

VIGILANCIA TECNOLÓGICA EN AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

CARLOS ALBERTO MORALES RODRIGUEZ

JORGE HUMBERTO GARZÓN GUTIÉRREZ

NORBAY ANDREY QUINTERO ORTIZ

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS

INGENIERIA ELÉCTRICA

MEDELLIN

2014

VIGILANCIA TECNOLÓGICA EN AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

CARLOS ALBERTO MORALES RODRIGUEZ

JORGE HUMBERTO GARZÓN GUTIÉRREZ

NORBAY ANDREY QUINTERO ORTIZ

**Trabajo presentado como requisito para optar el título de Ingeniero en
Eléctrica.**

Director: Margarita Enid Ramírez Carmona

**PhD. Coordinadora grupo de investigación en Biotecnología Universidad
Pontificia Bolivariana**

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS

INGENIERIA ELÉCTRICA

MEDELLIN

2014

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Medellín 31 de julio de 2014

DEDICATORIA

A DIOS.

Arquitecto del universo, creador de la perfección y padre nuestro.

A nuestras familias. Por estar siempre ahí con sus voces de aliento.

A nuestras esposas Cecilia, Cristina y Yuliana. Por esperar pacientemente el regreso a casa de sus esposos tras largas jornadas de trabajo y estudios.

A nuestros hijos. Por comprender que nuestras ausencias las justificaba un fin noble.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación no hubiese sido posible sin la colaboración y guía de nuestros asesores de tesis la PhD Margarita Enid Ramírez Carmona, Coordinador grupo de investigación en Biotecnología Universidad Pontificia Bolivariana, la Magister Leidy Johanna Rendón Castrillón docente investigador Universidad Pontificia Bolivariana y al Magister Yesid Vélez Salazar docente investigador Universidad Pontificia Bolivariana. A ellos un gran respeto y un profundo agradecimiento.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	12
1. AUTOMATIZACIÓN.....	16
1.1 GENERALIDADES.....	16
1.2 TIPOS DE SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN.....	17
1.2.1 Sistema de control centralizado.....	17
1.2.2 Sistema de control descentralizado o distribuido (DCS).....	19
1.2.3 Sistema de control remoto (RCS).....	20
1.2.4 Sistema de control en red (RCS).....	22
1.3 ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN	24
1.3.1 Subsistema de instrumentación.....	24
1.3.2 Subsistema de control.....	26
1.3.3 Subsistema de interfaz humano máquina.....	29
2. RESULTADOS.....	32
2.1 ESCANEEO.....	32
2.2 ZOOM EN ALGORITMOS DE PROGRAMACIÓN.....	33
2.2.1 Ficha técnica.....	33
2.2.2 Documentos publicados por año.....	35
2.2.3 Fuente de las principales publicaciones	36

2.2.4 Principales autores	37
2.2.5 Principales instituciones.....	38
2.3.6 Principales países que están trabajando en el tema	39
2.3.7 Principales tipos de documentos publicados	40
2.3.8 Principales áreas de trabajo	41
2.3.9 Principales patentes encontradas sobre algoritmos de programación...	42
2.3 ZOOM EN ALGORITMOS DE PROGRAMACIÓN APLICADOS AL SECTOR ELECTRICO.....	46
2.3.1 Ficha técnica.....	46
2.3.1 Principales publicaciones por año	48
2.3.2 Fuente de las principales publicaciones	49
2.3.3 Principales autores	50
2.3.4 Principales instituciones.....	51
2.3.5 Principales países que están trabajando en el tema	52
2.3.6 Principales tipos de documentos publicados	53
2.3.7 Principales áreas de trabajo	54
2.3.8 Principales patentes encontradas sobre algoritmos aplicados al sector eléctrico	55
CONCLUSIONES	62
RECOMENDACIONES	64

BIBLIOGRAFIA.....	65
-------------------	----

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Sistema de Control Centralizado por Computador.....	19
Figura 2. Sistema de control descentralizado.	20
Figura 3. Ejemplo de aplicación del control remoto.....	22
Figura 4. Arquitectura de un sistema de control en red (NCS).....	24
Figura 5. Red de sensores inalámbricos dentro de un proceso industrial.	25
Figura 6. Estructura de un algoritmo genético.....	29
Figura 7. Interfaz humano maquina atreves de una HMI.	31
Figura 8. Estructura de los sistemas de automatización industrial.....	32
Figura 9. Principales publicaciones por año.....	35
Figura 10. Fuente de las principales publicaciones.....	36
Figura 11. Principales autores.....	37
Figura 12. Principales instituciones.....	38
Figura 13. Principales países que están trabajando en el tema.....	39
Figura 14. Principales tipos de documentos publicados.	40
Figura 15. Principales áreas de trabajo.....	41
Figura 16. Principales publicaciones por año.....	48

Figura 17. Fuente de las principales publicaciones.....	49
Figura 18. Principales autores.....	50
Figura 19. Principales instituciones.....	51
Figura 20. Principales países que están trabajando en el tema.....	52
Figura 21. Principales tipos de documentos publicados.	53
Figura 22. Principales áreas de trabajo.....	54

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ficha técnica	34
Tabla 2. Principales patentes encontradas sobre algoritmos de programación. ...	42
Tabla 2. (Continuación).....	43
Tabla 2. (Continuación).....	44
Tabla 2. (Continuación).....	45
Tabla 2. (Continuación).....	46
Tabla 3. Ficha técnica	47
Tabla 4. Principales patentes encontradas sobre algoritmos aplicados al sector eléctrico.	55
Tabla 2. (Continuación).....	56
Tabla 2. (Continuación).....	57
Tabla 2. (Continuación).....	58
Tabla 2. (Continuación).....	59
Tabla 2. (Continuación).....	60
Tabla 2. (Continuación).....	61

INTRODUCCIÓN

Vargas & Castellanos (2005):

La exigencia en la eficiencia y calidad de los procesos productivos hace necesario recurrir a nuevas herramientas para la generación de desarrollo e innovación tecnológica, por lo cual se ha identificado la necesidad de vigilar el entorno como una prioridad, otorgando especial atención a la tecnología que, por su naturaleza cambiante, es un factor clave en la competitividad. Siendo la vigilancia una actividad común en organizaciones de países desarrollados, prácticamente no se han llevado a cabo adecuadamente estudios que tengan en cuenta este aspecto en nuestro país, ni se han generado instrumentos para aplicarla en los sectores reales de la economía.

El rápido avance de la ciencia y tecnología, así como las marcadas diferencias entre los países desarrollados y en vías de desarrollo, son característicos de nuestro tiempo. Las transformaciones de la sociedad van determinando amenazas y oportunidades en el entorno mundial y, más aún, en los países en vía de desarrollo, los cuales se deben preocupar por entenderlas y aprovecharlas. Diferentes autores han analizado las principales dinámicas que tienen lugar en la sociedad actual, agrupándolas en cuatro tipos (Chaparro et al., 1997; Freeman, 1998; David y Foray, 2002): la revolución científica y tecnológica, las modificaciones estructurales en la producción, la edad de la comunicación y de la información, y las nuevas relaciones internacionales. En este sentido, una característica común a estos cambios consiste en darle cada vez una mayor importancia al conocimiento como factor no sólo de producción, sino principalmente como fuente de enriquecimiento cultural y de poder. Se debe tener en cuenta que de la conjunción de los cambios estructurales y de la forma en que ahora se valora el conocimiento, nace la que varios autores han llamado economía del conocimiento.

En los países en vías de desarrollo los compradores de tecnología deben estar al tanto del tipo de ofertas que pueden encontrar en los mercados,

es posible que las puedan ir estudiando antes de que se comercialicen. Aun si el proveedor no accede a dejar disponible esta tecnología, el comprador habrá ganado con el hecho de tener conocimiento sobre el rumbo de la misma, y tendrá algunos elementos de juicio para poder adquirir o descartar ofertas. Es éste un camino que se debe explorar y aprovechar para poder aminorar la magnitud de la brecha tecnológica a la cual estamos enfrentados.

Sin embargo, debido a la gran disponibilidad de información, el problema que surge ahora no es dónde investigar, sino definir la forma de optimizar dicha investigación para que no se pierda mucho tiempo en ella, cómo presentar los resultados de un manera comprensible y cómo manejar de forma eficiente la ingente cantidad de información que aparece disponible cada día (Escorsa & Maspons, 2001). La sociedad actual se encuentra expuesta a un crecimiento exponencial de la producción científica y de las aplicaciones tecnológicas, y a una explosión tanto de las fuentes de información, como de los medios de acceso a las mismas y de los de comunicación; ya Saavedra (2000) reconocía que la información existente se duplicaba cada cinco años y que aproximadamente el 50% de las tecnologías cambiaban en una década; esta aceleración hace que los métodos de análisis convencional y estudios prospectivos sean menos eficaces (en el corto plazo) que la captación, selección y análisis de un flujo de información constante a partir de un mayor contacto con el entorno (Castellanos et al.,2003).

Los estudios conocidos como estado del arte son los más usados para caracterizar el entorno tecnológico y/o científico en un área particular, sin embargo, estos presentan la falencia de ser una mirada estática del entorno, se suelen identificar tecnologías puntuales, no tendencias que brinden elementos concretos para generar estrategias a mediano y largo plazos.

Es aquí donde nace el concepto de vigilancia, el cual, para ponerse en práctica, necesita ser robustecido y adaptado a las necesidades del entorno, así como conocer sus metodologías y los impactos que este puede generar. (p. 32 – 33)

A lo largo del tiempo se han estructurado diversas definiciones de “vigilancia tecnológica”, también se han estructurado las diversas formas en las que ésta puede ser útil en diferentes ámbitos. Uno de estos ámbitos donde está presente la vigilancia tecnológica es en la automatización industrial, la cual será base fundamental de esta investigación.

Según lo expone Jakobiak (1992).

La vigilancia tecnológica consiste en la observación y el análisis del entorno científico, técnico y tecnológico y en la posterior difusión de las informaciones seleccionadas y tratadas que serán útiles para la toma de decisiones estratégicas. Es la observación y el análisis del entorno, seguidos por la difusión de las informaciones seleccionadas y analizadas, útiles para la toma de decisiones estratégicas.

La vigilancia tecnológica se define como la «forma organizada, selectiva y permanente de captar información del exterior sobre tecnología, analizarla, difundirla, comunicarla y convertirla en conocimiento para tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios», todo ello con el fin de generar ventajas competitivas para la organización. (p. 15-16)

La vigilancia tecnológica sirve para:

- Evitar sorpresas tecnológicas, sociales y comerciales.
- Identificar competidores o socios potenciales.
- Evaluar las fortalezas y debilidades de los competidores e identificar las propias.
- Disminuir la incertidumbre sobre el futuro.
- Mejorar la planificación estratégica.
- Identificar nuevos mercados.
- Colocar competitivamente nuevos productos y servicios.

Debido a su utilidad, se analiza información de múltiples tipos, destacando las siguientes:

- Documentos de Patentes.
- Publicaciones científicas.
- Líneas y Proyectos de Investigación.
- Ofertas y Demandas Tecnológicas.
- Legislación y Normas.
- Portales Web especializados.

1. AUTOMATIZACIÓN

1.1 GENERALIDADES

Sirkka & Jounela (2007) Se refirió a la automatización en los siguientes términos:

Los puntos de partida en la evaluación de las necesidades futuras de la automatización son, por un lado, el desarrollo global y las tendencias económicas, y, por otro, la manera en la que ésta se refleja en el desarrollo de la sociedad y la economía. La gestión global del riesgo alcanzará cada vez más importancia en el futuro. En particular, un mejor control y anticipación son necesarios a fin de contener los riesgos relacionados con la economía, medio ambiente, energía e infraestructura. Ante el cambio climático y la creciente escasez de materias primas, el mundo necesita encontrar y desarrollar nuevas soluciones medio ambientales y energéticas. El suministro de agua del mundo está también con necesidad de desarrollo. La competencia internacional y la globalización de los negocios llevan estos escenarios a todas partes. Las operaciones de negocios y los mercados de capital son dinámicos; buscan entornos que ofrezcan las mejores oportunidades para el éxito en la competencia abierta. Además del negocio y la producción, la investigación y el desarrollo (I + D) buscan los mejores entornos operativamente posibles. Económica, organizativa y tecnológicamente estas tendencias provocarán cambios significativos en la tecnología de automatización durante los próximos años.

Mediante el desarrollo de tecnologías, es posible encontrar soluciones a las necesidades básicas de la sociedad y la industria. El desarrollo de La tecnología ayuda a mantener todas las ventajas competitivas actuales y crear otras nuevas en muchos campos nuevos, mejorando aún más la prosperidad y el bienestar. El desarrollo de aplicaciones de alta tecnología aumenta aún más la introducción de nuevos modelos de cooperación: la creación de redes entre las empresas, universidades e institutos de investigación, así como la toma de decisiones en el sector público. Un enfoque trans disciplinario, por ejemplo, en el desarrollo de materiales requiere experiencia en la física, la química, los biomateriales, la

electrónica, las comunicaciones, de programación y la automatización. (p. 211-212).

1.2 TIPOS DE SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN

1.2.1 Sistema de control centralizado. <http://www.dspace.ups.edu.ec/> (2014)

Publica:

Poco después de la introducción de los sistemas de control electrónicos analógicos y como consecuencia de la gran expansión que la electrónica estaba teniendo, fueron apareciendo computadoras, capaces de llevar a cabo el control de procesos, añadiendo a éstos toda la flexibilidad que da una máquina programable.

Un sistema basado en éste modo de control, estaba estructurado en torno a un computador central que recibe todas las entradas del proceso (variables), ejecuta los cálculos apropiados y produce salidas que se dirigen hacia los actuadores o dispositivos finales de control. Así, nació el llamado sistema de Control Centralizado. El computador puede controlar un elevado número de lazos y variables temporales, además de ejecutar estrategias de control. Un teclado y un monitor acoplados directamente al ordenador proporcionan una interfaz del usuario (operador) con el proceso.

La introducción de un ordenador como elemento que lleva a cabo toda la supervisión, adquisición y análisis de datos, permite a los sistemas de control avanzar más allá del lazo de control del proceso; ahora pueden ejercer labores de administración, ya que el ordenador puede también recibir y procesar datos, calcular y presentar operaciones financieras que optimicen la estrategia de producción, y que junto a las consignas propuestas por el consejo de administración, establezcan los criterios básicos para dirigir la producción en el sentido adecuado. Aunque el modelo de Control Centralizado ofrece múltiples beneficios y significa un paso adelante muy importante en los sistemas de

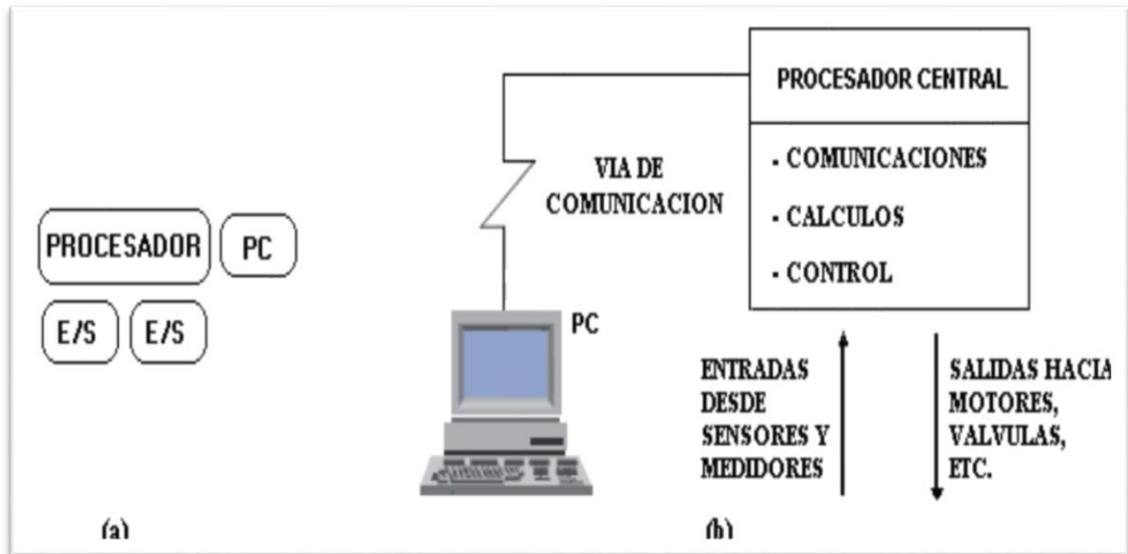
control, la “aglomeración de responsabilidades” que se produce alrededor de un solo elemento (ordenador) acarrea desventajas que habrán de tenerse en cuenta.

