remota del consumo.

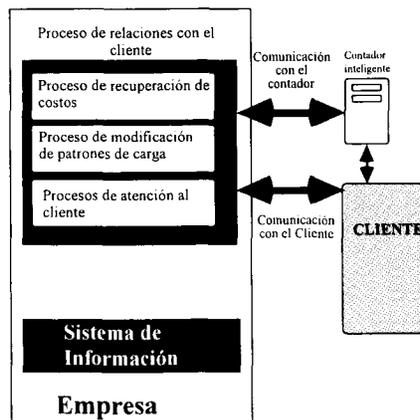


El diagrama anterior muestra brevemente el impacto de una tal acción. No simplemente nos hemos evitado la tediosa lectura manual, contador por contador. Esta acción impacta positivamente toda la empresa a diferentes niveles. Es el elemento tecnológico fundamental en la relación con el Cliente.

En el contexto de la Automatización de Sistemas de Distribución, en la actualidad se puede pensar en cuatro componentes tecnológicas:

- Sistema de comunicación con los Clientes
- Sistema de comunicación con los contadores de energía
- Sistema de contador de energía "inteligente"
- Sistema de información de la empresa.

Como se observa, las cuatro componentes están asociadas a la tecnología de la información, la cual no es otra cosa que la convergencia de los computadores y los sistemas de comunicación.



Como anotación al margen, en las técnicas modernas de organización empresarial, se busca definir procesos que interactúen lo menos posible con otros procesos. Esta característica le permite buscar a cada proceso un procedimiento eficiente sin depender de lo que suceda en el resto de la Empresa. Las pocas interrelaciones que queden entre procesos deben limitarse a la relación de clientes internos y a la información compartida en los sistemas de manejo de información de la empresa.

Si el contador domiciliario tiene capacidad de comunicación en los dos sentidos, es posible que se manipule algún tipo de información entre la empresa y el usuario, tal como costo de la energía a pagar, valor de la energía, información tarifaria, consumos del mes, fecha de lectura, fecha de pago, entre otros.

Dentro de este marco, el contador inteligente puede incluir toda una gama de posibilidades desde la simple medición de energía hasta esquemas sofisticados de tarificación y manejo de carga.

Actualmente dos tipos de estos contadores se encuentran comercialmente:

- Contadores híbridos
- Contadores estáticos

Los contadores híbridos corresponden a un paso intermedio entre el contador de inducción y el contador estático. En este tipo de contador, el método de medición de energía sigue siendo el mismo (Disco y bobinas). Sin embargo, se le agrega un dispositivo electrónico, el cual integra algunas funciones como medición de demanda máxima o comunicación a distancia de la medida de energía. Esta última se ha usado en los primeros experimentos de lectura remota, donde a contadores tradicionales se les agrega el dispositivo electrónico de

medición, el cual se acopla ópticamente al disco.

Esta aproximación al problema tiene la desventaja de su escasa flexibilidad, lo cual implica que sí lo integra un pequeño conjunto de posibilidades de manejo de información.

El contador estático, terminará por imponerse con el tiempo. Este contador es construido integralmente con elementos electrónicos. Se espera que no cuente con elementos mecánicos móviles de ningún tipo. Estas dos características harían esperar costos decrecientes, tamaño compacto, alta confiabilidad y vida útil adecuada. En la actualidad tiene dos desventajas que impiden su introducción masiva: costo y confiabilidad.

Del lado de costo, son contadores en general más caros que los de inducción. Sólo en casos donde se requiere medición compleja (precisión, multitarifación) resulta menos costoso que el de inducción. Sin embargo, la tendencia es a la reducción de sus costos en la medida en que su producción se masifique. Adicionalmente pueden realizar funciones adicionales que reporten beneficios y justifique su introducción a pesar del costo mas alto.

