Edición No. 4

CONTENIDO

DIRECTIVOS

Rector Seccional
Fray Carlos Arturo Díaz Rodríguez, O.P.

Vicerrector Académico
Fray Tiberio Polanía Ramírez, O.P.

Vicerrector Administrativo-Financiero
Fray Jesús Antonio Ceballos Giraldo, O.P.

Decano de División de Ingenierías
Fray Guillermo León Villa Hincapié, O.P.

Director
Fray Guillermo León Villa Hincapié., O.P.

Editor
Fernando Niño Ruiz
Universidad Santo Tomás Secciónal
Bucaramanga

Coordinador
Erik Vera Mercado

Concejo editorial
Erik Vera Mercado
Jaime Castro
Daniel Eduardo Cobos
Luis Omar Sarmiento
Javier Peña
Richard Caicedo
Julián Mantilla
Mauricio Velasco
Fernando Niño Ruiz

Asesores naciónales
Fernando Niño Ruíz
William Castro
Jaime Castro
Mauricio Acevedo

Asesores internaciónales
Elías de los Reyes Davó
Miguel Fernando Bataller
Juan Vicente Balbastre
Luis Nuño Fernández
Francisco Morant Anglada
José Simó
Emilio García

Corrección Ortográfica y de estilo
Fray Guillermo León Villa Hincapié, O.P.
Ciro Antonio Rozo Gauta

Traducciónes
Genny Castellanos Quiroz

Producción Creativa
Departamento de Comunicaciónes

Director Dpto. Comunicaciónes
C.S. Oscar Castellanos Rodríguez

Diseño y Diagramación
D.G. Edith Domínguez Suárez

Impresión
Litografía La Bastilla

Derechos Reservados Universidad Santo Tomás

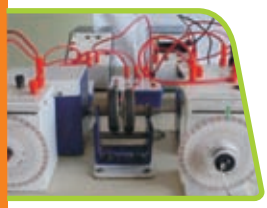
Cada artículo es responsabilidad de su autor y no refleja la posición de la revista. Se autoriza la reproducción de los artículos siempre y cuando se cite al autor y la revista **iteckne**. Agradecemos el envío de un copia de la reproducción a esta dirección: Universidad Santo Tomás, Facultades de Ingeniería, Carrera 18 No. 9-27, E-mail: iteckne@ustabuca.edu.co Bucaramanga - Santander.

Servicio al Cliente iteckne
Teléfono 6800 801 Ext. 1411- 1421
Fax 6717067

Pág.

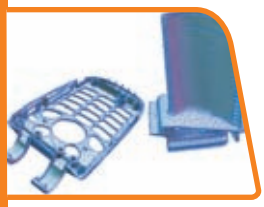
Editorial 2

Mejora de fiabilidad del suministro de energía eléctrica 3
E. Quiles, E. García, F. Morant



Diseño y construcción de un módulo didáctico para sistemas automáticos de control analógico 15
Erik José Vera Mercado
José Rubiel Cardenas Vanegas

Los dispositivos de control y su integración en sistemas multiplataforma 22
Julián Mantilla

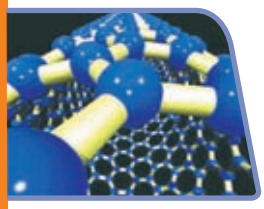


CAD/CAE una propuesta innovadora en el diseño de productos y procesos en Ingeniería 27
Pedro José Díaz Guerrero

Semillero de Investigación GEMMA USTA 30
Miguel Ángel Trigos Martínez

Retos e incertidumbres en las redes futuras de comunicaciones 33
Mauricio Velasco

Clúster en Linux. La solución a sus plegarias empresariales 39
Javier A. Meléndez, Freddy Beltrán, Miguel A. Hernández A.



Efecto del potencial de confinamiento sobre la energía de enlace de una impureza D° en hilos cuánticos y nanotubos de GaAs-Ga1-xAlxAs 46
Eduardo Orozco

Aspectos generales y perspectivas de la compatibilidad electromagnética (ECM) 51
Jaime Castro

El espectro de Huang-Hilbert y otras representaciones tiempo-frecuencia. Analisis comparativo 58
Luis Omar Sarmiento

ISSN 1692-1798

EDITORIAL

Fernando Niño Ruíz
Decano Facultad de
Ing. de Telecomunicaciones

La automatización y el control de productos y procesos, data de mediados del siglo XVIII con el surgimiento de la revolución industrial y con ella el uso de tarjetas perforadas para el control de las máquinas, el equipamiento especial para cortar metales, la utilización de piezas intercambiables, el torno automático, el control numérico, los robots, los sensores, el control adaptativo, y la implantación del CAD/CAE y el CAM, entre otras de las novedades tecnológicas importantes que se han creado y diseñado desde esa fecha para la optimización y mejoramiento de los procesos productivos en el mundo.

Desde hace varias décadas la cultura empresarial y organizacional de las instituciones colombianas ha ido cambiando, para incorporar innovaciones tecnológicas en sus procesos ya que son conscientes que no sólo deben atender el mercado nacional con sus productos, sino también el mercado externo y por esto deben prepararse para responder con productividad y competitividad.

Hoy en día, el motor que empuja el desarrollo industrial es el mercado, ya que éste establece e impone las condiciones de calidad y competitividad para ofrecer mejores precios, como también, productos y servicios muy bien terminados y prestados. Se constituye entonces la automatización, en el aliado perfecto de los diferentes sectores productivos para enfrentar el exigente mercado actual, ya que con ella se puede mejorar la calidad del producto, optimizar los tiempos de producción, perfeccionar los programas de seguridad industrial, mejorar la productividad reduciendo los costos de manufactura mediante un mejor control de la producción y disminuir los procesos repetitivos, entre los beneficios más visibles.

La innovación, la automatización en las diferentes fases de los procesos productivos, los cambios tecnológicos, la productividad y el dinamismo de los mercados deben formar parte de la cultura empresarial, ya que sin ellos se puede llegar a perder la competitividad y por ende desaparecer del mercado.

Teniendo en cuenta lo anterior, los empresarios deberían establecer alianzas estratégicas con universidades y centros de investigación para el mejoramiento de sus productos y procesos mediante la automatización, ya que ellos cuentan con la experiencia, el conocimiento y la investigación en esta área hacer una extrapolación del quehacer universitario al servicio de las empresas, para ayudarles a cumplir con los exigentes patrones del mercado globalizado.

ISSN 1692-1798

MEJORA DE LA FIABILIDAD DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

E. Quiles, E. García, F. Morant
Dpto. de Ingeniería de Sistemas y Automática
Universidad Politécnica de Valencia
PO.BOX 22012, 46071, Valencia (España)

La fiabilidad del suministro eléctrico es un factor clave desde el punto de vista económico en la gestión de sistemas de distribución de energía eléctrica. La falta de fiabilidad puede ocasionar un perjuicio económico importante en especial en el sector industrial. En este artículo se aplica a un caso real un procedimiento de análisis de fiabilidad completo: obtención de datos, evaluación de daños, modelado del sistema, simulación y estudio de estrategias para la mejora de la situación.

ABSTRACT

Power supply reliability is a key factor in the operation economy of power distribution networks. Lack of a proper reliability level can result in important economic losses for industrial facilities. In this paper the reliability of the electric supply to a group of industrial facilities is considered and some improvement measures are evaluated. The resulting improvements are quantified using an integrated software environment for reliability analysis.

PALABRAS CLAVES

Sistemas de distribución de energía eléctrica, fiabilidad, mejora de la fiabilidad, operación y planificación de redes.

INTRODUCCIÓN

En el artículo se lleva a cabo un estudio de evaluación y mejora de la fiabilidad del suministro eléctrico efectuado a un pequeño polígono industrial.

En primer lugar se analizan las instalaciones de la industria y el proceso productivo en relación con el suministro eléctrico. Luego se efectúa el análisis histó-

rico de la fiabilidad y se cuantifica el efecto de las interrupciones a partir de un periodo de mediciones efectuadas. Finalmente se proponen distintas estrategias para la mejora de la continuidad del suministro y se evalúa su efecto con ayuda de un Entorno Interactivo para la Evaluación de la Fiabilidad (EINTEF). Este entorno ha sido desarrollado por los autores (Quiles, 1997) con programación orientada a objetos y permite efectuar análisis de fiabilidad de redes de distribución.

ANÁLISIS DE LAS INSTALACIONES EN FACTORÍAS

El sistema objeto de estudio está constituido por un pequeño polígono industrial formado por varias factorías pertenecientes a una empresa de producción de porcelana decorativa de alta calidad. A lo largo del artículo nos referiremos al mismo con el nombre de polígono industrial de la empresa o por brevedad empresa.

Instalaciones de Media Tensión

El polígono está alimentado en media tensión (MT) a una tensión nominal de 20 KV, a través de una conexión subterránea única con la red de la compañía suministradora. El reparto del suministro a las diferentes factorías que componen el polígono industrial se realiza a través de líneas subterráneas de distribución interior de MT, propiedad de la empresa.

La conexión a la red de distribución de MT de la compañía suministradora se produce en un Centro de Entrega, donde se encuentra localizado el equipo de medida y el equipo de protección general de las instalaciones del polígono industrial, que cuenta con un interruptor de SF_6, de 350 MVA de poder de corte y 630 Amperios (A) de intensidad nominal. El disparo de este interruptor se ordena bien manualmente o a través de los correspondientes relés de protección. Dentro de éstos interesa resaltar la presencia de un relé de tensión, que ordena el disparo (o inhibe la conexión en su caso) del interruptor de sincronización con la red, de los generadores que forman el equipo de cogeneración del que la empresa dispone en la planta denominada "de Cogeneración".

Esta unidad de cogeneración está formada por dos generadores de 475 KVA de potencia nominal cada uno, y 400 V de tensión nominal, con conexión en estrella y neutro accesible. La sincronización de estos generadores a la red de baja tensión, para la cual existe la correspondiente autorización de la compañía suministradora, se interrumpe en caso de que la diferencia entre la tensión existente y la nominal supere al 7% de la tensión nominal.

Del centro de reparto salen dos líneas independientes, con las denominaciones "CT A" y "CT B", que alimentan cuatro centros de transformación media/baja tensión. Cada centro de transformación dispone de los correspondientes elementos de protección, tanto en media tensión (fusibles y seccionadores en carga), como en baja tensión (BT). Es de resaltar que las instalaciones de media tensión de conexión con la compañía suministradora y de conexión con la empresa estudiada datan de 1976, y el resto de las instalaciones de media tensión datan de 1984.

Consumos en Baja Tensión

Los procesos productivos que se desarrollan en las instalaciones del polígono industrial están caracterizados por su bajo consumo de energía eléctrica, estando todos estos consumos conectados a BT y no existiendo consumos individuales de gran potencia.

Los consumos más importantes en cuanto a potencia eléctrica demandada puntualmente son los equipos de refrigeración. Los equipos de refrigeración de cada edificio están formados por varios grupos que actúan en cascada y donde los principales consumos se corresponden con motores que arrastran cargas de tipo bomba, ventilador o compresor. Aunque la potencia de cada equipo puede ser elevada, la potencia unitaria de los diferentes motores es menor (15 CV). Los equipos son controla-

ISSN 1692-1798

dos por centrales electrónicas de regulación que organizan la conexión/desconexión de cada elemento.

Entre los equipos que mayor importancia tienen en el proceso productivo, cabe destacar los hornos. El proceso de fabricación de la porcelana comienza por el moldeo a partir de barbotinas, continuando por la decoración y posterior cocido a alta temperatura (alrededor de 1200 ºC), durante el cual la pieza adquiere la dureza característica, al tiempo que los esmaltes se vitrifican, proporcionando el acabado típico de estas figuras. Los hornos que se utilizan en la factoría utilizan gas natural como combustible. Los consumos eléctricos principales corresponden a ventiladores para renovación de aire en el interior (15 CV), así como otros ventiladores para aportación de aire comburente y los equipos de control de cada aparato.

Una parte importante dentro del consumo global de energía eléctrica corresponde al alumbrado, basado principalmente en tubos fluorescentes. También existe un consumo importante debido a equipos informáticos en oficinas. Estos últimos consumos, si bien importantes en términos absolutos, no representan un porcentaje elevado de la potencia total instalada (inferior al 10%).

Los equipos eléctricos de mayor potencia unitaria son los grupos de cogeneración, a los que ya se ha hecho mención, los cuales no estaban en funcionamiento (según manifiesta la empresa titular) durante el período al cual hace referencia principalmente este estudio.

Incidencia de las perturbaciones del suministro en el funcionamiento

Las perturbaciones a las que se va a hacer referencia son las relacionadas con la continuidad del suministro, incluyendo huecos de tensión e interrupciones. No se van a considerar, por tanto, deformaciones en la onda de tensión cuando no afecten, de forma importante, al valor eficaz de dicha onda.

a) Interrupciones cortas: Los efectos que las interrupciones de duración inferior a 1 minuto pueden producir son, principalmente de dos tipos:

- Desconexión de equipos: Algunas máquinas van provistas de dispositivos de desconexión por falta de tensión, siendo necesaria una acción exterior para su puesta en funcionamiento al restituirse la tensión. Esto es principalmente importante en aquellas máquinas en las que una puesta en marcha imprevista pudiera resultar peligrosa, tanto para los propios equipos como para los operarios.

Pérdida de información en equipos electrónicos como reguladores o programadores, con la consiguiente interrupción de procesos o alteración de las características de los mismos.

b) Interrupciones largas: Además de los efectos comentados para las interrupciones cortas, las largas producen el paro total de la actividad productiva.

Otros posibles efectos de las interrupciones del suministro son debidos a la reposición del mismo, entrando en funcionamiento de forma simultánea, un gran número de cargas, lo que puede ocasionar una sobrecarga instantánea y el disparo de alguna protección.

Análisis de perturbaciones internas

La instalación está dotada de todas las protecciones que se requieren para dar cumplimiento a la reglamentación vigente y de acuerdo con los requisitos de la compañía suministradora

de la energía. El objeto de estas protecciones es, principalmente, eliminar los riesgos que cualquier defecto o incidente puedan acarrear a personas o cosas relacionadas con la instalación, pero también tiene el efecto de aislar la instalación interior de la red general de distribución de energía ante cualquier perturbación que se origine en la primera, para evitar así que ésta pueda derivar en un mayor perjuicio, afectando al resto de clientes conectados a dicha red.

En los datos proporcionados por el personal técnico de la empresa para la elaboración de este estudio se especifica que no hay registrado, a lo largo de toda la actividad de las factorías del Polígono, ningún incidente en la red propia de media tensión (cortocircuito u otro tipo de fallo). La única incidencia que se ha reportado es el disparo del interruptor general automático, debido a la actuación de la protección contra sobrecarga, durante el período de restauración en frío, después de un corte de suministro de larga duración.

Un tipo de incidencia que sí se ha registrado en varias ocasiones, según consta en los datos facilitados para la elaboración de este informe, son repetidos disparos en el interruptor de conexión de los generadores de la instalación de cogeneración a la red general de baja tensión, y cuyo origen fue la disminución de la tensión de suministro por parte de la compañía a niveles fuera de la banda del ±7% al que están tarados los correspondientes relés.