El manejo de todas las comunicaciones y de las funciones de control para cada uno de los lazos del proceso, impone unas estrictas condiciones a la capacidad de procesamiento del ordenador, así como a su velocidad. Si lo anterior fuese poco, el ordenador central también deberá adquirir otros datos, visualizarlos en pantallas, ejecutar software que permita optimizar los esquemas y otras tareas más. Como consecuencia de todo ello el sistema de control centralizado mediante ordenador requiere un equipo grande que ofrezca el compromiso entre respuesta en tiempo real (velocidad) y capacidad de almacenamiento.

Si el computador central falla, la totalidad del proceso se viene abajo, de ahí que los Controles Centralizados deben tener un ordenador redundante que opera simultáneamente (en paralelo) con el principal. De este modo, si el principal falla el secundario toma el control. El costo adicional de este segundo ordenador hace que el control centralizado sea excesivamente caro y no siempre sea la solución óptima en la automatización de procesos.

Finalmente, la ampliación de un Sistema de Control Centralizado suele resultar costoso, de ahí que inicialmente se debe instalar un equipo sobredimensionado, ya que de otro modo pronto habría que adquirirse un ordenador mayor. Además, cada una de las entradas y salidas que se añadan habrán de ser cableadas hasta el ordenador central, o como mínimo hasta un punto próximo a él; a todo ello habría que unir el hecho de que el software deberá reescribirse para incorporar estas ampliaciones y modificaciones. (p. 15-17)

Figura 1. Sistema de Control Centralizado por Computador.



Fuente: <http://www.dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/182/2/Capitulo1.pdf>

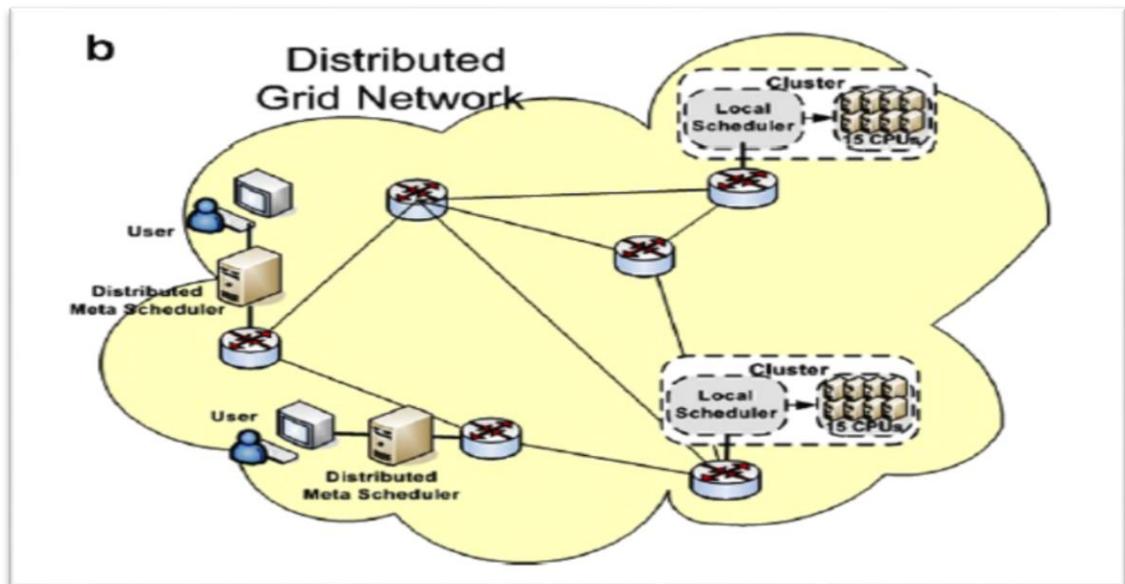
1.2.2 Sistema de control descentralizado o distribuido (DCS). Bakule L. (2014) Señala que:

La mayoría de los sistemas complejos del mundo real se caracterizan por tener un gran número de medidas, entradas y salidas. Tales sistemas son generalmente compuestos de varias estaciones de control locales, donde cada estación sólo es responsable de la operación de una parte del sistema global. El objetivo general del sistema de control está resuelto o aproximadamente resuelto por los objetivos de cada uno de los sistemas de control local. Este enfoque se conoce como la descentralización. El diseñador del control determina primero la estructura de los subsistemas y sus interconexiones. A continuación, se seleccionan las entradas y salidas de los sistemas locales. Por último, los controladores locales están diseñados de modo que la estabilidad general del sistema y el rendimiento están satisfechos. Este procedimiento general se llama sistema de control descentralizado. (p. 71-72)

Luego en otra de sus publicaciones Bakule L. (2008) expresa:

El estado actual del arte, así como las posibles tendencias futuras en los avances tecnológicos en bienes a gran escala y el complejo mundo de los sistemas, procesamiento de bajo costo, y las comunicaciones llevan a la intensamente creciente complejidad de los sistemas de control. Motivando el desarrollo de nuevos enfoques teóricos a sistemas de control. Dos cambios principales en las líneas de investigación son las consideraciones explícitas de las interconexiones y un renovado énfasis en el control descentralizado o distribuido. (p.95)

Figura 2. Sistema de control descentralizado.



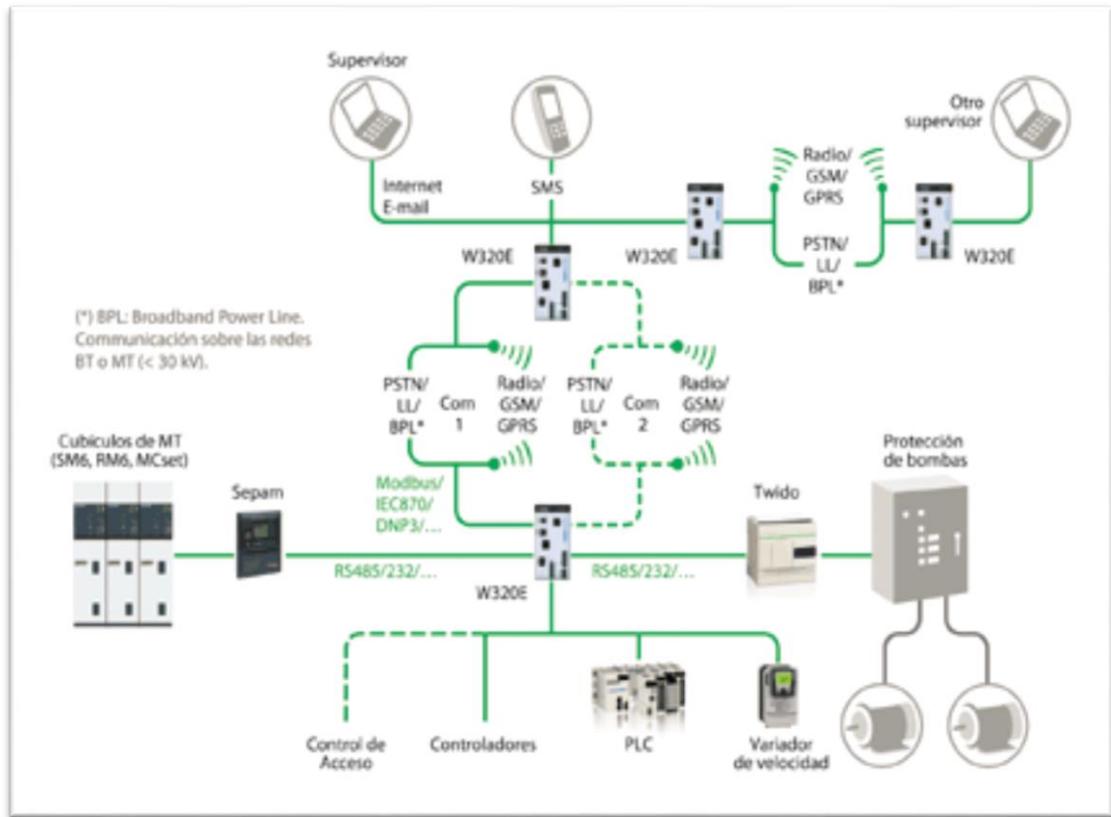
Fuente: Journal A comparison of centralized and distributed meta-Scheduling architectures for computation and communication tasks in Grid Networks.

1.2.3 Sistema de control remoto (RCS). Casanova Calvo (2005) Hace su aporte sobre este tema en los siguientes términos:

La tarea de este sistema consiste en recoger las muestras realimentadas a través del enlace compartido, comparar dicha información con la señal de referencia y calcular la acción de control a aplicar, en función de su propia ley de control. Además, después de calcular la acción de control, el controlador remoto deberá solicitar el uso del enlace compartido para la transmisión de la acción hacia la planta. Transcurrido el tiempo de espera a que el uso del enlace sea concedido, la acción remota calculada será enviada. El controlador remoto dispone de una base de tiempos propia que determina cuando debe iniciarse el cálculo de la acción de control. Esta base de tiempos, caracterizada por el periodo de muestreo básico del SCBR, determina los instantes de tiempo en los que se generan las acciones de control remotas y, por lo tanto, los instantes de tiempo en los que se solicita el uso del enlace compartido para comunicar con la parte local del SCBR. Si el periodo de muestreo asociado al enlace LR es superior a T , debido a las limitaciones en el ancho de banda, será necesaria una operación de expansión que aumente la frecuencia, compensando la reducción aplicada en el emisor. En este caso el controlador remoto realizará una operación de interpolación que trate de recuperar la información eliminada voluntariamente para adaptarse a las limitaciones del enlace compartido. La frecuencia de generación de acciones de control remotas es la correspondiente al periodo de muestreo básico del SCBR. Si el periodo de muestreo asociado al enlace con la parte local del bucle de control es menor que el periodo básico será necesaria una operación de diezmado previa a la transmisión de la información.

El periodo de tiempo que transcurre entre la solicitud de acceso al medio compartido y la concesión correspondiente es variable en función de la utilización del enlace. No se considera ningún retraso asociado al coste computacional del algoritmo de cálculo de las acciones remotas, ya que suele ser despreciable frente a los retrasos asociados al medio de comunicación compartido. En caso de ser significativo siempre podría ser considerado conjuntamente como parte del tiempo de espera por la concesión. (p. 221)

Figura 3. Ejemplo de aplicación del control remoto.



Fuente: <http://www.microbyte.cl/elec/picarti/200911/sn2.gif>

1.2.4 Sistema de control en red (RCS). YOU & XIE (2013) Señalan que:

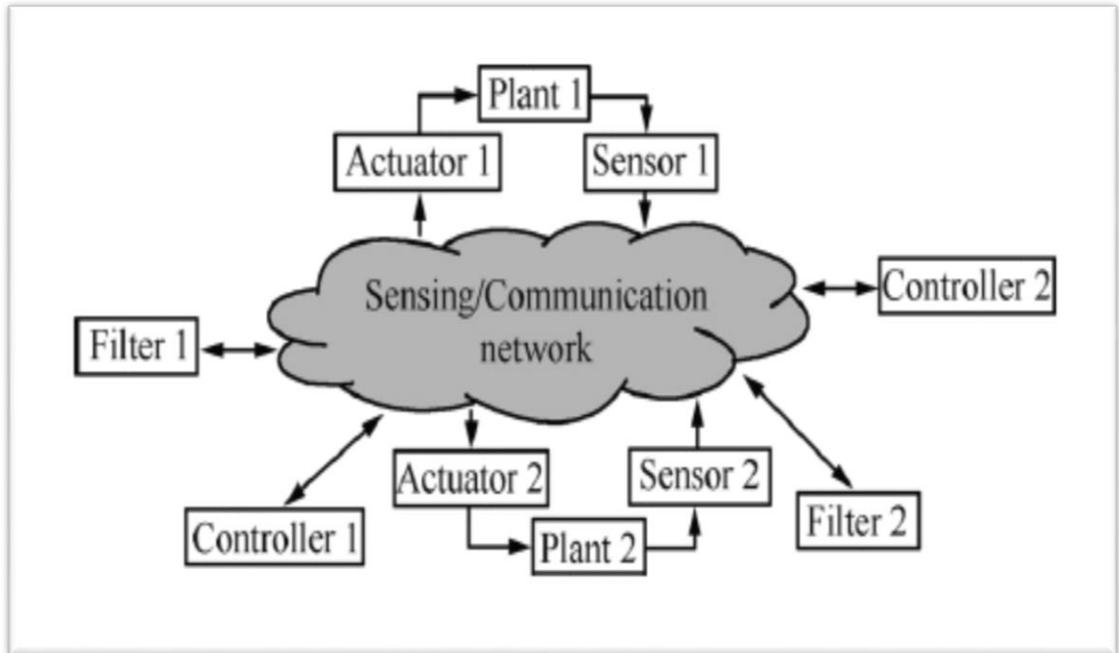
Los sistemas de control en red (NCSS) se distribuyen espacialmente en sistemas en los que los bucles de control están cerrados a través de algún tipo de red de comunicación. La red de comunicaciones conecta los componentes especialmente distribuidos, tales como actuadores, sensores y los controladores. Esta característica universal hace posible diseñar sistemas a gran escala de manera asíncrona lo que resulta en ventajas de las (NCSS) sobre los sistemas de control convencional incluyendo además el bajo costo de instalación, la flexibilidad en implementación del sistema, y la facilidad de mantenimiento. Algunos ejemplos prácticos de (NCSS) las redes de sensores, redes de control industrial, la coordinación de múltiples vehículos, y los sistemas micro-electro-

mecánicos (MEMS), donde el objetivo es controlar uno o más sistemas dinámicos mediante el despliegue de una red compartida para el intercambio de datos. (p. 101)

Análogamente Senol, Leblebicioglu, & G. Schmidt (2010-2011). Definen:

Los modernos sistemas de control son cada vez más complejos y globales. Esta tendencia se ve apoyada por la integración de la informática, la comunicación y el control en los diferentes niveles de las operaciones de máquinas, de fábricas y procesos de información. Las aplicaciones de control se implementan de manera distribuida, donde los componentes (sensores, actuadores y controladores) se encuentran en diferentes ubicaciones físicas. A diferencia de las implementaciones monolíticas en los que existen estos componentes, en el mismo dispositivo físico y puede compartir información de forma gratuita, una implementación distribuida requiere una red de comunicación para transmitir los datos del sensor a los controladores y datos de control a los actuadores. Para este fin, un sistema de control en el que el lazo de control está cerrado sobre una red de comunicación se llama un sistema de control en red (NCS). (p. 1326)

Figura 4. Arquitectura de un sistema de control en red (NCS).