Desde el punto de vista de confiabilidad, el problema más serio que tienen es el mantener la información en cortes de energía. El contador de inducción con su sistema mecánico logra este objetivo de forma adecuada. Sin embargo, el contador estático tiene que recurrir a sistemas de soporte que no tienen a su vez la confiabilidad necesaria o si la tienen, su costo es muy alto.

La gran ventaja del contador estático microprocesado es la flexibilidad que tiene. Puede pensarse que en un futuro estos contadores soportarán un importante número de funciones que presten un servicio tanto al

Cliente como a la empresa. Algunas de las posibilidades son las siguientes:

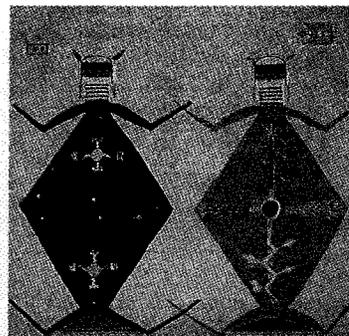
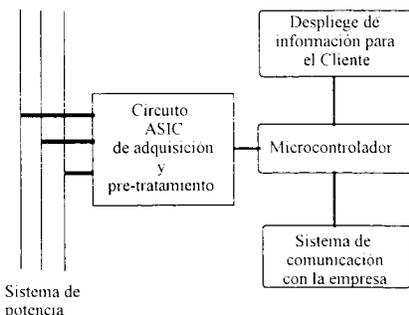
- Lectura remota.
- Detección de fraude.
- Detección de fallas del contador con un autotest.
- Protección de las instalaciones del Cliente con diagnóstico de estas.
- Multitarifación.
- Tarifación en tiempo real
- Posibilidad de prepago con tarjeta
- Control de carga
- Conexión y desconexión de clientes.
- Suministro de información al Cliente
- Suministro de información a la empresa (confiabilidad, calidad de servicio, continuidad, ...).

Seguramente, la experiencia en su utilización encontrará otras posibilidades que rendirán a costos marginales, nuevos beneficios (servicios de valor agregado).

La Universidad de los Andes se encuentra actualmente en el diseño y montaje de un contador inteligente basado en dos componentes:

Un circuito ASIC especializado, el cual se encargará de la adquisición de señales de voltaje y corriente y de su procesamiento inicial.

Un microcontrolador de bajo costo, el cual se encargará del cálculo final de los diferentes parámetros. El diagrama siguiente muestra la estructura actual del sistema:



Una incógnita queda en el aire. Es claro que la Universidad logrará llegar a tener un prototipo basado en elementos tecnológicos de punta. Pero que pasará con este prototipo pre-industrial?

Si este prototipo no se pasa rápidamente a su etapa industrial y se comienza su comercialización y actualización permanente, seguirá un destino inexorable: se convertirá en chatarra.

## 4.0 Bibliografía

- (1) *Automatic meter reading: the report for electric utilities*, Alexander & Associates.
- (2) Acevedo Angela, *Metodología para la automatización de subestaciones eléctricas*, proyecto de grado, Universidad de los Andes, 1992.
- (3) Herneandez Dilma, *Metodología y evaluación técnica de la implementación de las funciones de automatización en los alimentadores primarios*, proyecto de grado, Universidad de los Andes, 1993.
- (4) González Juan, *Automatización de los sistemas de Distribución*, proyecto de grado, Universidad de los Andes, 1991.
- (5) Bessant John, *Managing Advanced Manufacturing Technology*, NCC Blackwell Ltda, 1991.
- (6) Hammer Michael, *Reingeniería*, Editorial Norma, 1994
- (7) Adair Charlene, Muray Bruce, *Break-through process redesign*, American Management Association, 1994.
- (8) Third International Symposium on Distribution Automation and Demand Side Management, *Conference Proceedings*, Enero 11-13, 1993.
- (9) García Constanza, Duque Mauricio, *Automatización, Tecnología de la información e informática*, Revista Sistemas, enero-marzo de 1994.