ANÁLISIS DE LA CONTINUIDAD DURANTE EL PERÍODO DE ESTUDIO

El objetivo de este apartado es analizar, desde una perspectiva, tanto técnica como comparativa respecto a la normativa, recomendaciones y datos existentes en los países de nuestro entorno, las características del suministro realizado por la compañía suministradora a las instalaciones del polígono industrial. En particular, se va a analizar estas características en un período concreto, con el fin de extraer conclusiones, de tipo técnico, respecto a su posible mejora.

Descripción de las perturbaciones en el suministro

Las perturbaciones a que se refiere este apartado han sido registradas, independientemente, en dos puntos diferentes, en instalaciones del Polígono Industrial y en otra factoría emplazada en la misma población, pero fuera del Polígono.

Se analizaron todas las perturbaciones registradas en el polígono en un periodo de tres meses.

De acuerdo con los datos reseñados se observa que, durante el período objeto de estudio, se producen perturbaciones que, clasificándolas de acuerdo con su duración, se pueden resumir en:

1.- 31 Interrupciones de duración comprendida entre 1 segundo y 1 minuto, suponiendo un tiempo total de interrupción de 10 minutos y 30 segundos.

2.- 20 Interrupciones entre 1 minuto y 1 hora, totalizando un tiempo de 2 horas, 43 minutos y 17 segundos.

3.- 1 Interrupción con duración superior a 1 hora, de duración 1 hora, 18 minutos y 40 segundos.

En total se registran 52 interrupciones, totalizando un tiempo de indisponibilidad de suministro de 4 horas, 12 minutos y 27 segundos. Las franjas horarias en que ocurren estas interrupciones se muestran en la tabla A.1 del Anexo.

Las interrupciones de más de 1 minuto de duración son 21, totalizando un tiempo de, aproximadamente, 242 minutos.

Puesto que muchas de las perturbaciones parecen estar ligadas, ya que se producen de una manera consecutiva, el número de interrupciones puede no ser un indicador claro de las condiciones en que se producen estas. En este sentido, se procede a una nueva agrupación, que se muestra en la Tabla 1, en la que se indican, en función de unas franjas horarias más relacionadas con las actividades que realizan los consumidores de energía eléctrica, el número de días

ISSN 1692-1798

que esa franja se ha visto afectada por la aparición de interrupciones en el suministro de energía.

Tabla 1. Interrupciones según franja horaria

FRANJA HORARIA	DÍAS AFECTADOS
00:00 - 05:59	3
06:00 - 08:59	5
09:00 - 13:59	2
14:00 - 15:59	4
16:00 - 18:59	6
19:00 - 23:59	4

Análisis comparativo

Aunque las perturbaciones descritas en el apartado anterior se refieren únicamente a dos meses, se va a establecer, en este apartado, una comparación con los valores de este tipo de perturbaciones en los países de nuestro entorno que, por contra, se refieren siempre a valores registrados a lo largo de un año.

La cifra de 242 minutos correspondiente a las interrupciones largas (tiempo superior a 1 minuto) registradas en estos dos meses es muy superior a los tiempos anuales medios de interrupción registrados en todos los países de nuestro entorno, para redes urbanas o con alimentación por cable subterráneo (Quiles, 2002).

Incidencia en los procesos productivos: Valoración

De acuerdo con la clasificación que se utilizó para estudiar los efectos de las perturbaciones, se van a dividir estas en cortas y largas.

a) Interrupciones cortas:

a.1) Durante la jornada laboral: Estas interrupciones son las que menor repercusión tienen en los procesos productivos, ya que los operarios restauran la actividad en el punto en que ésta fue interrumpida. Únicamente se produce, por tanto, una pequeña pérdida de productividad.

a.2) Fuera de la jornada: Si estas interrupciones ocurren fuera de la jornada laboral normal, su consecuencia puede ser más grave. Los elementos más críticos son los hornos de cocción, que trabajan con ciclos de hasta 24 h. En ellos la interrupción puede ocasionar la pérdida del programa, la desconexión de los ventiladores y el corte de suministro de gas. Como consecuencia la cocción se interrumpe y, en función del punto en que tal interrupción ocurra, la carga puede deteriorarse de

forma irrecuperable, con un grave perjuicio económico.

Con objeto de evitar estos riesgos, se han realizado en la empresa grandes inversiones para dotar a algunos hornos de sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI), cuya autonomía es de alrededor de 5 minutos, por lo que se pueden reducir los efectos que estas interrupciones cortas pueden tener.

No obstante, los hornos no son los únicos elementos a los que una interrupción corta puede afectar. Sus efectos pueden ser también importantes en otras partes del proceso productivo, en oficinas, etc.

b) Interrupciones largas:

b.1) Durante la jornada laboral: Estas interrupciones producen el cese de la actividad productiva durante el tiempo que dura la perturbación y pueden interrumpir los ciclos de cocción de los hornos de la forma antes indicada.

b.2) Fuera de la jornada laboral: Su incidencia es similar al caso a.2. comentado, pero sus consecuencias no pueden ser evitadas si la duración excede del tiempo de autonomía de los SAI.

Análisis de posibles causas

La red de Media Tensión que alimenta la instalación del Polígono está formado por un alimentador con un tramo de línea aérea, de 8 kms. de longitud, continuado por otro tramo de línea subterránea, que se estima tiene unos 2 km. Este mismo alimentador, suministra energía eléctrica a otras instalaciones industriales y a una gran parte del centro urbano de la población adyacente. De hecho, el polígono industrial es uno de los consumos extremos que hay conectado al citado alimentador de media tensión, en el que, de acuerdo con las características descritas, se estima que la mayor parte de los consumos conectados son de tipo residencial o comercial.

Según datos suministrados por la compañía que realiza el suministro de energía eléctrica, se admite que el alimentador de media tensión se encuentra con un elevado nivel de carga (94%), lo cual puede explicar que los procesos se desencadenen como una sucesión de interrupciones. La presencia de consumidores mayoritariamente comerciales y residenciales puede justificar el hecho de que los problemas aparezcan en días de poca actividad industrial (Sábados, Domingos y festividades), o en franjas horarias de máximo consumo en las viviendas (7 a 9 de la mañana o 2 a 4 de la tarde).

Dado el estado de carga del alimentador, se puede pensar que los problemas de suministro que aparecen están motivados, en parte, por el aumento de los consumos (motivados por descenso de temperatura o el aumento de la actividad residencial o comercial). El estado de carga elevado hace que, en definitiva, no se pueda suponer, de cara al cálculo teórico de la indisponibilidad de suministro, que la probabilidad de fallo de cada elemento es independiente de la tasa de fallo en el resto de elementos. Por contra, puede aparecer interdependencia en las averías de los diferentes elementos.

Se han obtenido datos meteorológicos correspondientes al período de estudio objeto de este informe y no se ha encontrado una correlación significativa entre el descenso de las temperaturas mínimas y fallos. Un análisis más completo precisaría el conocimiento de datos de demanda reales.

Asimismo, la situación del polígono industrial, al final del alimentador de media tensión y sin posibilidad de alimentación alternativa, hace que todos los problemas a lo largo de éste acaben repercutiendo en la calidad con que se realiza el suministro a la citada instalación, dado que ante cualquier problema no cabe adoptar medidas de reconfiguración ni con carácter temporal ni definitivo.

ESTRATEGIAS PARA LA MEJORA DE LA CONTINUIDAD DEL SUMINISTRO

Se describen, en este apartado, las estrategias que se pue-

ISSN 1692-1798

den adoptar para mejorar la continuidad de suministro en las instalaciones del polígono industrial.

El efecto de estas estrategias, que afectan específicamente a la red de media tensión, se ha simulado con programas de cálculo diseñados al respecto (Quiles, 1997), con el fin de evaluar su efecto sobre la continuidad de suministro.

Medios disponibles para la mejora de la continuidad

Se van a comentar aquí acciones tendentes a reducir la duración de las interrupciones imprevistas y sus consecuencias, aunque su aplicación puede ser beneficiosa, también, en el caso de interrupciones programadas.

a) Fallos transitorios autoextinguibles:

El elemento más adecuado para despejar este tipo de fallos es el interruptor con reconexión automática. Este dispositivo detecta la presencia del fallo aguas abajo del punto en que se encuentra instalado y abre, aislando la zona averiada. Transcurrido un breve tiempo (alrededor de 1 seg.) vuelve a cerrar para restablecer el servicio. Caso de que la avería persista, puede producir otra interrupción de mayor duración y por último, si no se elimina la falta, queda abierto de forma permanente.

El dispositivo descrito de forma genérica, es de un uso muy extendido hoy en día y se encuentra, generalmente, en la cabecera de los alimentadores, en las subestaciones transformadoras.

b) Fallos permanentes:

En caso de un fallo permanente, los interruptores con reconexión actuarán y quedarán finalmente en situación de abiertos. Comienza entonces un proceso de búsqueda de la avería que puede ir seguido de acciones de reconfiguración en la red y reparación, para terminar con la reposición del servicio. Cualquier dispositivo que facilite estas etapas puede resultar beneficioso para reducir los efectos de tales fallos.

El proceso de búsqueda suele realizarse de forma manual, por prueba y error, aislando zonas cada vez más reducidas en torno al punto donde se encuentra el fallo.

En este proceso resulta de gran utilidad cualquier información que permita discernir cuál es el camino afectado entre varios posibles. Para esto pueden utilizarse señalizadores, dispositivos sensibles al fallo que indican su paso por ellos. Estos equipos pueden ir provistos de transmisores (de radio por ejemplo) que comunican su información a un puesto central.

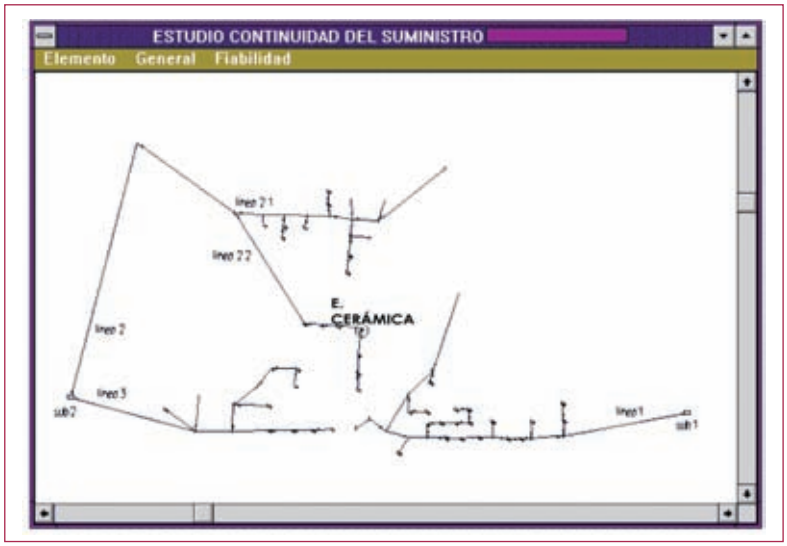
Otro tipo de equipos de utilidad en este proceso son los que se van a agrupar bajo el nombre de equipos de seccionamiento (interruptores, seccionadores, interruptores automáticos). Éstos influyen de forma importante en el proce-

so del aislamiento del fallo y en las tareas de reconfiguración, cuando éstas sean posibles, así como en la reposición del servicio. De éstos, los que se encuentran en mayor número en las redes de media tensión típicas de nuestra área son seccionadores e interruptores con accionamiento manual. Frente a éstos, otros equipos de apertura automática selectiva pueden mejorar el tiempo necesario para el aislamiento de los fallos, aunque las mayores ventajas, desde el punto de vista de la continuidad del suministro, se encuentran en los equipos de mando remoto.

No obstante, las principales acciones para la mejora de la continuidad de suministro son las que permiten reconfigurar la red, esto es, establecer vías alternativas para la alimentación de los distintos nudos. Para esto es necesario disponer de caminos físicos (alimentadores) y de elementos de maniobra para realizar el trasvase de cargas de un alimentador a otro. La utilización de estas posibilidades de reconfiguración con elementos de control remoto constituye, hoy en día, la forma más efectiva para mejorar la continuidad (si bien, el coste también se incrementa).

Otras acciones posibles consisten en la sustitución de elementos de la red cuya vida esté agotada o resulten deficientes en algún otro sentido, por otros nuevos o más fiables.

Figura 1. Modelo de la red



Cuantificación del efecto de algunas acciones para la mejora de la continuidad

Se pretende en este apartado cuantificar de forma comparativa los efectos potenciales que sobre la fiabilidad podrían tener algunas acciones de las comentadas en el apartado anterior.

a) Datos de partida:

De acuerdo con la información recopilada sobre la Red de Distribución en Media Tensión (MT), relacionada con el suministro de energía eléctrica a las instalaciones del Polígono, las principales características de dicha red son:

Subestación de transformación: 1 (20 kV)
Alimentadores: Línea 1

Subestación de transformación: 2 (20 kV)
Alimentadores: Línea 2 y Línea 3

El tendido es mixto, existiendo líneas aéreas y subterráneas. Los alimentadores presentan una alta densidad de carga. Existen centros de consumo de la compañía y de usuario.

La alimentación se efectúa, actualmente, sólo con la línea de 2.

La información de que se dispone no es completa, por lo que la estructura de estos alimentadores se va a simplificar, de forma que reflejen, de la mejor forma posible, la zona del "Polígono" y sus alrededores. Se va a admitir que la línea 2 se encuentra prácticamente al 100 % de su capacidad (índice de carga del 94 %), en cambio las otras pueden soportar aún un incremento de carga apreciable (se tomará un índice de carga de la línea 3 del 62 % y de la línea 1 del 74

ISSN 1692-1798

%).

Para el estudio de la continuidad del suministro se han estimado los valores de las tasas de fallo y tiempos medios de reparación de avería que se muestran en la Tabla 2.

Los tiempos medios de operación se obtienen tal como se indica a continuación:

* Tiempo medio de localización del fallo: se considera proporcional al tamaño del alimentador y depende del número de elementos de corte y de su tipo (interruptores manuales o telemandados).

* Tiempo medio de aislamiento del fallo: depende del tamaño de la zona donde ocurra el fallo y de los elementos de aislamiento de la zona. Los tiempos medios de maniobra considerados son:

- interruptor manual: 20 minutos.

- interruptor telemandado: 2 minutos.

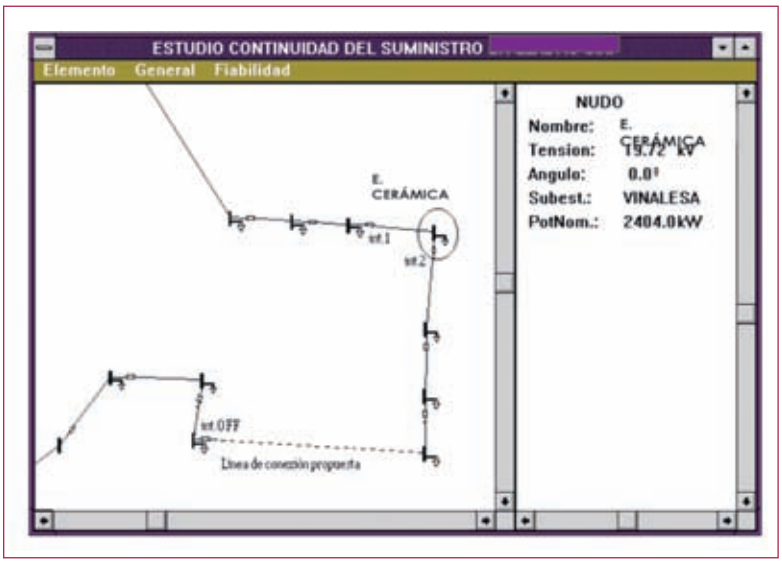
Las instalaciones del Polígono tienen una potencia nominal de 2404 KW, suministrados por la subestación 2 y se encuentran ubicadas en la parte final de la línea 2 procedente de dicha subestación. El centro de transformación es de abonado.