Fuente: Journal Acta Automatica Sinica.

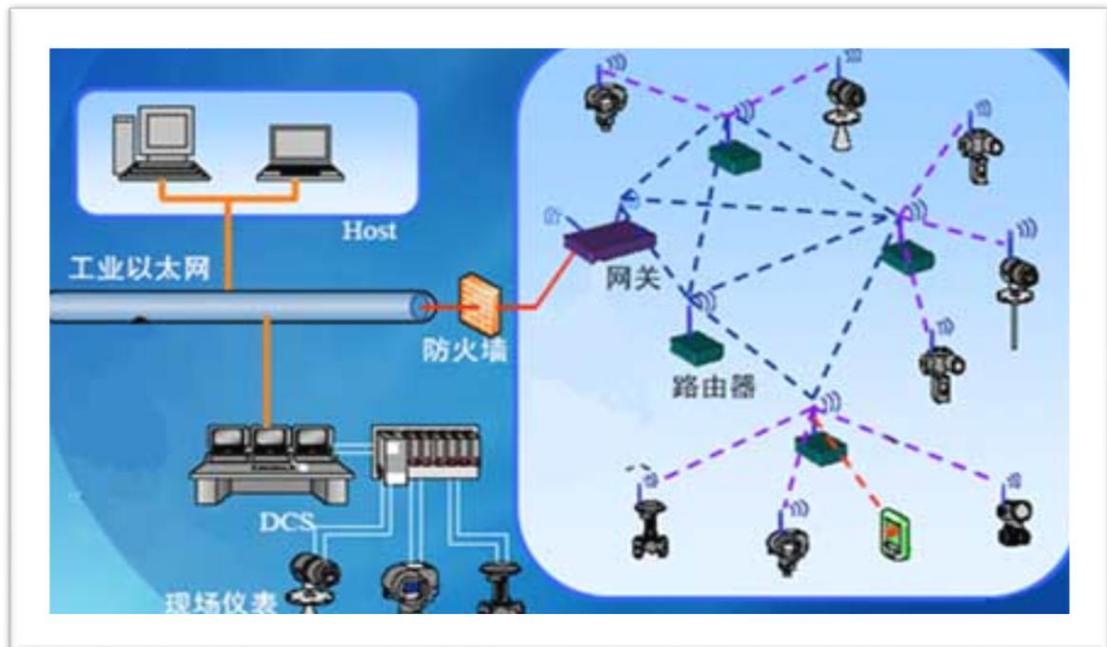
1.3 ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN

1.3.1 Subsistema de instrumentación. Giménez, Molina , Gallego-Calvo, Esteve, & Pelau (2014) Citan en su artículo:

La Introducción a las Redes Inalámbricas de Sensores (WSN) son un conjunto de pequeños dispositivos, de bajo coste y de baja energía que monitorean un área de interés, la captura de las mediciones físicas (por ejemplo, humedad, aceleración, presión, etc.) y su envío a un nodo receptor. El nodo receptor se conecta al WSN con un nodo de red de gran alcance llamada estación base (BS) en la que se almacenan los datos que envía y procesa de acuerdo con el escenario de aplicación, que pueden ir desde la agricultura, marítimo, de la atención en salud, industrial e incluso aplicaciones militares. Las Redes inalámbricas de sensores son uno de los elementos más importantes de la

Internet, ya que proporcionan una capa virtual donde cualquier pieza de información capaz de detección sobre el mundo físico puede acceder potencialmente a cualquier sistema computacional. En este enfoque, ya sea los actos BS como puerta de entrada para toda la WSN o cada nodo sensor se puede acceder directamente si implementa una pila TCP / IP. El primero de ellos se refiere a la situación típica, mientras que este último está siendo desarrollado y probado a través de estándares como 6LoWPAN, definido por IETF, que permite la transmisión de paquetes IPv6 a través de redes de cómputo restringidas. (p. 187)

Figura 5. Red de sensores inalámbricos dentro de un proceso industrial.



Fuente: http://img.ddvip.com/2009_05_28/1243501851_ddvip_2094.jpeg

Análogamente Rezgui & Eltoweissy (2007) publican:

Las redes de sensores han permitido una gama de aplicaciones donde el objetivo es observar un entorno y recoger información acerca de los fenómenos o hechos observados. En muchos casos, las medidas adecuadas se deberán tomar en el ocurrencia de un determinado evento (por ejemplo, el cambio de la luz de una habitación cuando ha estado vacía durante más de 5 min o conectar la luz se enciende cuando la presencia de un ser humano es detectado). Esto ha llevado a la aparición de una nueva generación de las redes de sensores, llamados redes de sensores y actuadores (SANETs), que tienen los nodos sensores y actuadores nodes.¹ Sensores y actuadores se comunican y colaboran para realizar detección distribuida y las tareas de actuación. Los sensores recopilar información sobre el mundo físico, mientras que los actuadores toman decisiones y realizar acciones que afectan al medio ambiente. Los actuadores son capaces de cambiar los parámetros en su entorno (por ejemplo, temperatura, luz), así como sus propiedades intrínsecas (por ejemplo, la ubicación, velocidad, volumen). Aplicaciones de SANETs incluyen aplicaciones medioambientales (por ejemplo, detección de incendios forestales), aplicaciones de negocios (por ejemplo, gestión de inventario), aplicaciones de salud (por ejemplo, la monitorización del paciente), automatización del hogar, y el entretenimiento (por ejemplo, los museos interactivos). (p. 2627)

1.3.2 Subsistema de control. Dotoli, Pia Fanti, Mangini M., & Ukovich (2011)

Hacen referencia a los sistemas de control discretos como:

Los sistemas de eventos discretos (DES) son formalismos que se aplican en gran medida en el área de la automatización industrial, con el fin de desarrollar métodos de gran alcance para diseñar controladores, algoritmos y diagnósticos. La comunidad científica se centró en proponer métodos DES eficientes para diseñar métodos y controladores de supervisión de fallos, controladores tolerantes a fallos, así como algoritmos de detección y aislamiento de fallos (Cassandras & Lafortune, 2008); (Dotoli, Fanti, Mangini, & Ukovich, 2009); (Hadjicostis, 2005); (Lunze, 2008); (Sampath, Sengupta, Lafortune,

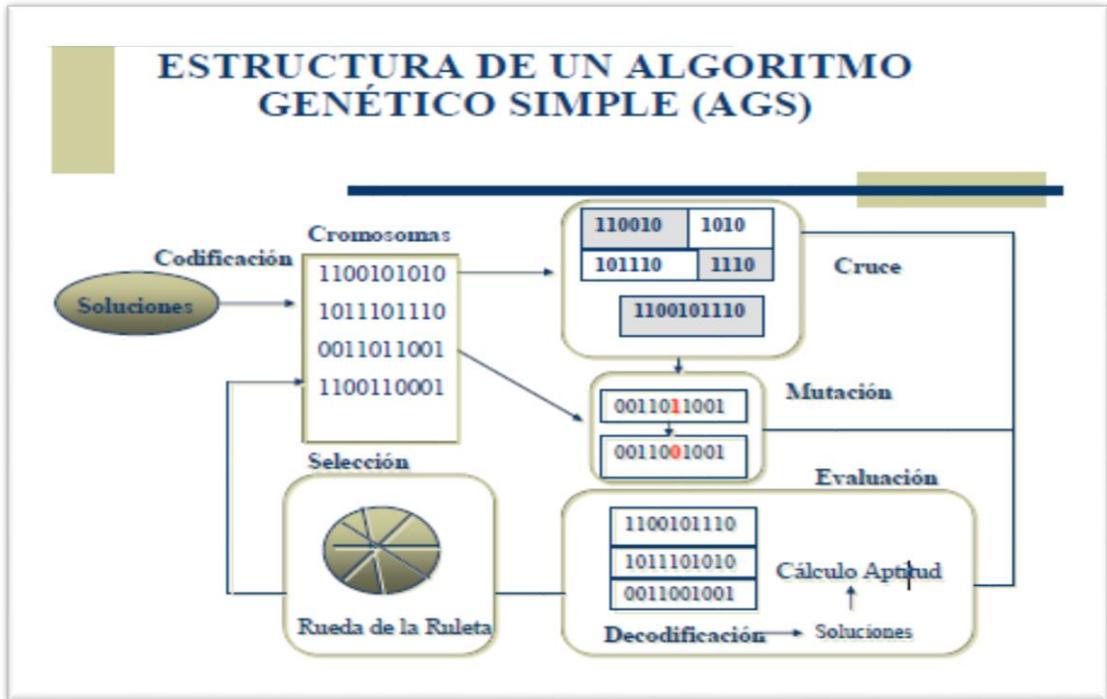
Sinnamohideen, & Teneketzis, 1995). En este contexto, la detección de fallos y diagnóstico de DES recibieron considerable atención en los últimos años, motivados por la necesidad práctica de asegurar el funcionamiento correcto y seguro de los sistemas industriales complejos. En particular, en el campo de la automatización industrial, el problema de un sistema que representa en su "complejidad" bajo situaciones nominales como defectuosas es crucial (Tilli & Paoli, 2009). La literatura relacionada abordó su problema con la identificación del modelo DES, es decir, la elección de los modelos matemáticos a partir de un modelo conocido establecido para caracterizar el comportamiento de entrada-salida de un sistema desconocido de finito datos. El Problema de identificación de DES está normalmente abordado por modelos de autómatas (Gold, 1967-1980) (Bourdeaud'Huy & Yim, 2004) (Cabasino, Giua , & Seatzu, 2007) (Lefebvre & Delherm, 2007); (Meda-Campaña, & Lopez-Mellado, 2005) (p. 958)

Por otra parte Acosta & Todorovich (2003) exponen su argumento a cerca del control en lógica difusa, algoritmos genéticos y redes neuronales en los siguientes términos:

Es muy bien sabido que la lógica difusa es de valiosa ayuda en el modelado de sistemas matemáticos complejos o mal definidos. En primer lugar, presentado como una especie de lógica con varios valores, que está siendo utilizado de manera exhaustiva en el dominio de control, ya que algunos trabajos pioneros mostraron ventajas comparativas frente a los enfoques clásicos para la resolución de situaciones específicas. Sin embargo, hasta hoy no es la falta de una metodología ampliamente aceptada para el desarrollo a partir de cero y el ajuste definitivo de controladores difusos (FC). El usuario tiene la experiencia o (propia o de experto) experticia para hacer frente al problema de control, y algunas veces, los ajustes resultantes para caer en un enfoque de ensayo y error, que toman mucho tiempo y no es completamente fiable. Las dificultades surgen si no hay experiencia previa en el control de la planta. Entonces, en la dirección de simplificar esta etapa del diseño, varias propuestas se pueden encontrar en la literatura. Se basan principalmente en la otra técnica de inteligencia artificial. Tal vez la primera propuesta para obtener una FC es el

procedimiento de sub-óptimo heurístico que cambia el número de funciones de pertenencia hasta que el rendimiento del sistema de control es lo suficientemente bueno. Las redes neuronales se utilizaron para llevar a cabo esta tarea, como se informa en. Los algoritmos genéticos (GA), un algoritmo de búsqueda basado en la teoría de la evolución de Darwin, son un tipo particular de algoritmos evolutivos (EA). EA son algoritmos estocásticos, donde se optimiza una función objetivo (llamado actitud). Las entradas a esta función son las soluciones al problema (llamado cromosoma). GA operan sobre un conjunto de cromosomas (llamado población) donde se aplican algunos operadores de recombinación (como los del cruce y la mutación) de manera iterativa obtener nuevos individuos (llamados generaciones) hasta que un criterio extremo se cumple. Este criterio puede ser una condición de parada o la búsqueda de un individuo lo suficientemente bueno. Entonces, la generación automática de un FC y la optimización de una figura de mérito también pueden ser vistas como un campo potencial de aplicación de GA. Se utiliza un algoritmo genético jerárquico (HGA), donde la estructura genética del cromosoma se organiza jerárquicamente. En efecto, el cromosoma se compone de los genes paramétricos y los genes de control. La activación de los genes paramétricos se rige por el valor de control de los genes, produciendo más información que en la codificación GA convencional y permitiendo que el algoritmo explore un espacio más amplio para obtener mejores soluciones. Un HGA se puede considerar como un mecanismo para la auto-adaptación. (p. 183-184)

Figura 6. Estructura de un algoritmo genético.



Fuente: <http://nikle-ia.blogspot.com/2013/04/ensayo-algoritmo-geneticos.html>

1.3.3 Subsistema de interfaz humano máquina. Adachi, Ushio, & Ukawa (2006)

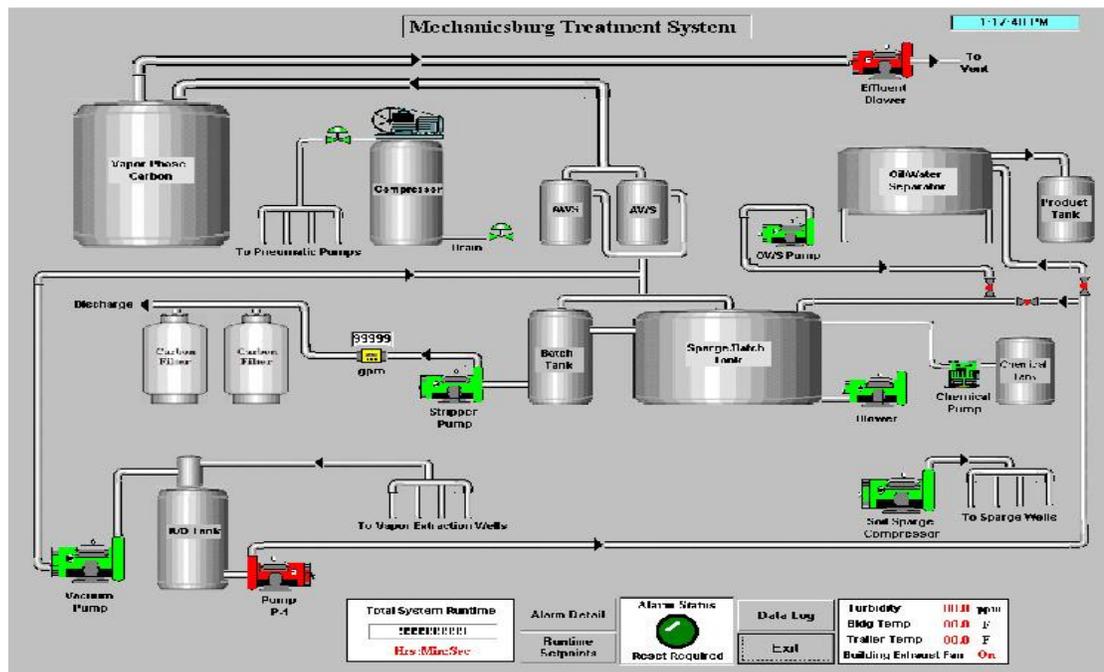
Argumenta que:

La automatización mejorada en sistemas grandes y complejos a menudo incorpora tanto la operación del usuario como el control automatizado para mejorar la precisión y la economía de las operaciones. Si bien este tipo de diseño proporciona flexibilidad y capacidad funcional, la proliferación de los modos es un problema inherente, donde un modo es un conjunto exclusivo de configuraciones de sistemas o comportamientos cualitativos. En consecuencia, muchos de los problemas relacionados con el modo se han formado en relación a la ergonomía (Palmer, 1995) (Sarter & Woods, 1995); (Sarter, Woods, & Billings, 1997). Con el fin de controlar y supervisar un sistema rico de tal modo, que un usuario controla el comportamiento del sistema y ejecuta los comandos usando una interfaz de

usuario, que muestra información parcial o abstraída del sistema. Este tipo de sistemas que interactúan entre sí se denominan formalmente los sistemas hombre-máquina.

En los sistemas hombre-máquina, el usuario suele adelantar o anticipar el comportamiento de una máquina basada tanto en la información proporcionada por una interfaz de usuario y el conocimiento sobre el funcionamiento de la máquina sub adyacente. Debido a la información incompleta o innecesaria, el comportamiento de la máquina real puede diferir de la conciencia del modo del usuario. En tal situación, el usuario será sorprendido por la discrepancia. Dicha interacción defectuosa en los resultados de sensibilización de modo en una sorpresa en la automatización. (p.1249 -1250)

Figura 7. Interfaz humana maquina atreves de una HMI.



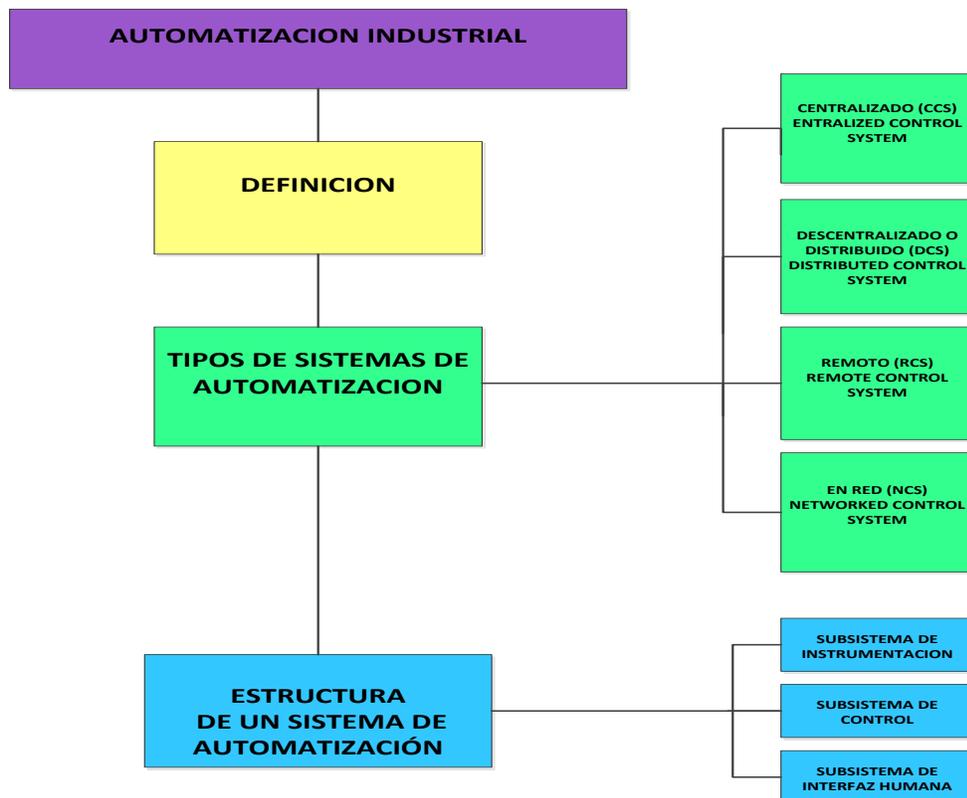
Fuente: <http://www.processaquatics.com/hmi3.JPG>

2. RESULTADOS

2.1 ESCANEEO

La etapa de escaneo que comprende la recopilación de información, se realizó siguiendo el esquema estructural de los sistemas de automatización modernos detallados en la figura 8.

Figura 8. Estructura de los sistemas de automatización industrial.



Fuente: Elaboración propia basado en los artículos consultados

Luego de analizar la información consultada en las bases de datos científicas como science direct, y observando las tendencias de las investigaciones

realizadas por los diferentes autores se tomó la decisión de realizar un zoom (acercamiento) en los siguientes temas de interés:

- Algoritmos de programación.
- Aplicación de los algoritmos al sector eléctrico.

2.2 ZOOM EN ALGORITMOS DE PROGRAMACIÓN.

2.2.1 Ficha técnica. En la Tabla 1 se muestra la ficha técnica 1 que relaciona la información de las bases de datos consultadas, la ecuación de búsqueda y la fecha de cierre de las búsquedas.

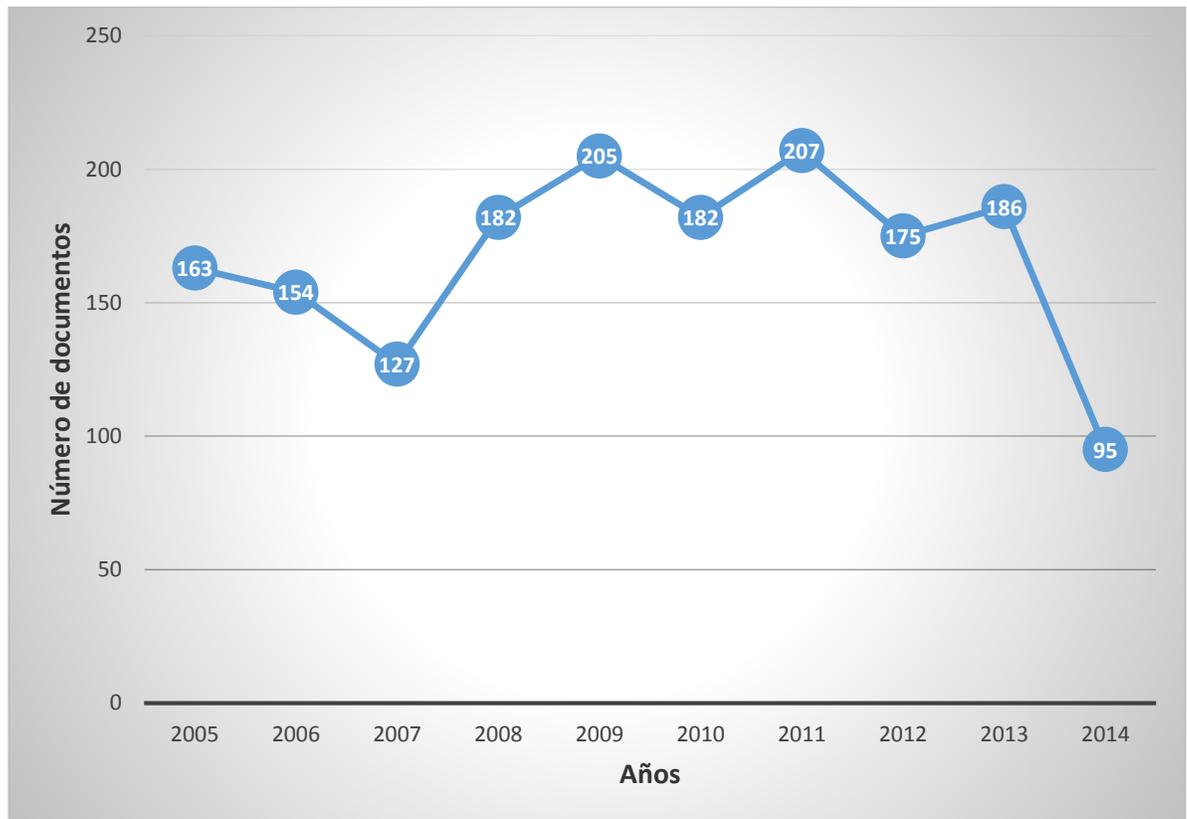
Tabla 1. Ficha técnica

FICHA TÉCNICA	
“AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL” ALGORITMOS DE PROGRAMACIÓN	
Bases de datos	SCOPUS
Ecuación búsqueda	(TITLE-ABS-KEY(AUTOMATION) AND TITLE-ABS-KEY(FUZZY LOGIC) OR TITLE-ABS-KEY(GENETIC ALGORITHMS) OR TITLE-ABS-KEY(ADAPTIVE ALGORITHMS) OR TITLE-ABS-KEY(NEURAL NETWORKS)) AND SUBJAREA(MULT OR CENG OR CHEM OR COMP OR EART OR ENER OR ENGI OR ENVI OR MATE OR MATH OR PHYS) AND PUBYEAR > 2004 AND (LIMIT-TO(SUBJAREA,"COMP") OR LIMIT-TO(SUBJAREA,"ENGI")) AND (LIMIT-TO(SRCTYPE,"j")) AND (LIMIT-TO(DOCTYPE,"ar") OR LIMIT-TO(DOCTYPE,"cp") OR LIMIT-TO(DOCTYPE,"re"))
Fecha de cierre de las búsquedas	2014 – 07 - 24

Fuente: Elaboración propia basado en los artículos consultados

2.2.2 Documentos publicados por año.

Figura 9. Principales publicaciones por año.

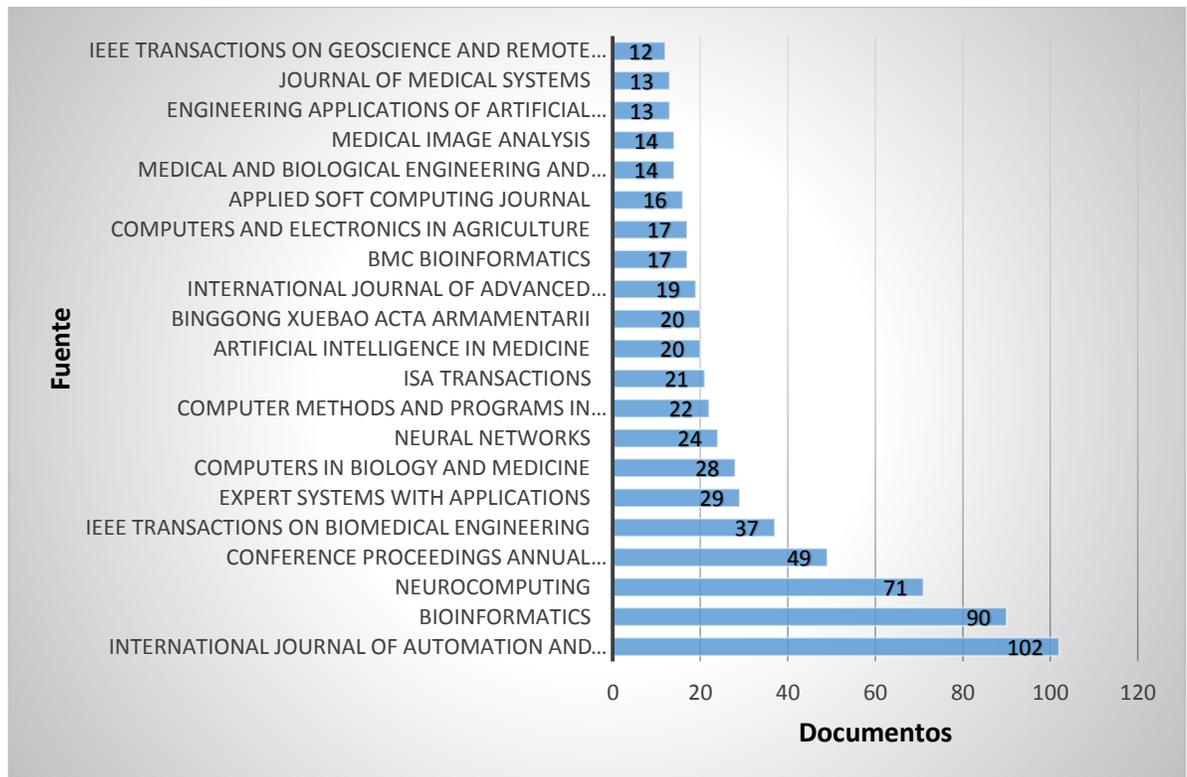


Fuente: Elaboración propia, a partir de la información tomada de scopus 2014

La figura nueve representa el número de documentos publicados por año relacionados con el tema de investigación, se presenta un interés creciente a partir del año 2007 y se mantiene una tasa de publicaciones con un comportamiento constante. Este comportamiento refleja la importancia de los algoritmos de programación en los procesos industriales, los cuales han tenido una gran evolución en los últimos años gracias al avance logrado en el desarrollo de hardware electrónico capaz de ejecutar tareas complejas y procesamiento de alta velocidad alcanzado un gran nivel de desarrollo en todos los campos de la ciencia y la industria.

2.2.3 Fuente de las principales publicaciones.

Figura 10. Fuente de las principales publicaciones.

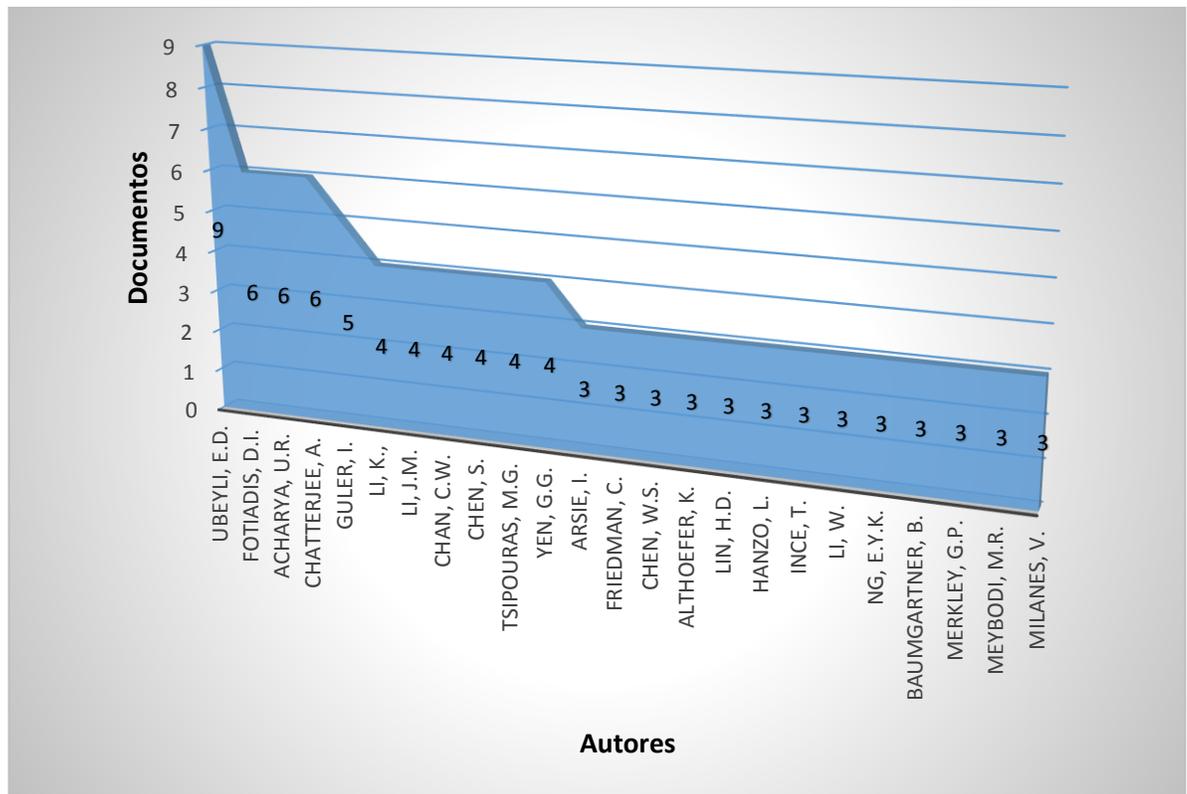


Fuente: Elaboración propia, a partir de la información tomada de scopus 2014

La figura diez presenta las principales fuentes de información que han hecho el mayor número de publicaciones sobre los temas investigados, se destaca la Revista Internacional de Automatización e Informática con ciento dos artículos, esto se correlaciona con la tendencia al crecimiento que han tomado las técnicas de programación y los algoritmos como base de estas. El resultado de unir las técnicas de programación con los dispositivos electrónicos de alto rendimiento es lo que se conoce en la actualidad como automatización y es la fuente del desarrollo y la competitividad industrial.