Se trabaja con la información recopilada en las instalaciones de la empresa sobre la continuidad de suministro. En este punto se considera el tiempo total de indisponibilidad del suministro. Los datos recogidos reflejan un valor de 4.2 horas durante el período de estudio.

Tabla 2. Datos de fiabilidad de los elementos de la red

Componente	Tasa de fallo λ (f/año)	Tiempo de reparac. tr (h)
Cable	0.04/km	10
Línea	0.06/km	2
Trasformador	0.015	20
Interruptor manual	0.004	1
Interruptor telemandado	0.005	2

Figura 2. Nudo de la empresa en estudio



La red de distribución que suministra energía eléctrica a las instalaciones del polígono industrial, se analiza con el programa para el estudio de la fiabilidad en redes de distribución desarrollado por los autores (Quiles E., 1997) (Figura 1).

La red está alimentada por dos subestaciones. De la subestación 2 parten dos alimentadores. El alimentador 2 se bifurca en dos líneas. El nudo correspondiente a las instalaciones de la empresa estudiada se encuentra en la línea 2.2, en la parte final del alimentador.

La Figura 2 muestra ampliada la parte de red correspondiente al nudo de la empresa. En esta figura aparece en trazo discontinuo una línea no existente en la actualidad, que uniría los alimentadores 2 y 3.

b) Resultados del estudio de fiabilidad:

En primer lugar, se efectúa el estudio del nivel de fiabilidad del suministro de energía eléctrica de la red en las condiciones actuales. Partiendo del modelo de la red asumido, y con las tasas de fallo y tiempos medios de reparación y operación en la red descritos en el epígrafe anterior, se procede a evaluar los índices de

Tabla 3. Índices de fiabilidad de las zonas

CASO		Uz (h/año)	z (f/año)	rz (h/f)	ENSz (kWh/año)
0	Zona 1	7.749	0.946	8.192	30378.8
	Zona 2	4.349	0.856	5.080	33766.4
	Zona 3	1.763	0.456	3.866	4755.3
1	Zona 1	7.749	0.946	8.192	30378.8
	Zona 2	3.202	0.856	3.741	24045.8
	Zona 3	4.349	0.856	5.080	4754.3
	Zona 4	1.763	0.456	3.866	4755.3
2	Zona 1	7.749	0.946	8.192	30378.8
	Zona 2	3.128	0.856	3.655	15500.4
	Zona 3	1.509	0.856	1.763	3928.1
	Zona 4	1.763	0.456	3.866	4755.3
3	Zona 1	7.749	0.946	8.192	30378.8
	Zona 2	2.191	0.856	2.560	9223.6
	Zona 3	1.662	0.856	1.941	4199.7
	Zona 4	3.186	0.856	3.721	5414.6
	Zona 5	1.763	0.456	3.866	4755.3

fiabilidad (Billinton y Allan, 1984).

Los resultados obtenidos se recogen en el Caso 0 (Condiciones actuales) en las siguientes Tablas. La Tabla 3 muestra los índices básicos de fiabilidad para cada una de las zonas de la red: Indisponibilidad (Uz en h/año), número de interrupciones o fallos de suministro (z en f/año) y duración media de las interrupciones (rz en h/f). Además, la última columna refleja la cantidad total de energía no suministrada en la red debido a los fallos en esa zona. La zona en que se encuentra el nudo de la empresa objeto de estudio se muestra sombreada. La Tabla 4 presenta los índices globales para la red. (ver Tabla 3)

En este caso, se pueden comparar los resultados obtenidos con los valores históricos recogidos para las instalaciones del polígono industrial. Se observa un ajuste correcto del modelo a los valores recopilados. En concreto, el tiempo medio de indisponibilidad anual para el alimentador que da servicio a la empresa es de 4.3 horas frente a las 4.2 horas acumuladas en los dos meses críticos del estudio.

A continuación se estudian algunas posibles soluciones para mejorar los índices de fiabilidad del suministro de energía eléctrica a las instalaciones del polígono. Los distintos casos de las Tablas 3 y 4 recogen los resultados obtenidos para cada solución propuesta. En cada uno de los casos estudiados se indica la mejora porcentual respecto al estado actual de referencia (Caso 0).

A) interruptor telemandado en la bifurcación

La primera solución estudiada consiste en la introducción de un equipo de corte en el alimentador que facilite la operación de la red. Es posible reducir la influencia sobre el suministro al polígono industrial de los fallos que ocurren en su alimentador mediante la introducción de un interruptor telemandado en la cabecera de la línea 2.1 en la bifurcación entre las líneas 2.1 y 2.2 (Figura 4).

Con este elemento de corte, el tiempo de no disponibilidad del suministro en las instalaciones del polígono, como consecuencia de un fallo en algún elemento ubicado aguas abajo del interruptor, será reducido considerablemente. Tras operar el interruptor de la bifurcación, en el caso de un fallo en la línea 2.1, las instalaciones de la empresa seguirían energizadas.

El Caso 1 de las Tablas 3 y 4 recoge los índices de fiabilidad obtenidos como consecuencia de ubicar un interruptor en la bifurcación en el inicio de la línea 2.1. Esos índices reflejan la mejora en el nivel de fiabilidad del conjunto de la red y de la zona de las instalaciones de la empresa (zona 2). En concreto, el tiempo de fallo en el suministro a la empresa se reduce en un 26% respecto al Caso 0.

B) unión a un nuevo alimentador

La segunda solución implica la construcción de un nueva línea que una dos alimentadores de la red. Se podría suministrar energía a la empresa desde otro alimentador (línea

ISSN 1692-1798

3 en la Figura 1), construyendo una línea de unión entre ambos alimentadores según se indica en la Figura 2.

Esta unión permanecería normalmente abierta salvo cuando ocurra un fallo en el suministro de energía actual. En este último caso se dispondría de una vía alternativa de alimentación al nudo de la empresa en estudio.

En el caso de una avería permanente en el alimentador 2, tras completarse el ciclo del interruptor automático ubicado en la cabecera del alimentador, todo él quedará sin servicio. La nueva línea propuesta permitiría, tras una rápida reconfiguración, la alimentación de auxilio a las instalaciones de la empresa.

En el Caso 2 en la Tablas 3 y 4 se muestra la mejora en los índices de fiabilidad para el nudo de la empresa (zona 3) y para el conjunto de la red como consecuencia de la posibilidad de reconfiguración. El tiempo de no disponibilidad de suministro en la empresa se reduce en un 65% respecto al Caso 0 de referencia, hasta un valor de 1.5 horas por año.

Tabla 4. Índices de fiabilidad de la red

ÍNDICES	CASO 0	CASO 1	CASO 2	CASO 3
SAIFI (int./usuario año)	0.811	0.811	0.811	0.811
SAIDI (h/usuario año)	5.333	5.169	4.772	4.753
CAIDI (h/int.usuario)	6.576	6.374	5.884	5.860
ASAI	0.999391	0.999409	0.999455	0.999457
ASUI	0.000609	0.000591	0.000455	0.000543
ENS (kWh/año)	68900.7	63934.4	54562.8	53972.2
AENS (kWh/usuario año)	1640.5	1522.2	1299.1	1285.1
TIEPI (h/año)	4.791	4.445	3.794	3.753

C) combinación de ambas soluciones

Se estudia el efecto conjunto de las dos soluciones anteriores. Los resultados se presentan en el Caso 3 en las tablas 3 y 4. Se obtiene una ligera mejoría en los índices que evalúan la fiabilidad del conjunto de la red. Por el contrario, los índices de la zona de las instalaciones de la empresa aumentan su valor. En consecuencia, los índices obtenidos no aconsejan esta solución, pues los tiempos de maniobra adicionales debidos a la operación del interruptor de la bifurcación supondrían una demora en la energización de la empresa frente a la alimentación de auxilio desde el alimentador vecino. (Ver Tabla 4)

Viabilidad Técnico-Económica

La viabilidad técnica de las medidas apuntadas en este informe puede considerarse su-

ficientemente probada, ya que acciones de reconfiguración, instalación de dispositivos de telemando y de señalización de paso de corriente de falta, son prácticas comunes en instalaciones de nuestro entorno.

Desde el punto de vista económico, puede considerarse que también el coste que tales medidas entraña no resulta desproporcionado con respecto a sus potenciales beneficios. Aquí, hay que tener en cuenta que, la rentabilidad de las necesarias inversiones puede ser vista de forma muy diferente por la compañía suministradora y por los clientes.

En efecto, si se considera como coste de una interrupción el valor de la energía no suministrada, este coste puede ser muy poco significativo. Sin embargo, el coste para el cliente puede ser mucho mayor, debido a los perjuicios que una interrupción de suministro puede provocar según lo comentado en este estudio.

CONCLUSIONES

En este artículo se presenta un estudio de mejora de la fiabilidad del suministro eléctrico a una empresa. Tras analizar los niveles de fiabilidad del suministro experimentados por la empresa, la comparación con los datos disponibles de los países del entorno europeo y los efectos negativos que tienen sobre los correspondientes procesos productivos justifican el análisis de acciones encaminadas a la mejora del suministro.

Dentro de las actuaciones concretas analizadas aparece como más efectiva la opción de realizar, mediante la construcción de un tramo de circuito de media tensión adicional, la alimentación al polígono por un camino alternativo (opción b de las estudiadas en el apartado anterior).

Se estima, mediante los estudios de simulación efectuados, que el tiempo de indisponibilidad de suministro se podría reducir, mediante esta ac-

ANEXO A: Resumen de interrupciones

Tabla A.1. Resumen de interrupciones

FRANJA HORARIA	INTERRUPCIONES
0:00 - 0:59	1
1:00 - 1:59	3
2:00 - 2:59	0
3:00 - 3:59	0
4:00 - 4:59	0
5:00 - 5:59	5
6:00 - 6:59	0
7:00 - 7:59	5
8:00 - 8:59	4
9:00 - 9:59	0
10:00 - 10:59	1
11:00 - 11:59	0
12:00 - 12:59	1
13:00 - 13:59	1
14:00 - 14:59	7
15:00 - 15:59	8
16:00 - 16:59	1
17:00 - 17:59	3
18:00 - 18:59	4
19:00 - 19:59	2
20:00 - 20:59	1
21:00 - 21:59	0
22:00 - 22:59	2
23:00 - 23:59	3

BIBLIOGRAFÍA

Quiles, E. Evaluación y Mejora de la Confiabilidad en Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. 1997.

Quiles, E., Roldán, C., Morant, F. y García, E. Estrategias para la Mejora de la Confiabilidad del Sistema de Distribución de Energía Eléctrica. Revista Internacional de Información Tecnológica. Companion paper. 2002.

Roldán, C., Quiles E. y Álvarez, C. "New method to evaluate the impact of cogeneration in the reliability of distribution networks. 13th International Conference on Electricity Distritution, CIRED, Bruselas.1995.

Billinton, R. y Allan, R. Reliability Evaluation of Power Systems. Edit. Plenum Press. 1984.

ISSN 1692-1798

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN Módulo didáctico

Para sistemas automáticos de control analógico

En el presente proyecto se realizó el diseño y construcción de un módulo didáctico para sistemas automáticos de control analógico, involucrando dentro del plan de trabajo una serie de etapas que garantizan el desarrollo del servosistema modular, así: análisis previo de cada uno de los circuitos esquemáticos del módulo de referencia; rediseño de los circuitos esquemáticos para emplear; elaboración de piezas mecánicas; elaboración de los circuitos impresos con el apoyo del software Circuit Maker y Tracemaker; energización de la tarjetas y prueba de las salidas; y finalmente la integración de los circuitos en las carcasas.

Erik José Vera Mercado
Ing. Electrónico-Ing. Electricista
ejvera@ustabuca.edu.co
Coordinador área de circuitos y electrónica,
División de Ingenierías Universidad
Santo Tomás-Bucaramanga

José Rubiel Cárdenas Vanegas
Ing. Electricista
joserubiel@hotmail.com

El módulo de control analógico consta de un servosistema modular, que comprende una fuente dedicada de potencia, un servo amplificador, dos motores, una unidad taco generadora con engranajes reductores, otra serie de transductores y módulos, que combinados forman sistemas de control DC, AC, o híbridos. Conjunto diseñado con el objetivo de realizar prácticas didácticas de laboratorio relacionadas con las técnicas de control en lazo cerrado.

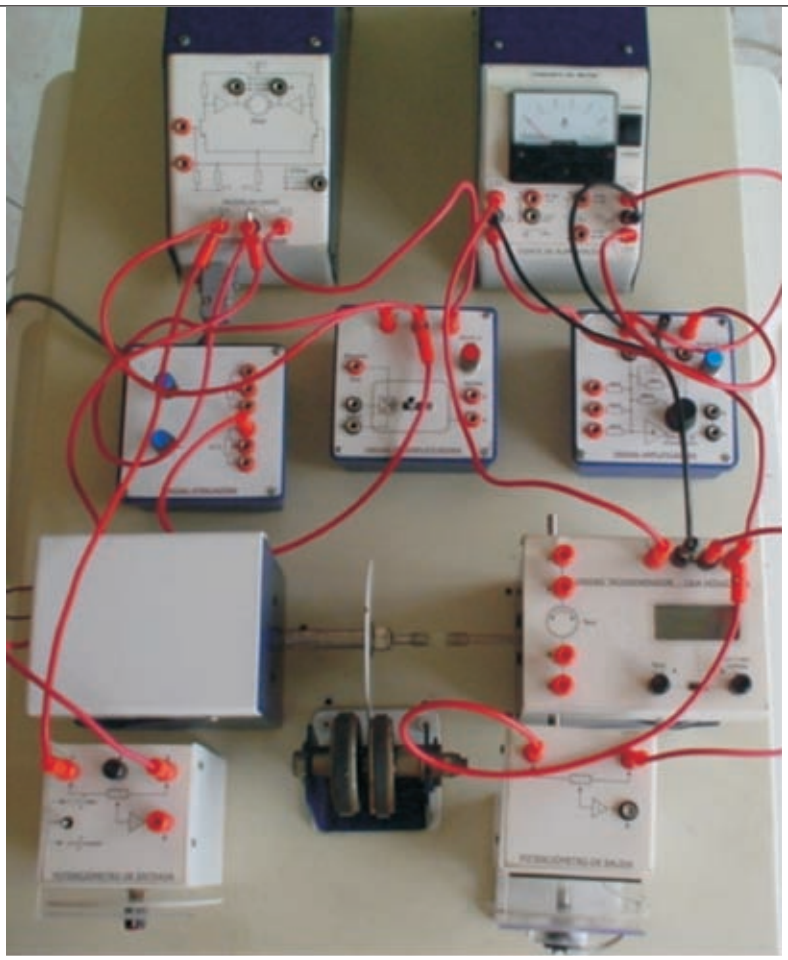
En el módulo didáctico se pueden desarrollar satisfactoriamente prácticas de hardware como obtención de la constante del tacogenerador y aplicar carga al motor; control de velocidad del motor y control de posición del motor. De igual forma se pueden implementar prácticas adicionales de laboratorio con este módulo analógico.

ABSTRACT

Presently project was carried out the design and construction of a didactic module for automatic systems of analogical control, involving this way inside the work plan a series of stages that you/they guarantee the development of the servosistema to modulate,: previous analysis of each one of the schematic circuits of the reference module; I redraw from the schematic circuits to use; elaboration of mechanical pieces; elaboration of the printed circuits with the support of the software Circuit Maker and Tracemaker; energizacion of the cards and test of the exits; and finally the integration of the circuits in the carcasas.

The module of analogical control consists of a servosistema to modulate that understands a dedicated source of power, a servo amplifier, two motors, a generating unit taco with engagements reducers, another series of transducers and modules that combined they form control systems AD, AC, or hybrid. Group designed with the objective of carrying out practical didactic of laboratory related with the control techniques in closed knot.

In the didactic module they can be developed satisfactorily you practice of hardware like obtaining of the constant of the tacoge-nerador and to apply load to the motor; control of speed of the motor and control of position of the motor. Of equal it forms it becomes explicit the recommendation to implement practical additional of laboratory with this analogical module.



PALABRAS CLAVES

Control clásico, tacogenerador, servosistema modular, amplificador.

INTRODUCCIÓN

Es indudable que el consumo generalizado de tecnología extranjera tiene a los países del tercer mundo, como Colombia, en un estado de dependencia productiva y tecnológica, pues en diferentes campos, incluido el de la ingeniería, es necesario importar desde las más pequeñas piezas hasta grandes maquinarias desarrolladas en los países industrializados; productos, que en muchos casos no se constituyen en soluciones viables por el contexto económico y social del medio colombiano, por las necesidades de producción y por los elevados costos que implica su sostenimiento, funcionamiento y mantenimiento. Por esta razón se plantea la realización de proyectos que impliquen la transferencia de tecnología teniendo en cuenta rediseños acorde a los

ISSN 1692-1798

propios recursos y a las necesidades particulares de cada empresa.

Otro aspecto relevante es la necesidad de implementar estrategias de aprendizaje, como el diseño de prácticas de laboratorios que reflejen la teoría de sistemas de control analógico, que potencien el desarrollo de capacidades y competencias disciplinares del área de la mecatrónica. Se propone entonces el diseño y construcción de un Módulo Didáctico para Sistemas de Control Analógico.

La construcción de este sistema contempla procesos como son: la definición de alternativas para la construcción del sistema; la selección de la mejor opción, de acuerdo con las condiciones tecnológicas del medio santandereano; la resolución de problemas ingenieriles (implícitos en este tipo de proyectos) y el montaje y funcionamiento del Módulo Didáctico para Sistemas de Control Analógico.

Figura 1. Fuente de poder

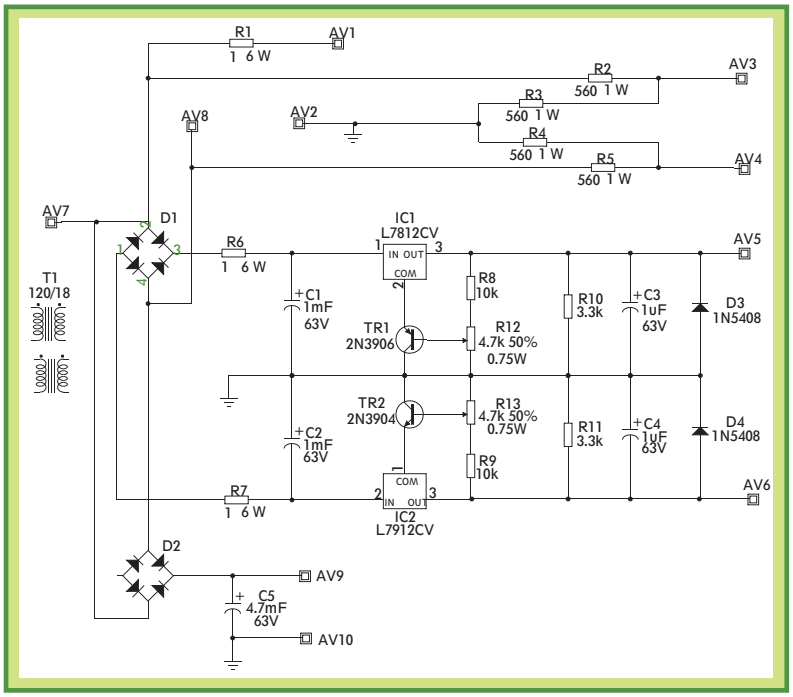
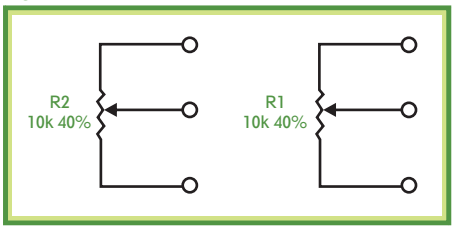


Figura 2. Unidad atenuadora



Este sistema comprende: una fuente dedicada de potencia, un servo amplificador, dos motores, una unidad taco generadora con engranajes reductores, otra serie de transductores y módulos, que combinados forman sistemas de control DC, AC, o híbridos.

VISIÓN GLOBAL DEL SISTEMA

SERVOSISTEMA MODULAR

El servosistema modular está diseñado para realizar experiencias con estudiantes de sistemas de control, especialmente para la comprensión de técnicas de control en lazo cerrado.

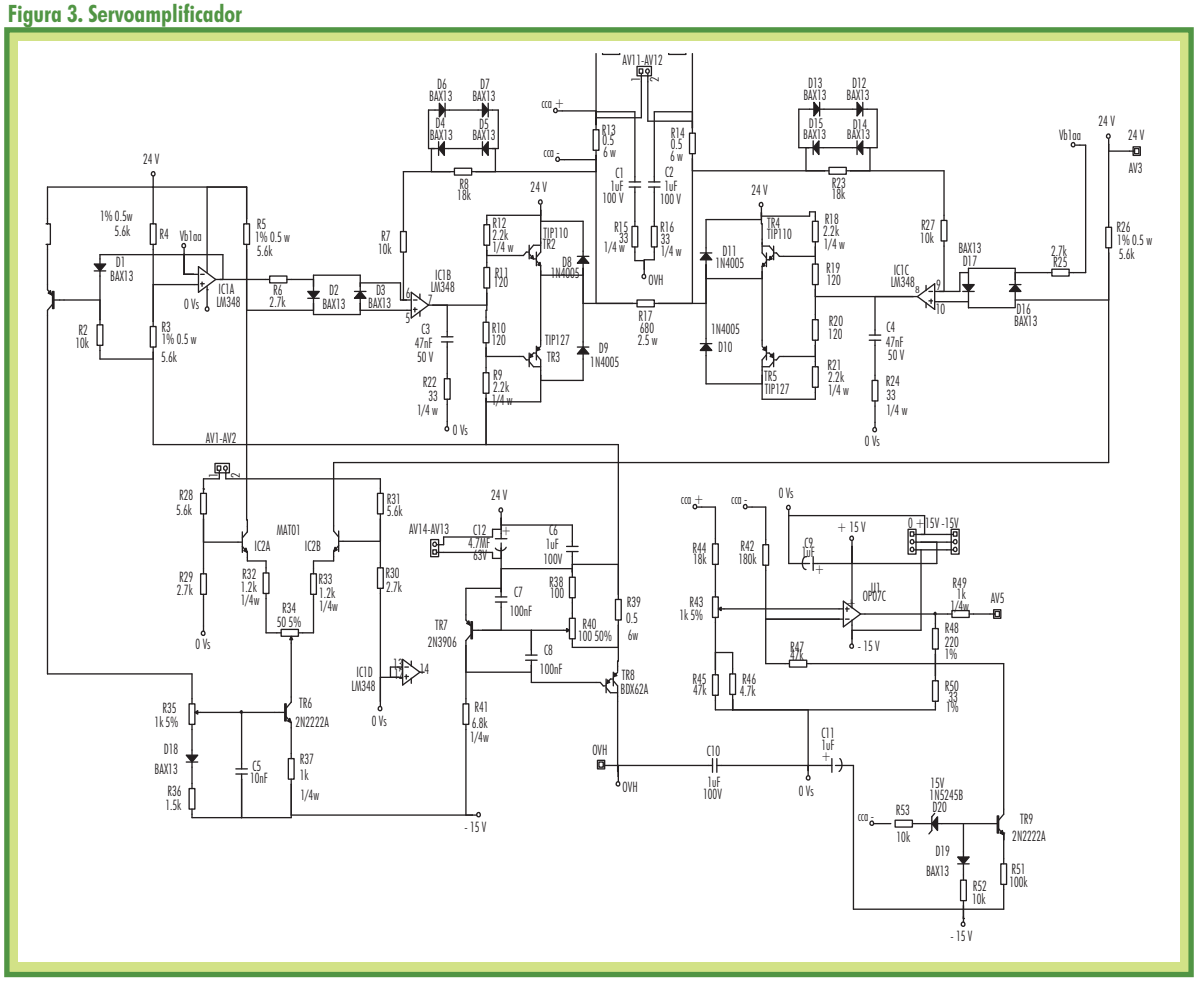
FUENTE DE ALIMENTACIÓN

La unidad se alimenta con tensión de entrada de 125V o 230V, 50/60 Hz, 40 VA. Proporciona: una salida de 24V DC 2A no regulados, conectados directamente al servo amplificador con un cable de 8 vías; otra salida DC de 15V, 20 mA; dos tensiones senoidales de 9V rms desfasadas 180º, una última de 18V rms. (Ver Figura 1)

UNIDAD ATENUADORA

Este módulo contiene dos potenciómetros lineales de 10K ohmios con una escala de 1-10 indicada sobre el panel. La unidad puede proporcionar una tensión de referencia cuando está conectada a una fuente DC o como un control de ganancia cuando está conectada a la salida de un am-

Figura 3. Servoamplificador



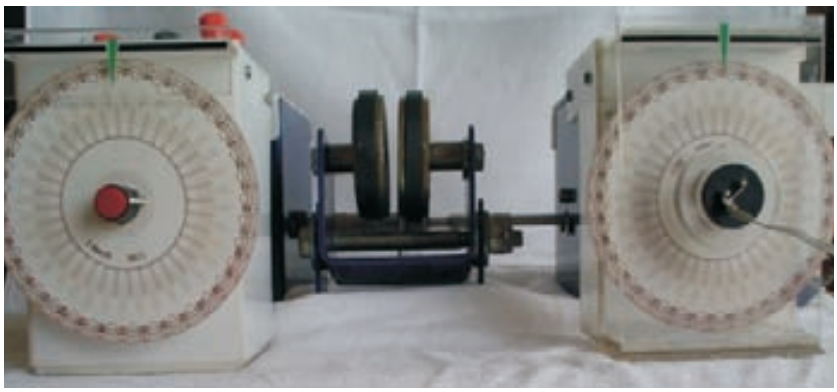
plificador. (Ver Figura 2)

SERVOAMPLIFICADOR

Unidad que se conecta al motor con un cable de 12 vías. Es un circuito protector que limita la corriente del motor en condiciones de sobrecarga. Permite llevar a cabo la alimentación del motor y la selección del sentido de giro por medio de elementos de electrónica de potencia. Recibe una señal que llega a un par diferencial y la amplifica para continuar hacia un amplificador de potencia tipo H y así controlar el sentido de giro del motor. (Ver Figura 3)

MOTOR DC

Este es un motor DC de imán permanente. El eje del motor posee una extensión para el montaje directo con un disco de freno o uno de inercia. También posee un adaptador para