2.2.4 Principales autores.

Figura 11. Principales autores.

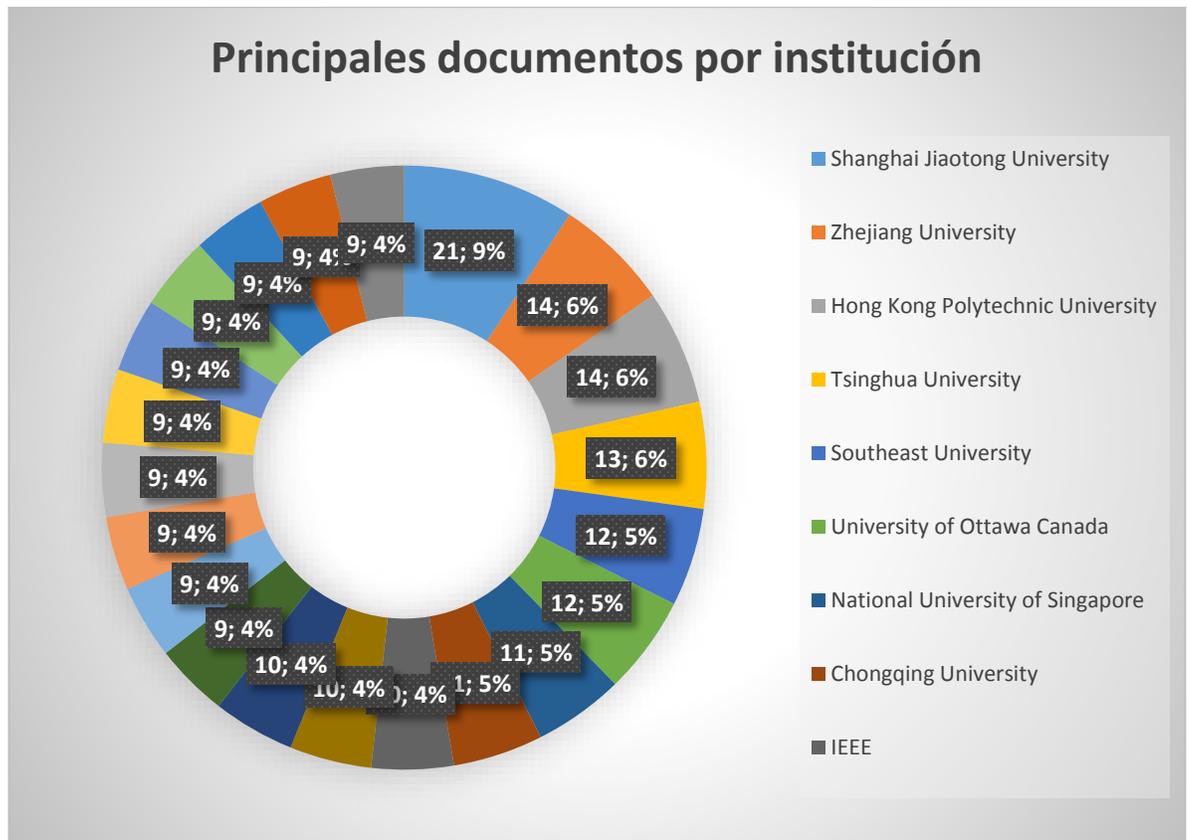


Fuente: Elaboración propia, a partir de la información tomada de scopus 2014

La figura once agrupa los principales autores que han contribuido con sus publicaciones, se destacan en primer lugar los autores de medio oriente y el mediterráneo, seguidos por los europeos y asiáticos, este hecho se explica desde el punto de vista tecnológico y de desarrollo que presenta Europa, Asia y algunos países de medio oriente como Israel y Turquía los cuales son grandes productores de tecnología para el mundo.

2.2.5 Principales instituciones.

Figura 12. Principales instituciones.

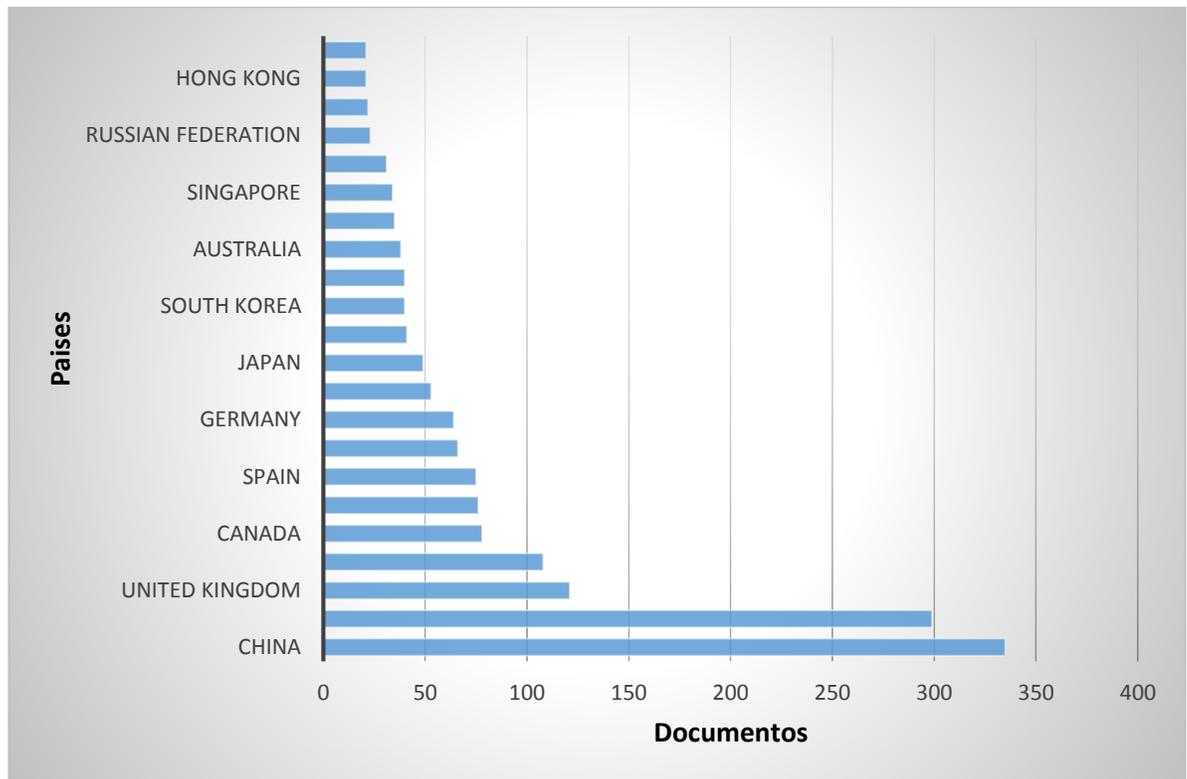


Fuente: Elaboración propia, a partir de la información tomada de scopus 2014

La figura doce muestra la gran contribución de las instituciones asiáticas a la investigación y al desarrollo tecnológico, sustentado en los objetivos de china que se perfila como la potencia dominante en varios aspectos como lo son la economía y la ciencia, derivado de esto es de esperarse que sus universidades sean grandes contribuyentes de conocimiento y desarrollo en temas como el software y el hardware logrando posicionarse en el mundo como una potencia tecnológica.

2.3.6 Principales países que están trabajando en el tema.

Figura 13. Principales países que están trabajando en el tema.



Fuente: Elaboración propia, a partir de la información tomada de scopus 2014

La figura trece confirma la gran participación de china como actor principal en el desarrollo de tecnología e investigación, seguido por el reino unido, Canadá y España, estos tres países son en la actualidad los que más trabajan en el tema de los algoritmos y técnicas de programación enfocados a la automatización de los diferentes procesos industriales.

2.3.7 Principales tipos de documentos publicados.

Figura 14. Principales tipos de documentos publicados.

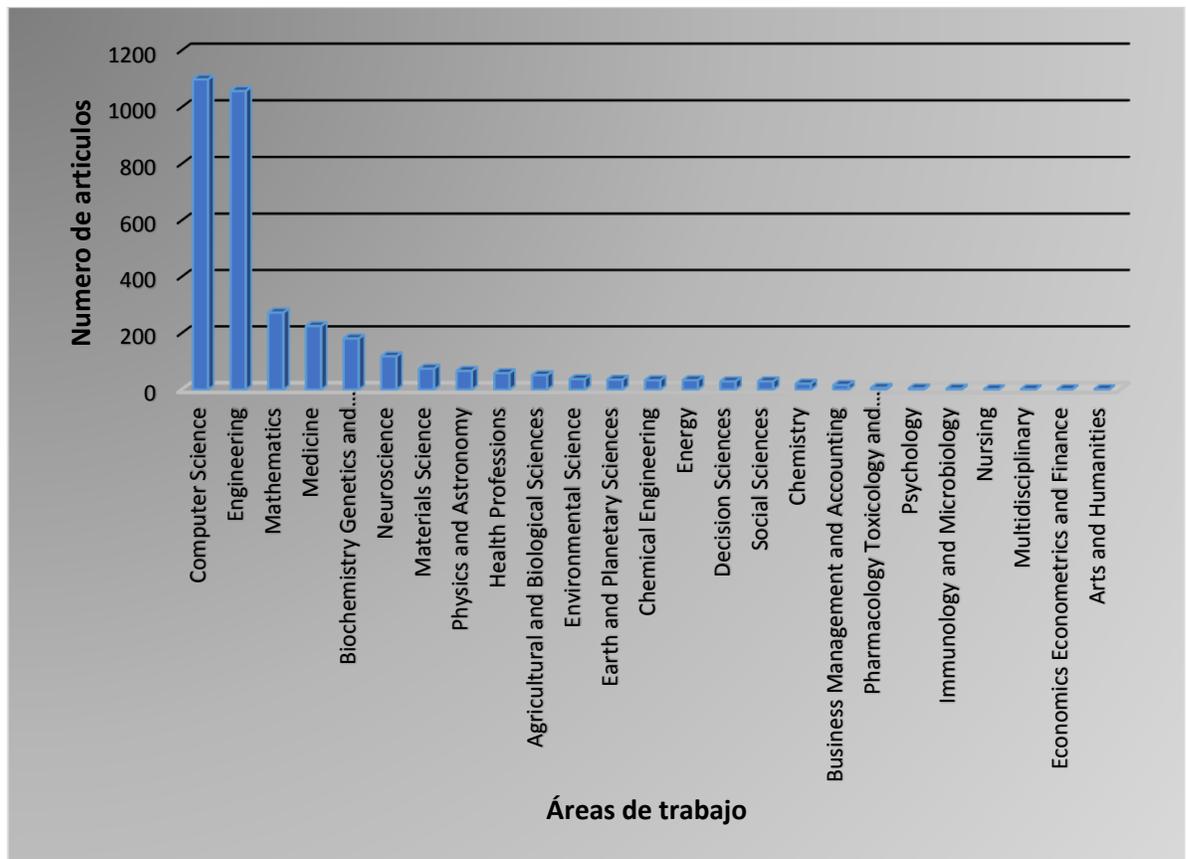


Fuente: Elaboración propia, a partir de la información tomada de scopus 2014

La figura catorce muestra la composición de la información hallada la cual está compuesta en un 94% por artículos, siendo este tipo de documento el de mayor publicación sobre el tema objeto de la investigación.

2.3.8 Principales áreas de trabajo.

Figura 15. Principales áreas de trabajo.



Fuente: Elaboración propia, a partir de la información tomada de scopus 2014

En figura quince se observan las principales áreas de la ciencia en las que mayor relevancia ha tomado el tema de los algoritmos y las técnicas de programación, las tres áreas más impactadas por este tema son la ciencia computacional, la ingeniería y las matemáticas, siendo estas áreas las encargadas del desarrollo y la generación de tecnología en todos los niveles socio económicos.

2.3.9 Principales patentes encontradas sobre algoritmos de programación.

Tabla 2. Principales patentes encontradas sobre algoritmos de programación.

Patente	Código	Año	Descripción
Estrategia de control adaptativo y un método para la optimización de los vehículos eléctricos híbridos.	US 7954579 B2	2008	Esta invención se refiere a una estrategia de control para un vehículo eléctrico híbrido que tiene un motor eléctrico, una batería y un motor de combustión interna.
Sistema de control inteligente basado en Software de cómputo.	US 20030093392 A1	1998	Se trata de un sistema de control reducido que está configurado para utilizar un conjunto de pocos sensores para el control de una planta sin una pérdida significativa de calidad (exactitud).
Método y arquitectura de hardware para controlar un proceso o para el procesamiento de datos basados en software de computación cuántica.	WO 2001067186 A1	2000	Esta invención se refiere en general a un método y un dispositivo de hardware para controlar un proceso o para el procesamiento de datos en una base de datos, y más específicamente para controlar un proceso y / o incluyendo operaciones inteligentes de búsqueda de los mínimos.

Tabla 2. (Continuación)

Patente	Código	Año	Descripción
Sistema de control mecatrónico inteligente para una suspensión basado en software cuántico.	WO 2004012139 A2	2002	Se describe un sistema de control para la optimización de un amortiguador que tiene una característica cinética no lineal.
Método para determinar el estado de salud utilizando un sistema inteligente.	US 6456988 B1	1997	Se presenta un método para determinar el estado de salud (SOH) de un dispositivo electroquímico utilizando lógica difusa (es decir, un sistema inteligente).
La detección de cáncer a través de la respiración, que comprende un conjunto de sensores compuestos por nano partículas conductoras.	EP 2376913 A1	2009	Esta invención habla de un dispositivo dotado de un algoritmo genético que con un conjunto de sensores realiza la detección de bio marcadores de cáncer en muestras de aliento.
Formación basada en el algoritmo genético de un ANFIS (Adaptive neuro fuzzy inference system) para la previsión del consumo de energía eléctrica.	EP 2551798 A1	2011	La presente invención se refiere a un método para la predicción de los consumos eléctricos en instalaciones productivas industriales. Mediante un modelado basado en estructuras auto-configurables ANFIS por algoritmos genéticos (AG).
Dispositivo con transistores de efecto de campo enriquecidos con óxido de nitrógeno para la detección de explosivos comprende nano cables de silicio no oxidados y funcionalizados.	EP 2245446 A1	2008	Esta invención habla de un aparato para la detección de compuestos volátiles derivados de materiales explosivos con muy alta sensibilidad mediante la implementación de algoritmos genéticos.

Tabla 2. (Continuación)

Patente	Código	Año	Descripción
Sistema de control inteligente robusto para motocicletas utilizando un software optimizador.	EP 1571073 A2	2004	La presente invención describe un software para el control de dirección de una motocicleta mediante el uso de algoritmos de lógica difusa.
Sistema y método para el seguimiento y la gestión de las redes de transmisión y distribución de energía eléctrica.	US 7979239 B2	2002	Se describe un sistema y método para el seguimiento y la gestión de las redes de transmisión y distribución de energía eléctrica a través del uso de un método determinista.
Método de identificación de los parámetros del circuito equivalente del motor asíncrono de jaula de ardilla con base en la capacidad eléctrica medible.	CN 103281031 A	2013	La invención da a conocer un método de identificación de los parámetros del circuito equivalente del motor asíncrono de jaula de ardilla mediante el uso de algoritmos adaptativos basado en la capacidad eléctrica medible, y pertenece al campo de la identificación en línea de los parámetros de motores asíncronos de jaula de ardilla.
Método y aparato para la optimización de los sistemas de refrigeración	US 8463441 B2	2002	Un aparato dotado de un algoritmo genético para controlar un sistema de refrigeración que tiene un punto de funcionamiento, que comprende: una memoria configurada para almacenar una relación de al menos una eficiencia del evaporador, una carga de calor del evaporador, una cantidad de refrigerante en el evaporador, y una variable.
Sistema para la predicción de fugas de acero en un cristalizador de colada continua	CN 201791938 U	2010	El modelo proporciona un sistema de predicción de fugas de acero de un cristalizador de colada continua. El modelo de predicción de fugas de acero se encuentra en el PLC del cristalizador (Controlador Lógico Programable), cuenta con un sensor de corriente que está en comunicación con el modelo de predicción de fugas de acero.

Tabla 2. (Continuación)

Patente	Código	Año	Descripción
Sistema de optimización y rendimiento para un barco de vela.	US 6308649 B1	1999	La presente invención abarca el concepto de un enfoque de sistemas para medir y optimizar el rendimiento del velero y la tripulación, así como los diversos sub componentes, tecnología, software, algoritmos y relaciones que conforman la implementación de un sistema de este tipo.
Método de control numérico inteligente con función de auto-optimización del proceso de tres etapas.	CN 101477351 B	2008	La invención pertenece al campo de la integración mecánica y eléctrica de la tecnología digital, en particular, se refiere a una supervisión del estado de sitio basado en el mecanizado y la optimización en tiempo real y la integración del sistema inteligente de control difuso a un CNC.
Un controlador difuso adaptativo y un método de simulación.	WO 2000016173 A2	1998	La presente invención se refiere a un controlador y un método de funcionamiento de un controlador adecuado para aplicaciones críticas de seguridad tales como un reactor nuclear, en particular cuando el sistema controlado está relativamente bien caracterizado.
Aspiradora con control difuso	US 5233682 A	1990	Un aspirador con control difuso, cuenta con un sensor para detectar condiciones de succión de polvo, cantidad de polvo, tipo de polvo y / o superficie de suelo a limpiar. Una sección de inferencia difusa que responde a la condición de la succión de polvo, determina la fuerza de succión apropiada y controla la fuerza de succión del aspirador a través de inferencia difusa.

Tabla 2. (Continuación)

Patente	Código	Año	Descripción
Sistema de control con lógica difusa.	US 5412757 A	1990	La presente invención se refiere a un sistema de control difuso, un sistema de control basado en reglas que controlan un objeto cuyas características dinámicas no se conocen suficientemente o que varían durante el funcionamiento (por ejemplo, una planta, robot, etc.), lo cual sería difícil de lograr con la teoría de control clásica.
Dispositivo de control, y algoritmo en lógica difusa para el control de presión de corte de una máquina cortadora por hoja de sierra.	CN 203170969 U	2013	La invención se refiere al campo de la producción de materiales superduros, particularmente para el módulo de control de presión en lógica para la cuchilla y la unidad de control.
Algoritmo de control Auto adaptable para puente rectificador trifásico PWM (Pulse Width Modulation) basado en la estimación del tiempo de zona muerta.	CN 103368419 A	2012	La invención proporciona un algoritmo de control auto-adaptativo basado en la estimación del tiempo de zona muerta. Principalmente dirigido a controlar los rectificadores trifásicos PWM.

Fuente: Elaboración propia basada en la información extraída de google patents.

2.3 ZOOM EN ALGORITMOS DE PROGRAMACIÓN APLICADOS AL SECTOR ELECTRICO.

2.3.1 Ficha técnica. En la Tabla 3 se muestra la ficha técnica que relaciona la información de las bases de datos consultadas, la ecuación de búsqueda y la fecha de cierre de las búsquedas.

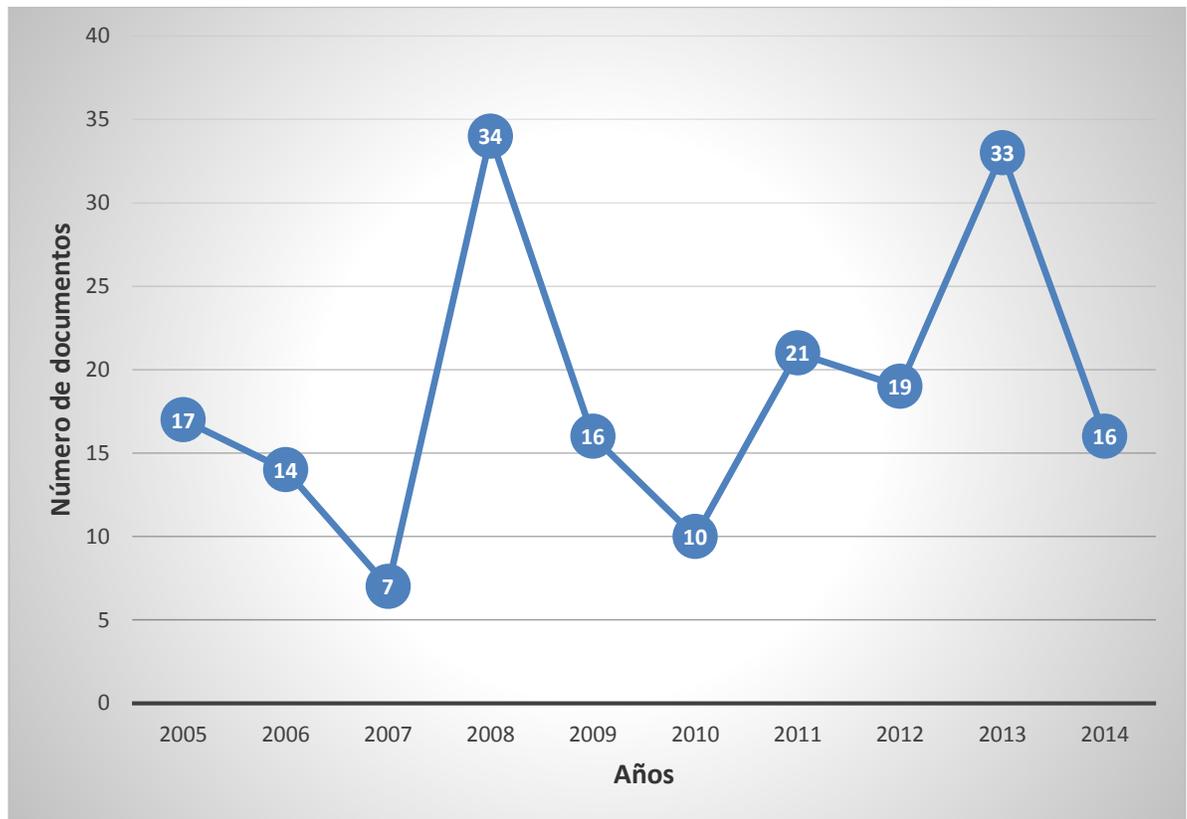
Tabla 3. Ficha técnica

FICHA TÉCNICA	
“AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL” ALGORITMOS DE PROGRAMACIÓN APLICADOS AL SECTOR ELÉCTRICO	
Bases de datos	SCOPUS
Ecuación búsqueda	(TITLE-ABS-KEY(POWER DISTRIBUTION) AND TITLE-ABS-KEY(PROCESS CONTROL) OR TITLE-ABS-KEY(NEURAL NETWORKS) OR TITLE-ABS-KEY(GENETIC ALGORITHMS) OR TITLE-ABS-KEY(ADAPTIVE ALGORITHMS) OR TITLE-ABS-KEY(FUZZY LOGIC) AND TITLE-ABS-KEY(PROGRAMMING)) AND DOCTYPE(AR OR RE) AND SUBJAREA(MULT OR CENG OR CHEM OR COMP OR EART OR ENER OR ENGI OR ENVI OR MATE OR MATH OR PHYS) AND PUBYEAR > 2004 AND (LIMIT-TO(SUBJAREA,"ENGI") OR LIMIT-TO(SUBJAREA,"ENER") OR LIMIT-TO(SUBJAREA,"COMP"))
Fecha de cierre de las búsquedas	2014 – 07 - 24

Fuente: Elaboración propia, a partir de la información tomada de scopus 2014

2.3.1 Principales publicaciones por año.

Figura 16. Principales publicaciones por año.

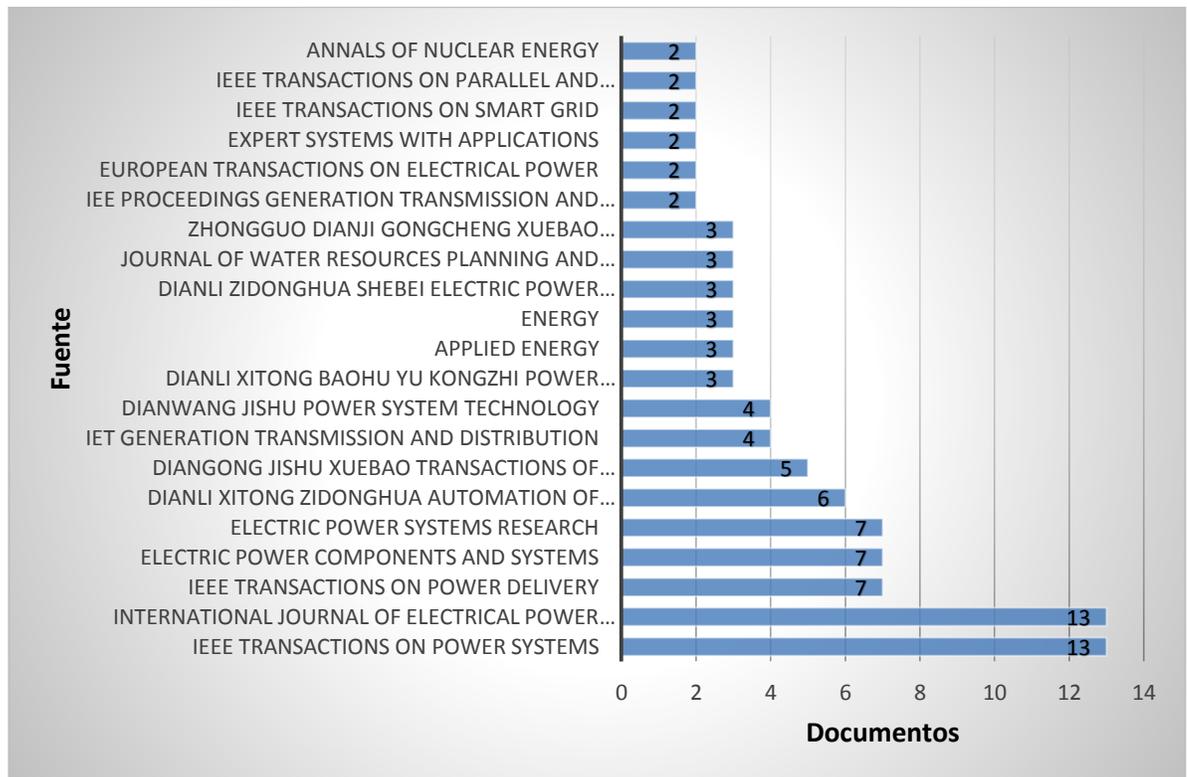


Fuente: Elaboración propia, a partir de la información tomada de scopus 2014

La figura diecisiete representa el número de documentos publicados por año relacionados con el tema de investigación, se presenta un interés variable en los últimos diez años, se produjo un gran número de publicaciones en el año 2008, se presentaron altibajos en los años siguientes, y nuevamente en el año 2013 el tema tomó gran relevancia. Este comportamiento se debe a la utilización de los modernos dispositivos de control, que dotados con algoritmos de alto desempeño brindan la posibilidad de tener un mayor control sobre los sistemas eléctricos de potencia y la operación y distribución eficiente de la energía eléctrica.

2.3.2 Fuente de las principales publicaciones.

Figura 17. Fuente de las principales publicaciones.

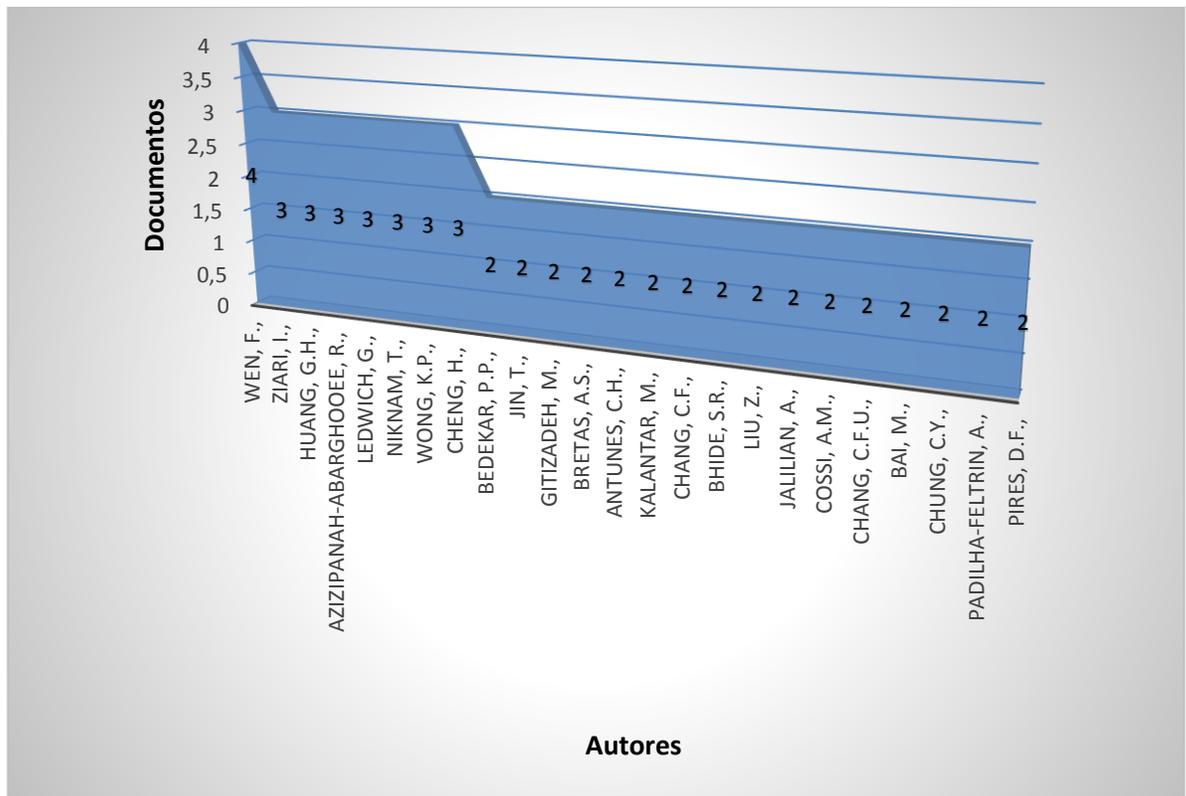


Fuente: Elaboración propia, a partir de la información tomada de scopus 2014

La figura diecisiete presenta las principales fuentes de información que han hecho el mayor número de publicaciones sobre los temas investigados, se destaca el Instituto de Ingenieros Eléctricos y electrónicos (IEEE) con sus publicaciones en transacciones en sistemas eléctricos de potencia con trece artículos, seguido por la Revista Internacional de Energía Eléctrica y Sistemas de Energía.