ISSN 1692-1798

Figura 4. Unidad Tacogeneradora

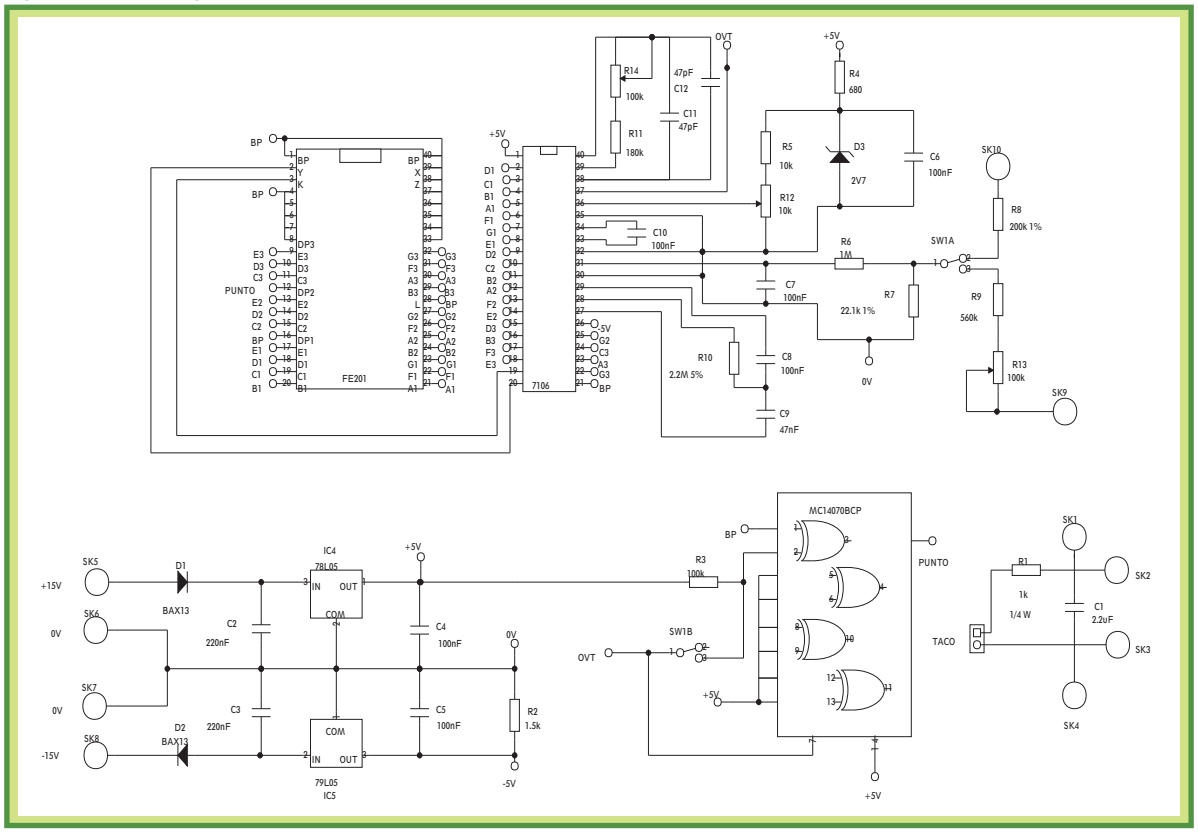


Figura 5. Unidad Preamplificadora

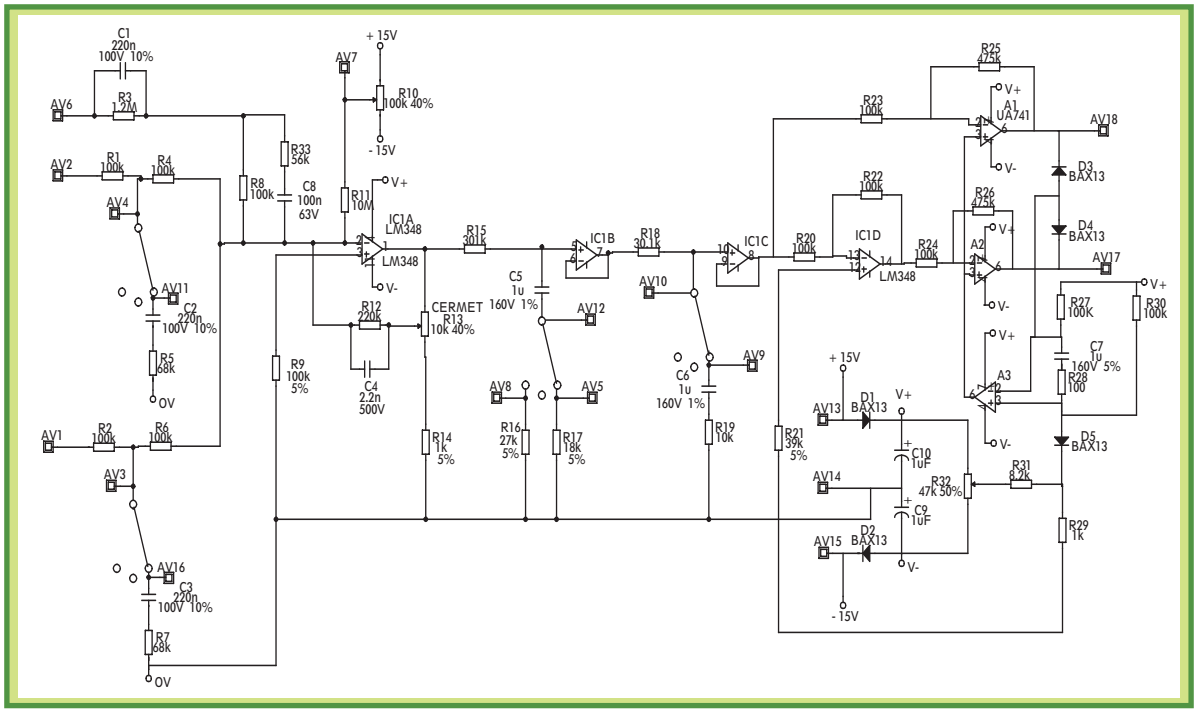


Figura 6. Unidad Amplificadora

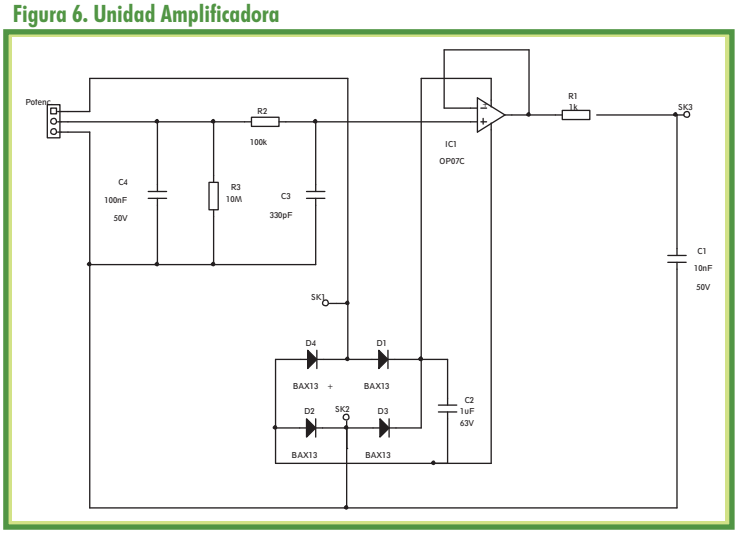


Figura 7. Potenciometro de entrada

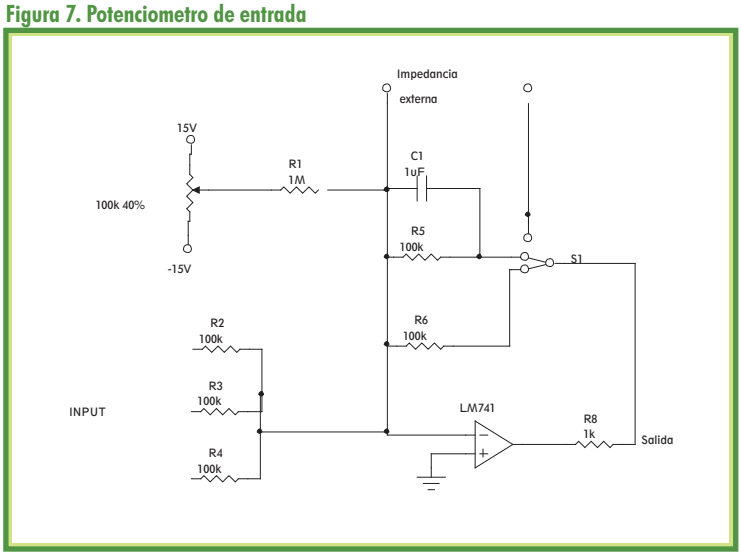
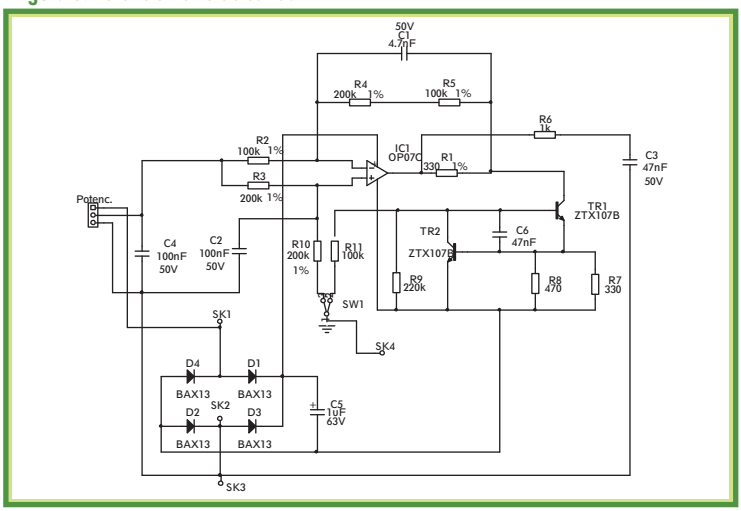


Figura 8. Potenciometro de salida



acoplarlo a la unidad tacogeneradora.

UNIDAD DE CARGA

Contiene un disco de freno. Este disco aparece acoplado al eje del motor. La carga del motor se puede variar de acuerdo con la posición del freno magnético.

UNIDAD TACO GENERADORA

Consta de un generador DC y un display de cristal líquido, posee un interruptor para seleccionar la cantidad necesaria (en RPM o en tensión DC). Además contiene una caja de engranajes para reducir la velocidad con una relación de 30:1. (Ver Figura 4)

UNIDAD PRE - AMPLIFICADORA

Este dispositivo provee la señal correcta para manejar el servo amplificador. Una señal positiva aplicada a cualquiera de las entradas produce una señal positiva en la salida superior. La otra salida se mantiene en cero. Una entrada negativa produce una salida positiva en el terminal inferior, permaneciendo la salida superior en cero. Un interruptor habilita una red de compensación interna. (Ver figura 5)

UNIDAD DEL AMPLIFICADOR OPERACIONAL

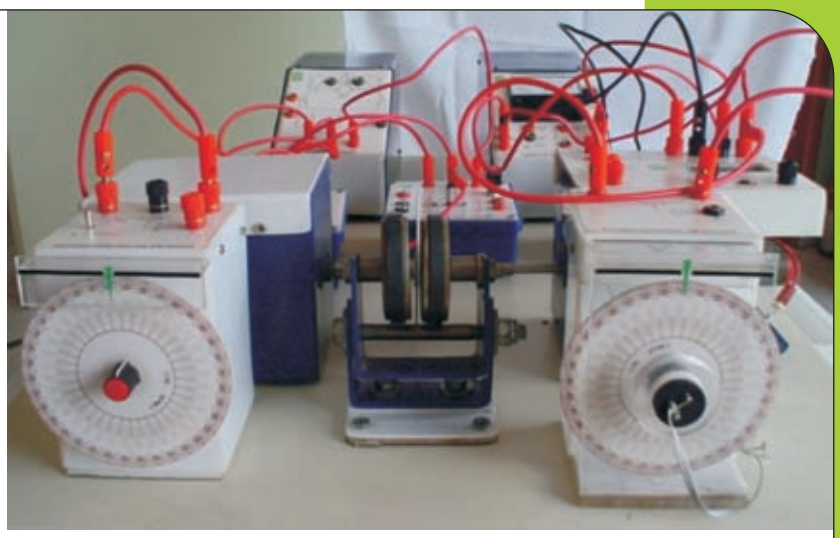
Es un amplificador de propósito general con facilidad para múltiples entradas y diferentes arreglos de realimentación. Se utiliza para generar la señal de error en los sistemas de lazo cerrado, realizando la comparación de dos o más entradas. La constante de

ISSN 1692-1798

tiempo se puede variar para efectos de inestabilidad en el motor. (Ver figura 6)

POTENCIÓMETROS DE ENTRADA Y SALIDA

Potenciómetros de semiprecisión, montados sobre diales indicadores de posición. El potenciómetro de salida contiene un eje para acoplarse a la unidad tacogeneradora. (Ver figura 7 y 8)



CONCLUSIONES

La adquisición de piezas electrónicas en Colombia es muy limitada y la importación de las mismas es un proceso costoso y dispendioso, por lo que fue necesario rediseñar los equipos acorde al nivel de tecnología que se encuentra en el mercado de la región.

La simulación de los circuitos en Circuict Maker, es un paso fundamental en el desarrollo del módulo para tomar medidas de tensión y corriente.

Para el rediseño de las piezas mecánicas fue necesario acudir a expertos en el tema, para poder establecer una sinergia con la precisión de los procesos electrónicos.

Las soldaduras utilizadas en las tarjetas electrónicas se convirtieron en un factor eventualmente significativo en el buen funcionamiento del módulo, puesto que solapan los errores.

Al poner en marcha el sistema automático de control analógico, se obtuvo satisfactoriamente el buen desempeño de las prácticas de hardware: obtención de la constante del tacogenerador y aplicar carga al motor; control de velocidad del motor; control de posición del motor.

Al utilizar la unidad preamplificadora en la práctica de control de velocidad la ganancia aumentó, por lo que no se hace necesario utilizarla y así obtener un control más suave del motor.

En el diseño de sistemas que trabajen con tecnología superior a la manejada en la región es necesario contemplar como ideas potenciales las soluciones simples.

Los modelos matemáticos

BIBLIOGRAFÍA

DORF, R. C. Sistemas Automáticos de Control. Edit. Fondo Educativo Interamericano. México, 1996. 5a. edición.

HAMBLEY. Electrónica. Segunda Edición. MacGraw Hill.

KUO, Benjamín C. Sistemas de Control Automático. Edit. Prentice Hall Hispanoamericana. 7a. Edición. México, 1996.

NEAMEN. Análisis y Diseño de Circuitos Electrónicos. McGraw Hill. Segunda Edición.

SAVANT. RODEN. CARPENTIER. Otros. Diseño Electrónico. MacGraw Hill. Segunda Edición.

SEDRA, Smith. Circuitos Microelectrónicos. Editorial Oxford. Segunda Edición.

OGATA, K. Ingeniería de Control Moderna. Edit. Prentice Hall Interamericana. 5a. Edición. México, 1997.

Los dispositivos de control y su integración en SISTEMAS MULTIPLATAFORMA

Julián Eduardo Mantilla
Estudiente de Ingeniería Mecatrónica USTA
jmantilla@ustabuca.edu.co

El mercado de los equipos, componentes y sistemas electrónicos de uso en la automatización industrial es cada vez más amplio y estandarizado, pero aún existen plataformas en las cuales la integración natural no es posible y es necesario involucrar técnicas y tecnologías circundantes para lograr la unificación del control de los procesos, El Semillero de investigación en Automatización Industrial "GEMMA" está investigando acerca de estas técnicas y propone soluciones para un problema específico: "El flujo de datos entre PLCs a través de redes LAN e INTERNET"

ABSTRACT

The market of the equipment, components and electronic systems of use in the industrial automatization more and more ample and are standardized, but still platforms exist in which natural integration is not possible and is necessary to involve technical and surrounding technologies to obtain the unification of the control of the processes, The Seed plot of investigation in Industrial Automatization "GEMMA" is investigating about these techniques and proposes solutions for a specific problem: "the data flow between PLCs through networks LAN and Internet"

PALABRAS CLAVES

Sistemas multiplataforma, SCADA. Ethernet, PLC.

ISSN 1692-1798

INTRODUCCIÓN

La industria es el pilar de toda la economía mundial, sin productos y procesos no existiría el comercio, de allí la importancia de las grandes plantas manufactureras y del crecimiento que éstas le dan a una región o a un país.

La Mecatrónica es el motor que genera el crecimiento de la industria, optimiza los procesos de manufactura y permite a las empresas locales competir en el mercado global. Ésta es, sin duda, una herramienta de vanguardia que logra la integración de diversas tecnologías con el fin de permitir que productos de alta calidad sean elaborados más rápida y económicamente, además de presentar altos índices de calidad.

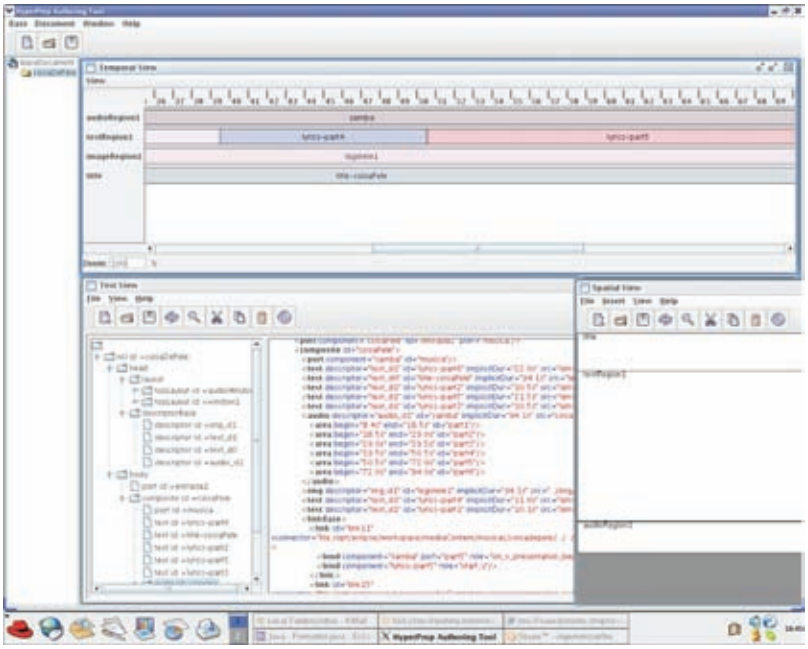
El Semillero de Investigación en Automatización Industrial GEMMA de la Facultad de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Santo Tomás Seccional Bucaramanga, conformado por estudiantes y docentes se ha propuesto integrar las plataformas de control industrial para que permitan la interconexión de equipos de diversas tecnologías y protocolos fabricados por varias casas matrices, además, todo el sistema de comunicaciones entre los dispositivos se hace a través de Ethernet ya que permite una integración total de los equipos, y a su vez, el acceso remoto desde cualquier lugar del planeta a través de Internet.