2.3.3 Principales autores.

Figura 18. Principales autores.

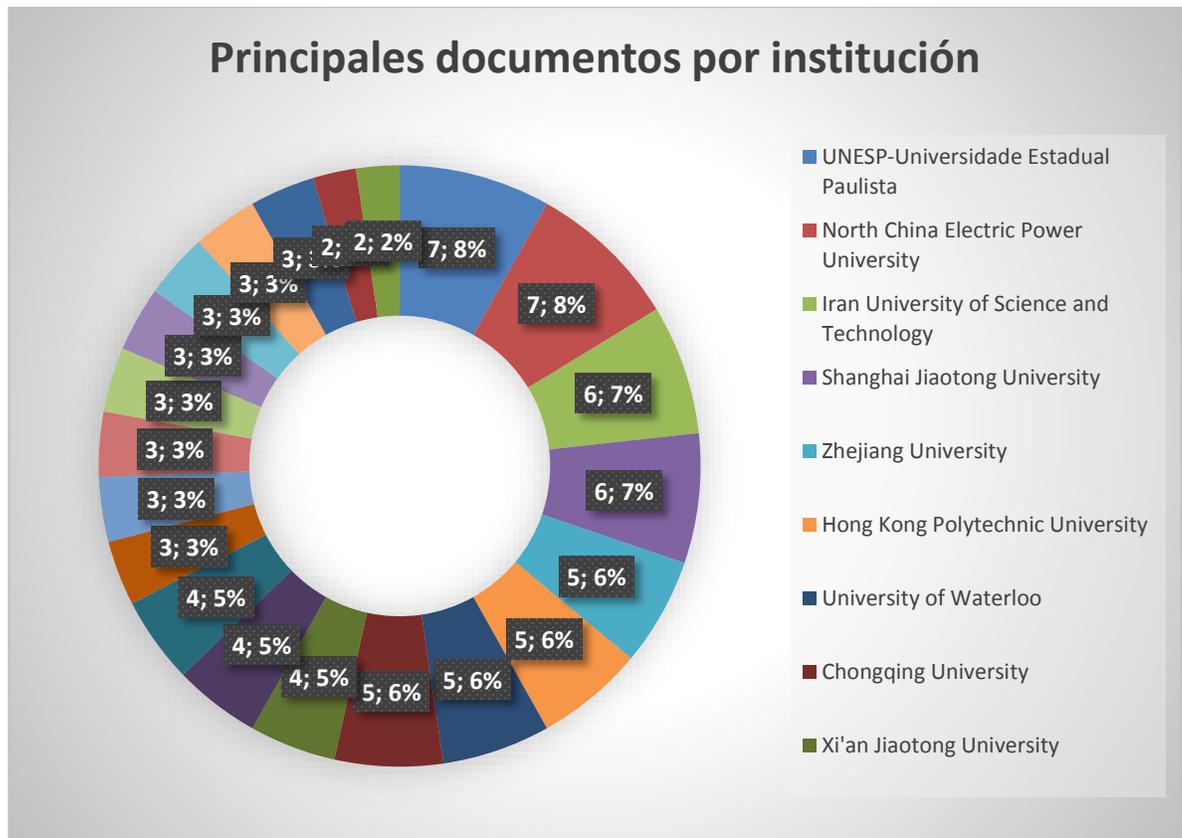


Fuente: Elaboración propia, a partir de la información tomada de scopus 2014

La figura dieciocho agrupa los principales autores que han contribuido con sus publicaciones, se destacan en primer lugar los autores asiáticos, este hecho se explica desde el punto de vista tecnológico y de desarrollo que presenta el continente asiático el cual es un gran productor de tecnología para el mundo.

2.3.4 Principales instituciones.

Figura 19. Principales instituciones.

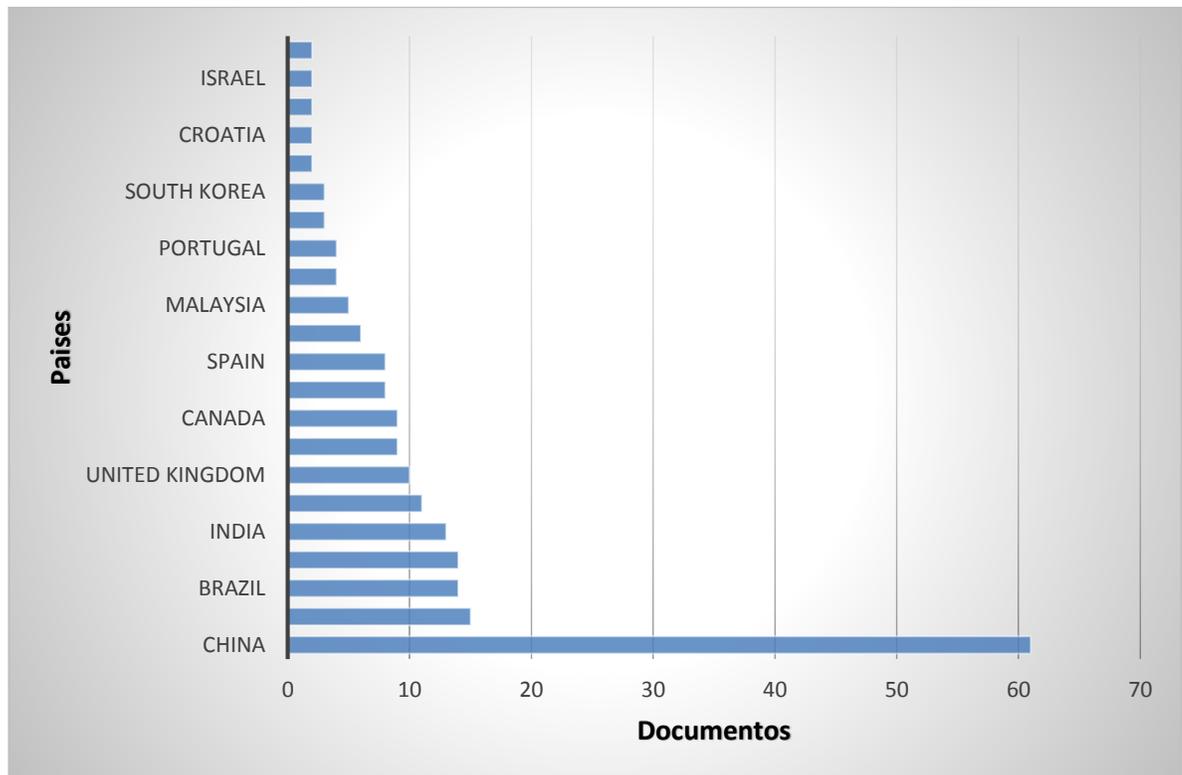


Fuente: Elaboración propia, a partir de la información tomada de scopus 2014

La figura diecinueve muestra la gran contribución de las instituciones asiáticas a la investigación y al desarrollo tecnológico, sustentado en los objetivos de china que se perfila como la potencia dominante en varios aspectos como lo son la economía y la ciencia, derivado de esto es de esperarse que sus universidades sean grandes contribuyentes de conocimiento y desarrollo en temas como el software y el hardware logrando posicionarse en el mundo como una potencia tecnológica.

2.3.5 Principales países que están trabajando en el tema.

Figura 20. Principales países que están trabajando en el tema.



Fuente: Elaboración propia, a partir de la información tomada de scopus 2014

La figura veinte confirma la gran participación de china como actor principal en el desarrollo de tecnología e investigación, seguido por Brasil que representa al país más industrializado de Sudamérica, india y el reino unido, estos cuatro países son en la actualidad los que más trabajan en el tema de los algoritmos aplicados al sector eléctrico y las técnicas de programación enfocados a la automatización de la distribución de energía eléctrica.

2.3.6 Principales tipos de documentos publicados.

Figura 21. Principales tipos de documentos publicados.

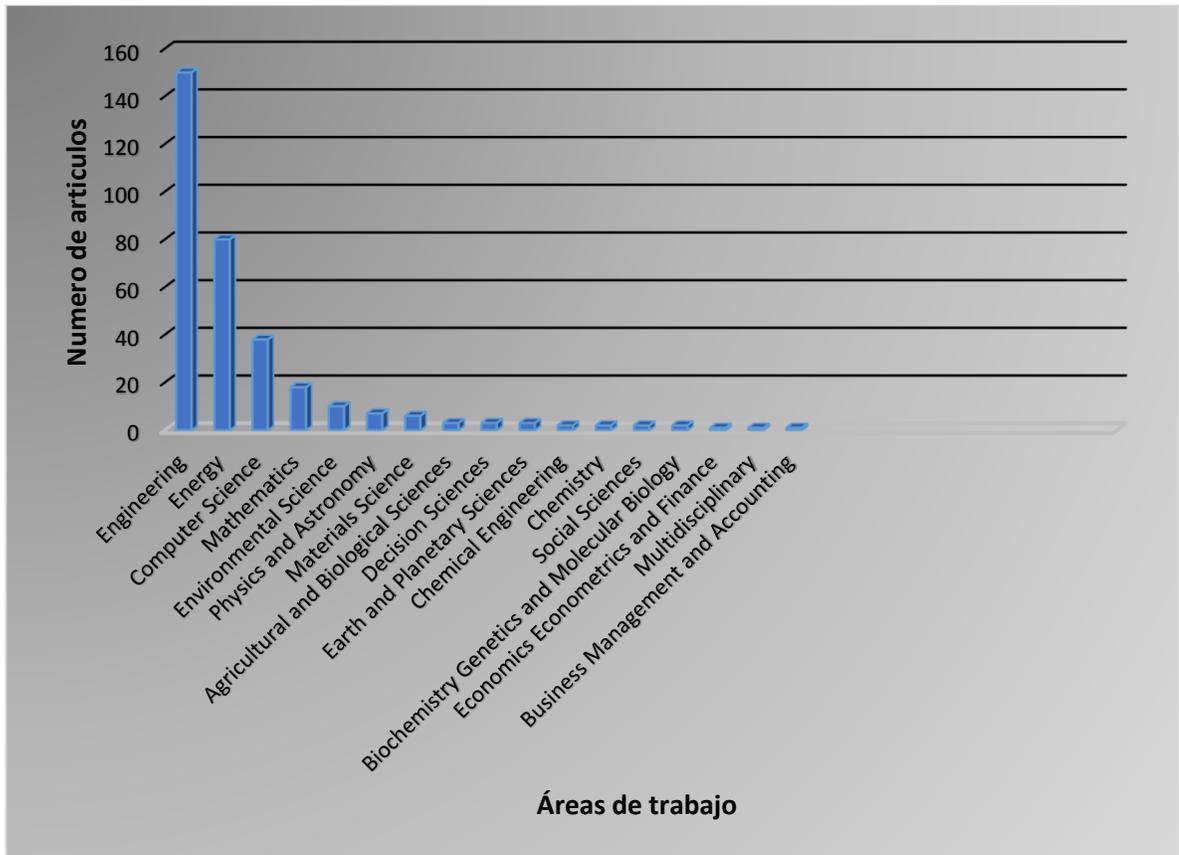


Fuente: Elaboración propia, a partir de la información tomada de scopus 2014

La figura catorce muestra la composición de la información hallada la cual está compuesta en un 98% por artículos, siendo este tipo de documento el de mayor publicación sobre el tema objeto de la investigación.

2.3.7 Principales áreas de trabajo.

Figura 22. Principales áreas de trabajo.



Fuente: Elaboración propia, a partir de la información tomada de scopus 2014

En figura veintidós se observan las principales áreas de la ciencia en las que mayor relevancia ha tomado el tema de los algoritmos aplicados al sector eléctrico y las técnicas de programación, las tres áreas más impactadas por este tema son la ingeniería, la energía y las ciencias computacionales.

2.3.8 Principales patentes encontradas sobre algoritmos aplicados al sector eléctrico.

Tabla 4. Principales patentes encontradas sobre algoritmos aplicados al sector eléctrico.

Patente	Código	Año	Descripción
Sistema distribuido de integración de energía	US 6925361 B1	1999	La invención trata sobre un sistema para los generadores de energía usando un aparato que acopla una pluralidad de generadores para la comercialización de energía.
Sistemas de procesos, control y distribución de energía eléctrica	CA 2649838 C	2006	La invención trata sobre un sistema usando un aparato apoyándose de redes neuronales artificiales para controlar: potencia, voltaje o factor de potencia de los sistemas de transmisión de energía.
Sistemas y procesos de control de distribución de energía eléctrica.	US 20050125104 A1	2003	La presente invención se refiere a los sistemas de distribución de energía eléctrica, procesos, aparatos y la administración de energía en los sistemas de distribución de energía eléctrica. Más particularmente, se refiere al ahorro de energía y la regulación de la potencia selectiva en los sistemas de distribución de energía.

Tabla 4. (Continuación)

Patente	Código	Año	Descripción
Gestión de la energía automática y reducción del consumo de energía, especialmente en los sistemas comerciales y de varios edificios.	US 8078330 B2	2007	Esta invención se refiere en general a sistemas y métodos para la gestión del uso de la energía, y en especial a los sistemas y métodos de gestión de la energía utilizada en un contexto complejo de varios edificios.
Sistemas y procesos de control de distribución de energía eléctrica	US 7729810 B2	2006	La invención describe un proceso para la regulación de la distribución de potencia y energía, incluye el filtrado de datos de sensores eléctricos para proporcionar datos acondicionados y representativos de una parte de una red de distribución de energía y determinar, mediante un controlador y basándose en parte en los datos acondicionados, cuando un aumento o disminución en un parámetro de salida desde un regulador de una pluralidad de reguladores en la red eléctrica pública reducirá el consumo de energía del sistema.
Sistema y método para la predicción de carga.	US 8392031 B2	2011	La presente invención nos muestra un método de previsión de cargas para un día de hoy, incluye la obtención últimos valores de las cargas observadas de por lo menos tres días antes y la identificación de una relación entre la previsión de carga de la actualidad y el pasado, observar los valores de carga incluyendo pesos desconocidos asociados con los observados en el pasado de los valores de carga.
Control de Red del sistema de distribución de energía.	US 5694329 A	1994	La presente invención se refiere a mejoras en el control en un sistema de distribución de energía. Específicamente, la invención implica una red distribuida para el control automático de un sistema de distribución de energía.

Tabla 4. (Continuación)

Patente	Código	Año	Descripción
Método de control utilizando redes neuronales y un regulador de tensión / potencia reactiva de un sistema de alimentación mediante el método de control	US 5485545 A	1991	El objeto de la presente invención es proporcionar una técnica de control que permita unas características de control para ser implementadas mediante la adopción de las características dinámicas, sin llevar a cabo una tarea engorrosa de configuración de un patrón en el plano de control. Y proporcionar un controlador de tensión / potencia reactiva.
Controlador de modo deslizante para la optimización de la red neuronal.	US 20110276150 A1	2010	La presente invención se refiere en general a sistemas de generación de energía, y más específicamente, a una red neuronal y la optimización de un controlador que mejora la robustez en las respuestas de un único sistema de generación de energía bajo una variedad de condiciones de operación.
Corrección de la saturación de corriente del transformador usando redes neuronales artificiales	US 6247003 B1	1998	La invención proporciona técnicas para la corrección de la saturación en un transformador de corriente que se utiliza para proporcionar una medición de corriente. se proporciona una red neuronal artificial. La red neuronal artificial está capacitado para implementar una función de transferencia inversa del transformador de corriente y produce una salida que representa la saturación del transformador de corriente.
Sistema distribuido de integración de redes neuronales de energía.	US 6925361 B1	1999	La invención es un sistema que permite a los generadores de energía distribuida vender colectivamente la energía a la red eléctrica. Proporciona un aparato que operativamente acoplada una pluralidad de generadores de energía distribuidos a la red de energía eléctrica.

Tabla 4. (Continuación)

Patente	Código	Año	Descripción
Sistema y método para el seguimiento y la gestión de las redes de transmisión y distribución de energía eléctrica.	US 7979239 B2	2002	La presente invención se refiere a la supervisión y gestión de las redes de transmisión de potencia y distribución eléctrica, y más particularmente a un sistema y método para determinar la capacidad de una red de este tipo, del estado de la red y la línea de transmisión por la determinación del flujo de carga y utilizando un determinista, no iterativo y el análisis en tiempo real de la red.
Métodos y sistemas para los modelos de auto-generación de redes con fines de gestión de red	US 20100241698 A1	2009	Esta presente invención se refiere en general a sistemas y métodos implementados por ordenador para el modelado de la forma y la función de las redes que consisten de recursos de red tales como los sistemas de proceso humano, información, equipo, y. Más particularmente, se refiere a sistemas y métodos para permitir la extracción, la gestión y la fusión de los modelos de redes.
Control de Red del sistema de distribución de energía.	US 5694329 A	1994	La presente invención se refiere a mejoras en el control en un sistema de distribución de energía. Específicamente, la invención implica una red distribuida para el control automático de un sistema de distribución de energía.
Red de baja tensión a través del método de control de inversor fotovoltaico de alta potencia.	CN 103311949 A	2013	La técnica de la presente invención es resolver el problema: para mejorar el inversor de la energía fotovoltaica existente puede suprimir de manera efectiva el impacto de la corriente instantánea en la caída de tensión de la red que causó el problema.

Tabla 4. (Continuación)

Patente	Código	Año	Descripción
Neuro tipo 2 basado en el método difuso para la toma de decisiones.	US 8515884 B2	2008	La presente invención se refiere a métodos y controladores para múltiples fines y análisis inteligente de datos y los sistemas de apoyo a las decisiones en una variedad de aplicaciones industriales y comerciales que se caracterizan por grandes cantidades de información imprecisa o compleja que requiere un análisis para la toma de decisiones efectivas.
Automatización de alimentación para un sistema de distribución de energía eléctrica.	US 8121740 B2	2008	La invención trata sobre el método de detección de un fallo en el sistema basado en la matriz de incidencia. Incluye, además, la lógica de control de generación de aislamiento y aislar el fallo basado en la lógica de control de aislamiento. El método incluye además la lógica de control de generación de restauración basado en una búsqueda a lo ancho de la matriz de incidencia y la restauración del sistema basado en la lógica de control de la restauración.
Sistema de gestión de la energía en un sistema de alimentación y distribución	US 7085660 B2	2003	La invención proporciona un método y un sistema para optimizar el rendimiento de un sistema de generación y distribución de energía, detecta perturbaciones y calcula la información estadística, utiliza datos históricos de rendimiento y los factores económicos para analizar y controlar la producción de energía.

Tabla 4. (Continuación)

Patente	Código	Año	Descripción
Neuro tipo 2 basado en el método difuso para la toma de decisiones.	US 8515884 B2	2008	La presente invención se refiere a métodos y controladores para múltiples fines y análisis inteligente de datos y los sistemas de apoyo a las decisiones en una variedad de aplicaciones industriales y comerciales que se caracterizan por grandes cantidades de información imprecisa o compleja que requiere un análisis para la toma de decisiones efectivas.
Automatización de alimentación para un sistema de distribución de energía eléctrica.	US 8121740 B2	2008	La invención trata sobre el método de detección de un fallo en el sistema basado en la matriz de incidencia. Incluye, además, la lógica de control de generación de aislamiento y aislar el fallo basado en la lógica de control de aislamiento. El método incluye además la lógica de control de generación de restauración basado en una búsqueda a lo ancho de la matriz de incidencia y la restauración del sistema basado en la lógica de control de la restauración.
Sistema de gestión de la energía en un sistema de alimentación y distribución	US 7085660 B2	2003	La invención proporciona un método y un sistema para optimizar el rendimiento de un sistema de generación y distribución de energía, detecta perturbaciones y calcula la información estadística, utiliza datos históricos de rendimiento y los factores económicos para analizar y controlar la producción de energía.

Tabla 4. (Continuación)

Patente	Código	Año	Descripción
Identificar las fuentes de datos para la red neuronal	WO 2006084151 A2	2005	La presente invención es un nuevo dispositivo, sistema y método para la identificación de fuentes de datos para una red neuronal. El método puede determinar las curvas de carga para cada conjunto de datos seleccionado.

Fuente: Elaboración propia basada en la información extraída de google patents.

CONCLUSIONES

- Los resultados de la investigación permitieron conocer el estado actual de la automatización industrial en el mundo, se destaca la importancia que han tomado los sistemas de control distribuidos (DCS) ya que estos permiten tener un control descentralizado el cual brinda márgenes de confiabilidad superiores con respecto al control centralizado (CCS).
- Se observa que en la última década la automatización industrial ha tenido un crecimiento y desarrollo con un comportamiento exponencial. Este comportamiento se deriva del gran desarrollo logrado en los equipos electrónicos los cuales pueden realizar tareas de procesamiento a tasas de velocidades muy altas aumentando la eficiencia de los controladores.
- El desarrollo de la electrónica ha llevado que todos los campos de la ciencia se apoyen en esta para llevar a la realidad los prototipos y diseños nacidos de las investigaciones científicas, logrando grandes avances en la medicina, la aeronáutica, la geología, la robótica y todas las áreas de la ciencia donde se requiera un dispositivo que ejecute una tarea.
- Se evidencia un gran desarrollo en las técnicas de programación tales como: los algoritmos genéticos, las redes neuronales, los algoritmos adaptativos y la lógica difusa. Mediante estas técnicas de programación se ha logrado explotar todo el potencial de los procesadores, pudiendo así realizar tareas complejas como lo son el desarrollo matemático de alto nivel para predecir comportamientos de procesos y tomar acciones de control tendientes a garantizar la estabilidad de un proceso.
- La integración de las técnicas de programación con los dispositivos electrónicos han tenido una fuerte incursión en la operación, protección y

predicción del comportamiento de los sistemas eléctricos de potencia, siendo esto de vital importancia para la calidad y confiabilidad del suministro eléctrico en todos sus escenarios.

- En cuanto a la producción de conocimiento he investigación china ha tomado las riendas, convirtiéndose en uno de los países que más investiga sobre el tema de la automatización industrial, en cuanto a Colombia no se evidencia producción alguno en esta línea, por el contrario Brasil presenta algunos aportes siendo el único país sudamericano con publicaciones en el tema investigado.

RECOMENDACIONES

- Incentivar a los estudiantes de pregrado para que tomen la investigación como eje del desarrollo y motor de la producción de conocimiento.
- Invertir en recursos para los semilleros y grupos de investigación, para que la producción de conocimiento sea la bandera de las instituciones educativas.
- Estructurar los currículos para que la línea de profundización sea la automatización de procesos, haciendo hincapié en las técnicas de programación bajo la premisa “El controlador existe, ¿dónde está el programador?”.
- Establecer un puente de cooperación entre la universidad y la industria, convirtiendo a las instituciones de educación superior en fuente de desarrollo tecnológico y a la industria en financiador de estos desarrollos.

BIBLIOGRAFIA

- Acosta, G., & Todorovich, E. (2003). Genetic algorithms and fuzzy control: a practical synergism for industrial applications. *Computers in Industry*, 183-184.
- Adachi, M., Ushio, T., & Ukawa, Y. (2006). Design of user-interface without automation surprises for discrete event systems. *Control Engineering Practice*, 1249-1250.
- Armesto, L., Mora C., M., & Tornero, J. (Enero de 2005). *SUPERVISIÓN, TELEOPERACIÓN Y NAVEGACIÓN DE VEHÍCULOS INDUSTRIALES Y SU INTEGRACION EN EL SISTEMA DE GESTIÓN*. (R. I. Industrial, Editor)
- B., J. V. (1999). Automatización de la Selección de la Fruta en los Packing. *Revista Facultad de Ingeniería, núm. 6,, 3-8*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11400601>
- Bakule, L. (2008). Decentralized control: An overview. *Annual Reviews in Control*, 95.
- Bakule, L. (2014). Decentralized control: Status and outlook. *Annual Reviews in Control*, 71-72.
- Bourdeaud'Huy, T., & Yim, P. (2004). *Synthese de reseaux de Petri a partir d'exigences* .
- Cabasino, M. P., Giua , A., & Seatzu, C. (2007). *Identification of Petri nets from knowledge of their language*.
- Casanova Calvo, V. (MARZO de 2005). SISTEMAS DE CONTROL BASADOS EN RED MODELADO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONTROL. VALENCIA, VALENCIA, ESPAÑA. Recuperado el 17 de JUNIO de 2014, de

<http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1864/tesisUPV2252.pdf?sequence=1>

Cassandras, C., & Lafortune, S. (2008). *Introduction to discrete event systems (2nd ed.)*. New York: Springer.

Castellanos , O., martinez, L., & Salazar , G. (2003). El mapeo tecnológico de patentes como instrumento eficaz en el desarrollo tecnologico integral. *memorias del XXI congreso nacional de ingenieria quimica* (pág. 33). Bogota: Universidad Nacional.

Dotoli, m., Fanti, M., Mangini, P., & Ukovich, w. (2009). *On-line fault detection of discrete event systems by Petri nets and integer linear programming*.

Dotoli, M., Pia Fanti, M., Mangini M., A., & Ukovich, W. (2011). Identification of the unobservable behaviour of industrial automation systems by Petri nets. *Control Engineering Practice*, 958.

Escorsa, P., & Maspons, R. (2001). *De la vigilancia tecnológica a la inteligencia competitiva*. Madrid: Financial Times.

Giménez, P., Molina , B., Gallego-Calvo, J., Esteve, M., & Pelau, C. (2014). I3WSN: Industrial Intelligent Wireless Sensor Networks for indoor environments. *Computers in Industry*, 187.

Gold, E. M. (1967-1980). *Language identification in the limit. & Complexity of automaton identification from given data*.

Hadjicostis, C. (2005). Finite-estate machine embeddings for non-concurrent error detection and identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 50(2) 142-143.

<http://www.dspace.ups.edu.ec/>. (17 de 06 de 2014). Obtenido de <http://www.dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/182/2/Capitulo1.pdf>

- Jakobiak, F. (1992). Examples commentés de veille technologique. 15-16.
- Kassler, M. (2001). Agricultural Automation in the new Millennium. (C. a. agriculture, Ed.) Wollombi Road, Australia. Recuperado el 9 de 6 de 2014, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169900001678>
- Lasso, E., Muñoz, C., Ordóñez, F., Tosse, C., & Vivas, A. (2012). Sistema Virtual para el Posicionamiento del Robot. *Revista Universitaria en Telecomunicaciones, Informática y Control*. Recuperado el 8 de Junio de 2014, de <http://www.unicauca.edu.co/ai/publicaciones/CMunoz.pdf>
- Lefebvre, D., & Delherm, C. (2007). Diagnosis of DES with Petri net models. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 114-118.
- Lunze, J. (2008). Fault diagnosis of discretely controlled continuous systems by means of discrete-event models. *Discrete Event Dynamic Systems: Theory and Applications*, 181-210.
- Meda-Campaña,, M. E., & Lopez-Mellado, E. (2005). *Identification of concurrent discrete event systems using Petri nets*.
- Navarrete Arriola, Ó., & Yáñez Butrón, K. (12 de 2008). Sistemas integrales para la automatización de bibliotecas basados en software libre. (ACIMED, Ed.) Ciudad de la Habana, Cuba. Recuperado el 8 de 6 de 2014, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1024-94352008001200009&script=sci_arttext
- Palmer, E. (1995). *Oops, it didn't arm—a case study of two automation*.
- Pavlovic, M., Koumboulis, F., Tzamtzi, M., & Rozman, C. (Noviembre-Diciembre de 2008). FUNCIÓN DE LOS AGENTES DE AUTOMATIZACIÓN EN LOS SISTEMAS. Texcoco, México. Recuperado el 09 de 06 de 2014, de <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=30211213006>

- Rezgui, A., & Eltoweissy, M. (2007). Service-oriented sensor–actuator networks: Promises, challenges, and the road ahead. *Computer Communications*, 2627.
- Saavedra , O. (2000). Los servicios de información electrónica y de inteligencia competitiva para el sector empresarial. *IntEmpres*, 16-18.
- Sampath, M., Sengupta, R., Lafortune, S., Sinnamohideen, K., & Teneketzi, D. (1995). *Diagnosability of discrete-event systems*.
- Sarter, N., & Woods, D. (1995). How in the world did we ever get into that mode? mode error and awareness in supervisory control. *Human Factors*, 5-19.
- Sarter, N., Woods, D., & Billings, C. (1997). *Automation surprises*. New York: Salvendy.
- Senol, S., Leblebicioglu, K., & G. Schmidt, E. (2010-2011). An algorithmic approach to networked control system design. *Journal of Network and Computer Applications*, 1-5. Recuperado el 15 de 06 de 2014, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1084804511000725>
- Sirkka, L., & Jounela, J. (2007). Future trends in process automation. *Annual Reviews in Control*, 211–220. Recuperado el 14 de 06 de 2014, de http://ac.els-cdn.com/S1367578807000387/1-s2.0-S1367578807000387-main.pdf?_tid=5a3eb860-f348-11e3-a0ef-00000aab0f26&acdnat=1402697962_41a8b94e409d718dab90009c0e44cf2c
- Tilli, A., & Paoli, A. (2009). *Rule-based composable modelling of industrial automation automata under nominal and faulty conditions*. Barcelona.

Vargas, F., & Castellanos , O. (2005). Vigilancia como herramienta de innovacion y desarrollo tecnológico. Caso de explicación: Sector de empaques plásticos flexibles. *REVISTA INGENIERIA E INVESTIGACIÓN*, 32-33.

YOU, K.-Y., & XIE, L.-H. (2013). Survey of Recent Progress in Networked Control Systems. *Acta Automatica Sinica*, 101.