En este documento se describe un proyecto desarrollado por GEMMA en el cual se integran hardware de control, de comunicaciones y software especializado en monitoreo, visualización y toma de decisiones por parte de un operario. Este experimento involucra al grupo de investigación en Colombia y a la estudiante en práctica empresarial, Diana Silva situada en Omron, España.

HARDWARE DE CONTROL

El principal dispositivo de control industrial es el PLC (Control Lógico Programable) también conocido como autómata programable, estos equipos presentan, en su conformación física, puertos de entradas / salidas (I/O) que permiten recolectar información de sus entradas y tomar acciones en sus salidas de acuerdo a la función para la cual se instaló y según la programación que se dispuso en él. La mayoría de estos equipos permite la comunicación a través del protocolo Ethernet con otros sistemas y dispositivos.

Para el montaje se usan dos PLC OMRON CQM1H encargados del control de un sistema neumático de producción en serie a través de mesa rotativa (en donde el producto entra en la mesa y gira alrededor de las herramientas de manufactura y sale de ella una vez terminado el maquinado) y el otro permite el control de una maqueta que representa un proceso de pintado de productos. Es importante recalcar que los sistemas, aunque difieren en funcionalidad, comparten información todo el tiempo usando la red industrial Controller link. Estos PLCs se comunican con un PLC maestro CS1 de la misma empresa que sirve de puente para la comunicación de datos por Ethernet. Este equipo permite el control de los otros sistemas permitiendo la acción o no de ellos, además de lograr



la interacción de estos sistemas con sistemas de comunicación remotos ubicados a grandes distancias.

Existe otro proceso neumático similar al anterior que funciona de manera lineal y que es controlado por sistema Maestro-Participante conformado por PLCs FESTO FEC34 ambos con protocolo TCP/IP se conectan a Internet o a una red de área local para compartir información entre ellos.

Todos estos sistemas se conectan a un Stwich en donde se hallan además de los PLCs, el nodo de Internet, y los nodos de los computadores que hacen el monitoreo en un sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) elaborado en LabView usando el DSC (Datalogin Supervisory Control)

SCADA
(Herramientas Software)

Los sistemas de visualización, monitoreo y toma de decisiones basándose en una interfase gráfica por computador son, sin lugar a dudas, el principal medio para controlar y supervisar los procesos en la industria actual. En el mercado existen muchas herramientas capaces de adquirir datos en tiempo real y presentarlos de manera correcta y fiable en la pantalla del PC o en dispositivos LCD de campo y con gran aceptación en las plantas manufactureras.

Para el propósito del proyecto se usan dos herramientas, una de ellas es el DSC de LabView producido por National Instruments y otra es CX-Supervisor de OMRON. Estos programas permiten visualizar los procesos, monitorear el estado de cada parte del proceso, responder rápida y eficazmente a las alarmas y fallos, mejorar los tiempos de producción, auditar el uso de materia de prima y la cantidad de producto final, centralizar la información en un centro de mando, entre otras funciones. Todas estas posibilidades hacen creciente el ya grande mercado de las herramientas de control por computador.

El semillero de investigación decidió utilizar el CX-Supervisor para visualizar los procesos controlados por los PLC OMRON y el DSC para los PLC FESTO, cada paquete permite la comunicación de datos entre sí y el control en remoto desde España de los sistemas que han automatizado. Cada paquete tiene un ambiente de desarrollo en el cual se diseña cada pantalla y dispositivo de campo, también presenta un ambiente de ejecución en el cual los sistemas de control ya programados generan acciones que afectan directamente a los equipos conectados a éstos.

COMUNICACIONES (ETHERNET)

Los sistemas de comunicación lograron integrar procesos que estaban situados a gran distancia entre sí, estos equipos trabajaban con controles locales y no conocían el estado global de la producción y mucho menos permitían el acopio de la información en un centro de control. Los protocolos de comunicación lograron interconectar cada sección en estas líneas de producción en las plantas de manufactura a través de redes industriales como Profibus, Canopen, ASI. Otro de estos sistemas es Ethernet, un esquema que permite la comunicación de máquinas y controles remotos, con computadores en el centro de mando y con PCs ubicados en el sector administrativo de las plantas.

Ethernet utiliza el protocolo TCP/IP lo que logra la identificación de cada participante de la red y la transferencia de información por medio de paquetes de datos. Los PLC FESTO y el PLC maestro OMRON permiten el uso de esta tecnología con la cual la información es transmitida a los paquetes de visualización.

Las redes LAN son cada vez más populares en oficinas y en sectores administrativos, esta red funciona gracias a Ethernet, con lo cual se facilita llevar la información de producción a Gerencia o evaluar con mayor brevedad el consumo de materias primas y hacer pedidos oportunos por parte del encargado de compras, también es posible hacer las fichas técnicas de las máquinas operativas y establecer jornadas de mantenimiento de acuerdo al uso que individualmente se dé a cada dispositivo.

Esta red requiere de equipos de comunicación y enrutadores especiales para lograr la transferencia de información oportuna y segura entre los participantes.

ISSN 1692-1798

OTROS EQUIPOS

Los procesos de manufactura requieren de dispositivos que no se encuentran en los grupos anteriores, pero permiten el funcionamiento correcto de los sistemas integrados. Para el caso del proyecto se usa una cámara de video con comunicación por Ethernet que permite ver, en tiempo real, el funcionamiento de proceso desde cualquier lugar y así tener certeza que los proceso cumplen con la función para la cual fueron diseñados y programados, además es la primera herramienta a usar en sistemas remotos para detección de fallas.

Este equipo permite ver el proceso pero teniendo el control de lo que se está viendo, es decir, permite enfocar y rotar la cámara según sea necesario logrando disponer de las imágenes que realmente son útiles en el monitoreo.

LA INTEGRACIÓN

El propósito más importante del sistema en desarrollo es la capacidad de integrar todos estos dispositivos de control en una plataforma única de monitoreo, visualización y toma de decisiones que maneje la maqueta del proceso de pintado, la línea de maquinado por plato rotativo, el sistema de envasado lineal y el control de la cámara.

Este sistema permite la comunicación de datos entre los participantes de la red y con aquellos equipos remotos autorizados y que acceden al sistema a través de Internet. Este servicio permite el monitoreo y el control de dispositivos integrados desde cualquier sitio, en nuestro caso desde Valencia, España.

Estas funciones son la principal ventaja del desarrollo técnico del proyecto, ya que integran sistemas ubicados en cualquier lugar del planeta, incluso en sitios muy remotos se puede disponer de un punto de Internet satelital y monitorear procesos desde un centro general de mando.

AVANCES

El proyecto de integración se encuentra en desarrollo, pero con resultados satisfactorios, hasta el momento se ha logrado la comunicación y el control en remoto desde España del PLC Maestro, se están desarrollando los sistemas neumáticos para controlar los cuales ya se diseñaron y están en proceso de montaje, también se construyó la maqueta y se inició la programación de los PLC y de las pantallas de visualización en DSC y CX-Supervisor. También se logró la configuración e instalación de la red Controller Link

Otro punto en el que se avanzó es la posibilidad del control remoto de la cámara de video y la apertura de un canal Full-Duplex (Transmisión y Recepción simultáneos) para compartir información con los equipos remotos y locales que intervienen en el desarrollo del sistema.

EL GRUPO GEMMA

El Semillero de investigación en Automatización Industrial GEMMA de la Facultad de Ingeniería Mecatrónica de la

Universidad Santo Tomás Seccional Bucaramanga tiene casi cuatro años de historia, en los cuales ha realizado conferencias, participaciones en eventos nacionales e internacionales y permitió crear conciencia en los estudiantes de la importancia de la investigación formativa y estricta, con lo cual los procesos de manufactura en la región y el país tendrán ingenieros talentosos a su disposición, con grandes capacidades de discernimiento, de generación de nuevo conocimiento, con alto grado de creatividad y con mente abierta a la creación, absorción y aplicación de nuevas tecnologías.

Este grupo de investigación tiene tres frentes de trabajo definidos, Sistemas de Control por PC con LabView, Autómatas Programables (PLC) y Sistemas Electroneumáticos y ElectroHidráulicos. Cada grupo es coordinado por un grupo de estudiantes que realizan investigación formativa impartiendo clases especiales, dictando conferencias y realizando prácticas con estudiantes que ingresan a los semilleros.

Los coordinadores, además de la función formativa que asumen con otros estudiantes, realizan investigación estricta al desarrollar modelos y proyectos como el expuesto en este artículo generando soluciones reales y aplicables a las necesidades de la industria colombiana.

Los miembros del equipo de trabajo son:

Docente Encargado:	Miguel Ángel Trigos Martínez
Estudiantes Coordinadores del Semillero GEMMA	Julián Eduardo Mantilla
	Daniel Sánchez Pineda
	David Hurtado
	Luis Carlos González
	Fabián Pamplona
	Cristian Camacho
	Diana Silva (Estudiante en Práctica en España)
	Nancy Bermúdez

Entre los principales logros del grupo se encuentra la preparación, coordinación y participación de los estudiantes que representaron a la Universidad en las Olimpiadas Regionales (Bucaramanga), Nacionales (Bogotá) y Latinoamericanas (Brasil) de Mecatrónica. También organizó las primeras olimpiadas intercolegiales de Mecatrónica donde se obtuvo gran aceptación por parte de los planteles educativos y de los mismos estudiantes. Es además de lo anterior una fuente continua de conocimiento actualizado gracias a las conferencias y visitas técnicas que organiza y es apoyo fundamental en los procesos de acción social de la Facultad dando soporte a gran variedad de actividades.

CONCLUSIONES

Los sistemas de control permiten que los procesos se realicen de acuerdo a un proceso específico, pero además, y gracias al SCADA es posible monitorear las líneas de producción, desde la llegada de la materia prima hasta la distribución del producto final.

Es posible la integración de sistemas, (aun cuando de forma natural éstos no permitan su interconexión) utilizando herramientas y protocolos de comunicaciones que logren la transferencia de datos entre los equipos.

El grupo GEMMA es motor de desarrollo tecnológico gracias a la apropiación de conocimiento y a la experimentación con equipos de laboratorio. Estas condiciones propician la formación de ingenieros de gran calidad técnica y humana.

BIBLIOGRAFÍA

OMRON. www.omron.com

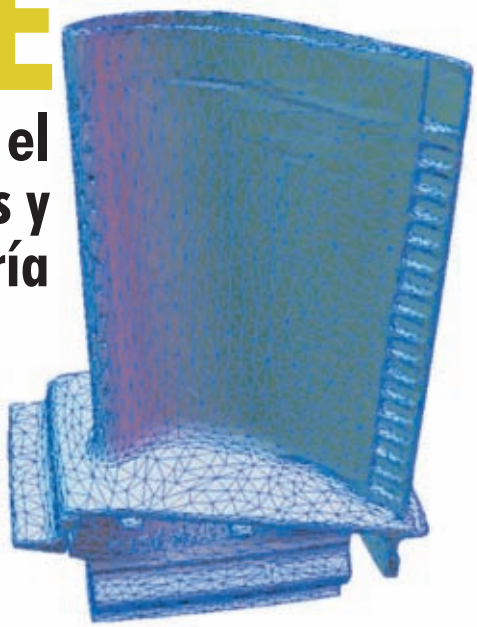
FESTO. www.festo.com

Programación de PLCs www.infoplc.org

ISSN 1692-1798

CAD/CAE

Una propuesta innovadora en el diseño de productos y procesos en Ingeniería



Msc. Pedro José Díaz Guerrero
Universidad Politécnica de Catalunya
Pdiaz@ustabuca.edu.co

La globalización e integración económica han generado grandes cambios en los sistemas de diseño, fabricación y organización de la producción, éstos han provocado innovaciones que básicamente se resumen en la adopción de tecnologías avanzadas en el área de diseño e ingeniería de productos y procesos para la industria, producir de una forma eficaz, evitando sobrecostos por rediseños de prototipos o modelos mal elaborados, son los problemas que las empresas desean evitar al interior de sus departamentos de diseño.

ABSTRACT

The economic globalization and integration have generated big changes to the systems of design, manufacture and organization of the production, these have provoked innovations that essentially are summarized in the adoption of advanced technologies in the area of design and engineering of products and processes for the industry, producing of an effective form, avoiding over-costs for redesigns of prototypes or models badly elaborated, are the problems that the companies want to avoid to the interior of their departments of design.

PALABRAS CLAVE

CAD, CAE, CAM, diseño de productos y procesos

INTRODUCCIÓN

Uno de los esquemas de producción más difundido en el mundo, en el área de productos

y procesos es el conocido bajo las siguientes siglas CAD/CAE/CAM (Diseño asistido por computador /Ingeniería asistida por computador/ Manufactura asistida por computador). Que aunque cada una de estas siglas encierre un mundo de posibilidades para clientes y usuarios, es de vital importancia reconocer que cada una de ellas aplica a las necesidades específicas de cada región y cultura en el mundo.

CAD/CAE

Partiendo de este hecho y teniendo en cuenta que el CAD, se define como aquella herramienta de tipo computacional que permite realizar prototipos virtuales, es necesario hacer notar que no todos los programas de CAD están pensados como herramientas que hacen parte de un proceso de desarrollo de un producto. Por tal motivo se resalta dentro del proceso de concepción de un prototipo, la capacidad que tienen estas herramientas para conectarse con otras dentro del mismo. Bajo ese concepto, el almacenamiento y la conectividad de la información que realiza el software de CAD dentro del proceso debe ser verificada antes de iniciar su desarrollo.

La segunda fase del proceso, la representa la ingeniería ó análisis de la solución de diseño propuesta. Con respecto a esta fase del proceso existen opiniones encontradas, debido a que algunos autores conciben solamente el análisis de modelos como un el proceso aislado, que se realiza a través de una herramienta de tipo comercial, la que en la mayoría de los casos, utiliza el método de los elementos finitos. Los problemas a resolver generalmente se encuentran en las áreas de: diseño estructural, térmico y de flujo fluidos, aunque de igual manera este tipo de problemas pueden ser lineales, ó por el contrario, no lineales por geometría ó por carga, y en algunas contadas ocasiones con variaciones más complejas, los problemas acoplados. Dichas herramientas solamente permiten realizar un análisis del modelo del posible comportamiento bajo unas determinadas condiciones de operación.

No obstante, es importante profundizar un poco más en el tema y hacer notar que hasta este punto del proceso se llevan a su vez, varias etapas:

1. Análisis del fenómeno físico que se va a trabajar.

2. Descripción y análisis del dominio a través de la geometría, es decir utilización de un software de CAD para llevar a cabo la construcción de la geometría

3. Consecutiva importación, purgado y reparación de la geometría, dependiendo del modelador utilizado para generarla.

4. Detalle de las condiciones iniciales y de carga a las que va a estar sometido el modelo.

5. Generación del dominio, mallado del mismo.

6. Control de calidad del mallado

7. Solución preliminar del modelo.

8. Calibración de la solución, control de calidad de la solución (QC).

9. Análisis de Resultados.

10. Construcción del modelo físico de laboratorio.

11. Alimentación del modelo de computador con datos reales y calibración del modelo.

Por otra parte, si bien es cierto que el desarrollo de este tipo de análisis en algunos casos es complejo, es importante resaltar que existe otro tipo de herramientas que aunque no manejan los mismos conceptos y procedimientos pueden ser consideradas como herramientas CAE, es el caso de librerías adicionales que poseen algunos programas de CAD tales como el Engineering Handbook de SolidEdge que permite realizar cálculos, esfuerzos, cargas, y potencia en elementos de máquina convencionales. Erradamente se asocia CAE con el método de los elementos finitos, y se omiten de plano aplicaciones valiosas en otras áreas de diseño, tal es el caso del análisis cinemático de mecanismos.

Hasta el momento se han descrito algunas de las herramientas de tipo CAD/CAE y la función que cumplen dentro de un proceso de diseño, y como se ha podido observar manejan muchas variables y grados de complejidad, adicionalmente debe tenerse en

ISSN 1692-1798

cuenta que, si bien es cierto que este tipo de tecnología toma un gran impulso con el advenimiento de los nuevos sistemas de cómputo, un sistema de aplicaciones de este tipo implica una inversión bastante elevada y desde el punto de vista de hardware y software, cada una de ellas debe estar de acuerdo a las necesidades de la industria y del problema de diseño en general.

Un caso concreto de un problema de ingeniería, podría ser aquel en el cual se desea conocer los esfuerzos y deformaciones totales, a las que es sometida una chapa de aluminio para fabricación en serie, de envases de cerveza, el ejemplo ilustra cuán útil puede ser un análisis CAD/CAE en un problema real de ingeniería.

Es necesario, en primera instancia, identificar el tipo de problema, análisis estructural no lineal, en donde se presentan grandes deformaciones, es decir, no linealidad geométrica, su análisis y solución permite observar que aunque el producto terminado no observe mayor complejidad se han realizado una gran cantidad de pruebas laboratorio, que han permitido desarrollar un prototipo de computador que modela la deformación y esfuerzos generados en el envase al recibir una carga que lo impacta y lo hace deformarse plásticamente sin que el material pierda las propiedades mecánicas por las cuales fue seleccionado. Toda esta afluencia de tecnología debiera de concluir en el diseño de nuevos productos y procesos de producción para la industria, pero el ingreso de la misma, debe hacerse de manera gradual y organizada; tal es el caso de las herramientas tipo CAD/CAE que son sencillas de manejar, y que permiten agilizar y mejorar los procesos de diseño en pequeñas industrias, no son necesarios costosos programas de computador y un conocimiento elevado para resolver problemas sencillos de ingeniería.

Fueron descritas de manera muy breve, algunas de las funciones que cumplen las herramientas CAD/CAE que existen en el mercado, y su aplicación y desempeño dentro de un proceso de diseño, es fundamental valorar la ayuda que estas herramientas ofrecen a la solución de problemas complejos en ingeniería y la forma en que deben ser aplicadas este tipo de soluciones a la industria.

El interrogante que se podría generar es: ¿Cómo aplica este tipo de conocimiento un ingeniero? Pues bien, un ingeniero que desarrolla su ejercicio profesional en el diseño de productos y procesos debería de poseer las capacidades y competencias que le permitan identificar las necesidades de la industria para la cual realiza las aplicaciones y de esta forma generar cambios tecnológicos considerables alrededor de los problemas de ingeniería que enfrente.

CONCLUSIONES

Consciente de que, no todas las industrias en el país, necesitan de esta tecnología, y que no todas la aplican de la misma forma, si existen empresas que en estos momentos propenden por el cambio en la concepción de sus productos y/o procesos, a través del uso de este tipo de herramientas, las cuales ya han brindado sus frutos, más allá de la precisión y certeza con que se realizan los análisis, éstas representan un modelo para el crecimiento organizado de la industria, debido a la posibilidad de aplicación y desarrollo de nuevos conocimientos en las áreas de diseño de productos y procesos.

BIBLIOGRAFÍA

Zienkiewicz O.C. - Taylor R. L. El método de los elementos finitos - Formulación Básica y Problemas Lineales, Vol. I, Cuarta Edición, Editorial McGraw Hill.

Oñate Eugenio. Cálculo de Estructuras por el Método de Elementos Finitos - Análisis estático lineal, Segunda Edición, Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, Septiembre 1995.

Reddy J. N. Finite Element Method. Second Edition -1993, McGraw-Hill International Editions - Engineering Mechanics Series.

Semillero de INVESTIGACIÓN INDUSTRIAL GEMMA - USTA

Esp. Miguel Ángel Trigos Martínez
Coordinador Área de Automatización
Facultad de Ingeniería Mecatrónica
Universidad Santo Tomás - Bucaramanga
mtrigos@ustabuca.edu.co

Como está escrito en el artículo número 14 del Sistema General de Investigaciones de la Universidad Santo Tomás, donde define los semilleros de investigación como: "Grupos conformados, en su mayoría, por estudiantes, con la presencia de docentes investigadores, que se proponen iniciar caminos hacia la investigación y que se enmarcan dentro de las políticas institucionales y centran su actividad en el desarrollo del espíritu investigativo", se ha conformado el Semillero de Investigación en Automatización Industrial en la facultad de Ingeniería Mecatrónica.

ABSTRACT

As number 14 is written in the article of the General System of Investigations of the University Santo Tomás, where it defines the seed plots of investigation like: "conformed Groups, in its majority, by students, with the presence of educational investigators, that they set out to initiate ways towards the investigation and that they are framed within the institutional policies and they center its activity in the development of the investigativo spirit ", the Seed plot of Investigation in Industrial Automatization in the faculty of Mecatronica Engineering has been satisfied.

PALABRAS CLAVES

Semillero de investigación, Automatización, Mecatrónica.

INTRODUCCIÓN

Concepto de semillero de investigación

Son comunidades de aprendizaje caracterizadas por su origen espontáneo, naturaleza autónoma y diversidad dinámica. Son una respuesta a la falta de integración de las diferentes disciplinas.

ISSN 1692-1798

Principios

- Promover una formación académica más investigativa e integral.
- Proyectar una educación participativa donde se elogie la pregunta.
- Aprender a aprender.
- Fortalecer la capacidad de trabajo en grupo.
- Fomentar una cultura interdisciplinaria donde se mantengan despiertas la capacidad de asombro y la curiosidad frente a la complejidad de la vida.

Integrado por

Estudiantes y profesores, investigadores que desean hacer de la investigación su estilo de vida, motivados, luchadores y sensibles por los problemas de Colombia.

Objetivos

- Promover la capacidad investigativa
- Propiciar la interacción entre sus integrantes
- Generar la capacidad de trabajo en grupo y la interdisciplinariedad
- Fomentar una cultura de aprendizaje
- Conformar y participar en redes de investigación.

Actividades que se deben realizar.

Charlas, conferencias magistrales, talleres, seminarios, clubes de revistas, visitas técnicas, participación en eventos académicos, culturales y sociales.

Promoción de labor investigativa, confrontación de experiencias.

Desarrollo de proyectos de investigación.

CONFORMACIÓN DEL SEMILLERO GEMMA

Segundo semestre del 2002. Se inicia la conformación de las líneas de investigación de la Facultad, con este proyecto se busca reunir estudiantes con ganas de investigar y que bajo ningún interés académico buscarían un espacio para congregarse y desarrollar sus ideas, en esta época se conforman tres subgrupos afines a la línea de automatización industrial, es el primer paso y se logra mantener el grupo hasta el fin de semestre (Dic. 2002.) Con pocos alumnos en el grupo y no con muchos resultados.

Debido a que se desconocía el concepto de Semilleros de Investigación y que no se tenía claro el horizonte del mismo, así transcurrió el grupo por otro semestre más, sin embargo, para el primer semestre del 2003, se realizaron actividades que fortalecieron el grupo como una unión de amigos que buscan el aprendizaje continuo.

Cuando se entra en la etapa de preparar el documento para el registro calificado de la Facultad de Mecatrónica, se adquiere el conocimiento necesario para la conformación de un semillero de investigación, es cuando se promueve en el Claustro de Alumnos de facultad, la creación del grupo con unos parámetros definidos, objetivos y cronograma de actividades en el transcurso del semestre; éste es el inicio del semillero donde, hoy, está más fortalecido que nunca y con las proyecciones realizadas, no sólo se convertirá en una fortaleza de la Facultad sino en un ejemplo para la universidad.

ACTIVIDADES REALIZADAS

En el segundo periodo del 2004 se realizaron algunas actividades dentro del semillero GEMMA entre las cuales se destacan las siguientes:

- Conferencia sobre Sistemas de Calidad en la Industria Colombiana por el ingeniero Sergio Álvarez de la empresa TRANSEJES de Santander.
- Primera Maratón intercolegiada de Mecatrónica. Esta contó con la participación de diversos colegios de la región, en los cuales los estudiantes participaron en diversas áreas de la Mecatrónica como Dibujo computarizado con Solid Edge, automatización con sistemas neumáticos, automatización por computador con LabVIEW y robótica.
- Curso de electrónica básica para adultos estudiantes de bachillerato nocturno. En este proyecto, algunos estudiantes de últimos semestres de ingeniería mecatrónica, con la asesoría de los docentes, diseñaron y llevaron a cabo un curso de capacitación en conocimientos básicos de electricidad y electrónica a diferentes comunidades de Bucaramanga canalizados a través de colegios que ofrecen validación de bachillerato para adultos. Sin ningún costo y con los recursos de los laboratorios de la universidad.
- Visita Técnica al Acueducto de Bucaramanga. Donde se pudo observar todo el control que se tiene sobre la red de acueducto de la ciudad a través de su sistema SCADA, así como las etapas de potencia, protecciones mediante sistemas redundantes y la instrumentación necesaria para ello.
- Visita técnica a Palmas de Puerto Wilches. Una de las ramas de investigación de la facultad de Ingeniería Mecatrónica es la Automatización Industrial. Durante esta visita se observaron procesos reales de producción a gran escala y los estudiantes que participaron pudieron analizar los factores que implica la automatización en la industria colombiana y compararla con los conocimientos adquiridos durante la carrera.
- Preparación y segundo puesto en Olimpiadas nacionales de Mecatrónica organizadas por FESTO. La Universidad Santo Tomás se ha destacado en los últimos años por su participación en las olimpiadas en las cuales ha obtenido el primer y segundo lugar en el 2003 y 2004 respectivamente. La preparación de los participantes se realizó dentro del semillero.
- Cursos de preparación en las líneas de investigación. Esto, siguiendo con la primera fase del semillero de investigación que se inicio desde el mismo momento en que fue creado.

Entre los docentes y estudiantes que actualmente coordinan el semillero de investigación GEMMA se encuentran:

- Miguel Ángel Trigos - Docente
- Erik Vera Mercado - Docente
- Daniel Sánchez Pineda Estudiante
- Jesús David Hurtado Estudiante
- Yesid Delgado Plata Estudiante

CONCLUSIONES

Asimismo se tienen proyectos para el primer periodo del 2005, como una ayuda a los damnificados por las lluvias en Girón, que se realizó con la ayuda de todos los estudiantes de la facultad de Ingeniería Mecatrónica. También se creó una nueva línea de investigación en robótica, liderada por estudiantes que actualmente se encuentran cursando octavo semestre, el objetivo final de esta línea es diseñar y construir un robot móvil seguidor de línea, para participar en las olimpiadas organizadas por la Universidad Pontificia Bolivariana UPB.

BIBLIOGRAFÍA

Sistema general de investigaciones, Universidad Santo Tomás

ISSN 1692-1798

RETOS E INCERTIDUMBRES
en las redes futuras de comunicaciones

WISI
ORBIT

Msc. Edgar Mauricio Velasco Díaz
Ingeniero de Sistemas. UIS
Docente Tiempo completo
Facultad de Ingeniería de Telecomunicaciones.
USTA. Seccional Bucaramanga.
Maovelasco@ustabuca.edu.co

El presente artículo tiene como objetivo ayudar a enfrentar los retos de administración y servicios que ocuparán las redes de comunicaciones en los próximos años. Por ejemplo, puede ser que los usuarios quieran más servicios y que los gerentes se preocupen más acerca de los costos de computación, los directores administrativos se pregunten acerca del uso del poder de cómputo para mantener una ventaja competitiva y usted se preocupe acerca de la calidad del servicio.

Los nuevos servicios, el control de costos, las ventajas competitivas, la calidad de los servicios y las comunicaciones convergentes serán las preocupaciones principales. ¿Cómo explorar los cinco caminos a la vez? Una técnica clave es la administración de la red. No hay modo de que se tenga el tiempo suficiente para instalar nuevos servicios, mantener las cosas funcionando, planear estrategias y mantener bajos costos sin la ayuda de algunos agentes de software y firmware a través de la red. Pero hay otras técnicas inteligentes que pueden ayudar, como la contratación externa de los servicios adecuados, el trabajo incremental con los problemas y la planeación para el futuro de las redes de nueva generación.

ABSTRACT

The present new must like objective help to face the challenges of administration and services that will ocupation the communication networks in the next years. For example, it can be that the

users want more services and that the managers worry more about the costs about computation, the administrative disrectors ask themselves about the use of the power of compute to maintain an advantage competitive and you worrie about the quality of the service. The new services, the control of costs, the competitive advantages, the convergent quality of the services and communications be the main preoccupations. How do explore the five ways simultaneously? The key is in the administration of the network. There is way of which it has the time sufficient to install new services, to maintain the things working, to plan strategies and to maintain the costs without the aid of some agents of software low and firmware around of the network. But there are other intelligent tecnics that can help, like contratation external of the suitable services, the incremental work with the problems and planeation for the future of the networks of new generation.

PALABRAS CLAVES

Redes, dirección IP, calidad de servicio, convergencia.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de Internet y las intranets corporativas han sido una tendencia principal de las redes en los años anteriores, y prometen ser un área de crecimiento para muchos de los años venideros.

Por cada peso o dólar en estos momentos se obtiene más poder de cómputo.

La red es una de las ventajas estratégicas de la empresa, pero el ser competitivo depende de qué tan bien se use este recurso.

La calidad de servicio en los próximos años, es fundamental para captura de clientes, es importante recordar que hay que mantener abiertas las vías de acceso.

LAS REDES DE PRÓXIMA GENERACIÓN

I. NUEVOS SERVICIOS

El crecimiento de Internet y las intranets corporativas han sido una tendencia principal de las redes en los años anteriores, y prometen ser un área de crecimiento para muchos de los años venideros. Los usuarios quieren visualizadores, programas de aplicación, gráficos y videos que utilicen HTTP, HTML, XML Y TC/IP para vincular las computadoras de escritorio con las aplicaciones. La mayoría estará tratando de resolver los problemas relacionados con la configuración de los servidores del Web y del correo de la empresa y permitiendo la colaboración a través de la red. Estas son tres estrategias que ayudarán a facilitar el cambio.

ESTRATEGIA 1: Al instalar la intranet: usar el hardware que se tenga y un sistema operativo que conozca.

En la actualidad los servidores Web se están introduciendo en las empresa igual que lo hicieron las PC de los ochentas. En este momento ya que no tiene que sumergirse en el mundo misterioso de Unix para instalar los servidores intranet, y tampoco tiene que hacer grandes compras de hardware poderoso. Las pruebas de balanceo de carga del servidor Web para "Los policías de tráfico del servidor Web" encontraron que,

ISSN 1692-1798

cuando se trata del desempeño de una intranet, los enlaces WAN, y no el desempeño del servidor, son los cuellos de botella. Para la mayor parte de los propósitos, cualquiera de los programas servidores Web de Microsoft, Netscape, Unixware y Novell le proporcionarán a su sitio Web todo el desempeño que necesita al ejecutar en una PC con 64MB o más de memoria. La clave es proporcionar la suficiente memoria para dar servicio a las peticiones de página desde memoria caché. Para un mejor desempeño, así como para la tolerancia fallas, se debe instalar una serie de servidores con una solución de balanceo de carga.

ESTRATEGIA 2: Poner bajo control la administración de direcciones IP.

Si se tiene una gran red o un tráfico grande de datos, entonces la administración de las direcciones IP para todos los nodos se convierte rápidamente en un problema, en especial si se está enlazado a Internet. Para la mayor parte de las redes de tamaño mediano y pequeño, los servidores DHCP y DNS, que están incluidos en Windows NT de Microsoft, Unix SCO y Netware, proporcionan herramientas adecuadas para la administración de direcciones IP. Pero para grandes redes de área amplia, paquetes de administración de IP, como el DNS/DHCP Manager de Cisco, NetID de Isotro y QIP de Quadritek Systems, pueden hacer mucho más fácil la tarea de configuración de sus redes, y mantienen actualizada la información del servidor DNS, además de evitar direcciones IP duplicadas.

ESTRATEGIA 3: Usar herramientas especializadas para vincular los servidores Web con las bases de datos corporativas.

Los vínculos con aplicaciones antiguas por medio de un servidor Web puede ser una tarea retadora. El estándar de interfaz de compuerta común (CGI) proporciona una manera para pasar peticiones de un servidor Web a una base de datos existente. Herramientas especializadas, como el db Web y el Internet Database Connector (que viene con el Internet Information Server de Microsoft), el LiveWire de Netscape y el Designer/2000 y el WebServer 2.0 de Oracle, dejan a un lado a la CGI para una conectividad de base de datos más fuerte. Si se tiene un equipo de desarrollo de aplicaciones puede y debe aprender a usar estas herramientas. Sin embargo, si debe configurar un nuevo equipo, le sugerimos el apoyo externo de una compañía con experiencia comprobada.

II. CONTROL DE COSTOS

Por cada peso o dólar en estos momentos se obtiene más poder de cómputo, pero para justificar su inversión sería aconsejable desarrollar las siguientes estrategias.

ESTRATEGIA 4: Controlar y justificar el costo de la computación, invirtiendo en herramientas de administración de la red.

Los sistemas de administración de LAN empresarial modernos hacen mucho más que activar el celular o bipper cuando un servidor se cae. Proporcionan funciones de contabilidad (como la distribución de software, medición de licencias e inventario de hardware) y son esenciales para bajar la sobrecarga y aumentar la productividad. Las funciones de seguridad, como llevar cuenta de contraseñas y detección de virus, llegan a ser cada vez más im-

portantes cuando se está conectado a Internet. Las características de planeación de la capacidad, el etiquetado de los problemas y el registro de eventos le ayudan a justificar el presupuesto. El System View de ffiM encabeza el mundo de las opciones y funciones de administración. Otras alternativas de administración, como las ofrecidas por el Optivity de Bay Networks, el Spectrum Enterprise de Cabletron, el Cisco Works de Cisco, el Vivid de Newbridge y el Trascend de 3COM, también son muy completas. Frye Utilities de Frye Computer Systems y Manage Wise de Novell son unos paquetes de software independientes de hardware muy completos.

Los productos de otras compañías de software, incluso el LANDesk Manager de Intel Systems Management Server de Microsoft y al Norton Administrator For Networks DE Symantec, se enfocan en funciones relacionadas con el costo de la propiedad, como la distribución del software, su inventario y su medición. Para obtener una funcionalidad completa se pueden integrar estas suites con los programas de configuración y reporte enfocados hacia el hardware que se incluyen en muchos equipos de red.

ESTRATEGIA 5: Establecer un punto de demarcación para la administración de la red de área amplia.

En los años venideros, las ventajas de costo y de características llevarán a reemplazar las líneas alquiladas por servicios de relevador de marco, y luego por redes privadas ATM Virtuales. Los suscriptores de relevador de marco pueden obtener valiosos reportes de tráfico de tiempo real de sus servicios en formato SNMP. También deberá evaluarse al proveedor (o proveedores) de servicios de relevador de marco para la provisión y mantenimiento del equipo de interfaz de comunicaciones, la provisión de seguridad de cortafuegos y la vigilancia contra virus. En lugar de instalar u mantener el equipo de servidor de acceso remoto propio, evalúe el uso de servicios de red privada virtual para los usuarios finales.

III. VENTAJA COMPETITIVA

La red es una de las ventajas estratégicas de la empresa, pero el ser competitivo depende de qué tan bien se use este recurso.

ESTRATEGIA 6: Invierta en software de colaboración para trabajo en grupo.

Los productos NotesIDomino de Lotus y el Group Wise de Novell han cambiado el enfoque en serie para la creación, distribución y cambios de documentos hacia un esquema de creatividad y productividad compartida. Incluso los productos de recursos compartidos, como el SmartBoard de Smart Technologies, permiten la colaboración al utilizar el ancho de banda de la red.

ESTRATEGIA 7: Utilizar herramientas de almacenamiento y búsqueda de datos para descubrir nuevas oportunidades para su organización.

Su empresa recolecta todo tipo de información acerca de clientes, vendedores, proveedores y producción. Los datos guardados en sus aplicaciones antiguas de computado-

ISSN 1692-1798

ras son una mina de oro para comprender lo que se ha hecho bien y cómo aprovechar las oportunidades que quizá se estén desperdiciando. Las herramientas de almacenamiento de datos consolidan la información de muchos departamentos del interior de una organización, y las herramientas de búsqueda de datos usan algoritmos sofisticados de búsqueda y de estadísticas para descubrir nuevos patrones y relaciones de datos. Las herramientas de almacenamiento y búsqueda de datos de todos los principales distribuidores de base de datos están llevando soporte de decisiones a nuevas alturas.

ESTRATEGIA 8: Use la redundancia y la recuperación de fallas de servidores inteligentes para mantener la red abierta todo el tiempo.

El valor estratégico de la red se hace negativo cuando no se pueden mantener abiertos los canales todo el tiempo. Las soluciones de agrupamiento de servidores proporcionadas ahora por Digital, la capacidad de servidores replicados y de reserva del SFT III y Vinca de Novell, e incluso la protección de fallas de servidor Web de Cisco, lo mantienen en línea y produciendo dinero cuando la competencia no sabe qué hacer. No hay que perder de vista los productos basados en Wolfpack, un estándar de agrupamiento de servidores que está siendo desarrollado por Microsoft y por varios vendedores de soluciones de agrupamiento de servidores.

IV. CALIDAD DE SERVICIO

La calidad de servicio en los próximos años, es fundamental para captura de clientes, es importante recordar que hay que mantener abiertas las vías de acceso, haga su selección con cuidado. Algunas soluciones QoS tardarán en llegar, y pueden ser mayores los beneficios económicos de las largas distancias que sus cifras de alto tráfico de procesamiento.

ESTRATEGIA 9: Garantice la calidad del servicio a través de sus dispositivos de relevador de marco.

El ATM ha ganado fama por su capacidad para soportar la QoS mediante la asignación de ancho de banda a las aplicaciones, pero éstas tienen que estar escritas específicamente para aprovechar dicha característica. La emulación de LAN aún no garantiza la QoS a través de ATM durante un tiempo. Sin embargo, mientras se está en espera se puede garantizar la QoS a través de dispositivos de acceso de relevador de marco. La familia 9111 de FRAD, de TxPORT, ofrece buffers para que los usuarios no pierdan datos cada vez que los rangos de ráfaga excedan el rango de información proporcionada por la línea. El uso inteligente de avances como éste le permitirá colocar los niveles de servicio garantizados en el lugar que los necesite.

ESTRATEGIA 10: Recuerde "Conmute donde pueda y rutee donde deba".

El diseño y la implementación de redes inteligentes recorrerán un largo camino para mantener el servicio, y una parte de esto será el hecho de ver opciones como "entre más grande es mejor". El GIGASwitch de Digital encabezará el camino para los productos empresariales que tratan a la red como un "conmutador" de la telefonía antigua, y cualquier nodo se podrá conectar con cualquier otro a velocidades impresionantes, con lo que se reducirá en gran forma la infraestructura de la red. No hay que perder de vista los productos de conmutación de Capa 3 de los principales distribuidores de red. Estos prometen combinar el alto desempeño de la conmutación con la inteligencia del ruteo, dándoles lo mejor de ambos mundos.

V. COMUNICACIONES CONVERGENTES.

ESTRATEGIA 11: Inteligencia de las comunicaciones.

Cuando se habla de inteligencia deber ser entendida como la capacidad de progresar en un mundo cambiante. En la actualidad, el sector de tecnologías de la información ha sufrido diversos contrastes. Por un lado, la catástrofe de las tiendas .com que parecía crear una nueva economía y al final quedó un modelo de comercio electrónico que hoy en día sigue creciendo. De otro lado el colapso empresarial en empresas tales como WorldCom, Global Crossing y Enron, entre otras, además

de las tradicionales telepolios que han ido decayendo. A esta situación hay que agregarle el crecimiento exponencial de Internet que está aumentando la brecha digital. En este sentido es claro que la tecnología que debe aprovecharse para cerrar la brecha es con telefonía móvil y no en computadoras.

En esa tendencia, la intersección de las redes de movilidad alámbrica, inálambricas, Wi Fi, datos y VoIP abren una posibilidad tecnológica para transmitir datos, voz y constituir redes de una nueva naturaleza, logrando una verdadera convergencia que conlleva a verdaderas tecnologías inteligentes y no como se pretende actualmente sustituir a los seres humanos. De ahí surge un nuevo concepto llamado "el web de voz" mediante portales en el audioespacio.

ESTRATEGIA 12: Convergencia en las telecomunicaciones.

En el mundo de las tecnologías, se suele hablar de convergencia como la tendencia que permitirá el desarrollo social, aunque dicha convergencia se da en diferentes sentidos. Por un lado, la convergencia debe ser de contenido, es decir, se integra voz, vídeo, audio y datos. De otra parte, hay una convergencia de acceso a la red de telecomunicaciones con el teléfono móvil, el texto, lap top y la PDA. "Todas están convergiendo a lo mismo. El dispositivo de acceso a las redes de voz y computacionales será idéntico. Se ve que va desapareciendo el PC tradicional y se tendrán que proveer servicios convergentes a accesos convergentes".

Una tercera convergencia es la de identificación, eso significa que en el futuro existirá un identificador único. Hoy en día se tienen dominios de internet, códigos LDI o LDN, direcciones IP, además de códigos de larga distancia telefónica. Todo esto converge a lo mismo, hasta el momento en que el dispositivo de mano tendrá un Id único con roaming global.

Una última convergencia es la que se debe dar entre los distintos aspectos de la relación del cliente: Por un lado está el servicio al cliente, la relación financiera, venta y el soporte técnico especializado.

CONCLUSIONES

En la administración de las redes futuras deben estar implícitas las estrategias mencionadas anteriormente para los nuevos servicios, el control de costos, las ventajas competitivas, la calidad de los servicios y las comunicaciones convergentes que serán fundamentales para el diseño e implementación de las redes de próxima generación.

Las redes tendrán que ser capaces de manejar una gran variedad de tráfico de datos, desde transferencia de archivos sencillos hasta servicios de multimedia, soportar acceso por cable e inalámbrico con más ancho de banda del disponible actualmente, proporcionar altos niveles de QoS donde se requiera, e integar voz, datos y los servicios de multimedia en tiempo real a gran número de usuarios residenciales y corporativos, para ajustarse a todos los retos e incertidumbres que le deparará las redes futuras de telecomunicaciones.

BIBLIOGRAFÍA.

Redes y Comunicaciones de datos. STALLINGS. Ed. Mc Graw Hill.

Redes de Telecomunicaciones. SCHWARTZ. Ed. Mc Graw Hill.

Comunicación de datos, redes y sistemas abiertos. HALSALL. Mc Graw Hill.

Redes de comunicación. LEÓN-GARCÍA. Ed. Mc Graw Hill.

Redes de Computadoras. Una guía práctica. Michell Palmer. Ed. Thomson.

http://atenea.edu.co/

www.ei.uvigo.es

www.inf.ufrgs.br/granville/Redes

www.lab.dit.upm.es

http://www.wired.com/news

http://www.sun.com/jini

http://lared.net/domotica/

ISSN 1692-1798

CLÚSTER EN LINUX

La solución a sus plegarias empresariales

GRUPO DE INVESTIGACIÓN
T&J BITCOM LTDA.
Universidad Santo Tomás Bucaramanga
Ing. Javier Alejandro Meléndez B.
Ing. Freddy Beltrán
Est. Miguel Alfonso Hernández Alvarado
contacto@bitcom-la.com

Un CLÚSTER específicamente es la agrupación de computadores de prestaciones normales que comparten recursos y desarrollan procesos de cálculo en paralelo, cumpliendo la función de un servidor, economizando en precios y reutilizando todos aquellos computadores que se tienen olvidados por que ya no cumplen con las exigencias actuales del software moderno.

ABSTRACT

CLUSTER specifically is the array of computers of normal benefits that they share resources and develop to processes of calculation in parallel, fulfilling the function of a server, saving in prices and reusing all those computers that it has forgotten because they don't satisfy with the present exigencies of modern software.

PALABRAS CLAVES

Clúster, Linux, Protocolo.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el sector empresarial e industrial presenta un gran manejo de volúmenes de información, que requieren supercomputadoras que satisfagan y den soporte a las necesidades de procesos informáticos, control de máquinas, análisis de imágenes, conectividad y demás, cada vez más rápidos.

La necesidad de las grandes empresas para controlar este desborde de información los ha llevado a invertir miles de dólares en servidores de última tecnología. Por lo cual surge una pregunta, ¿Qué puede hacer un pequeño o mediano empresario para solucionar el manejo de su información sin tener que invertir tanto? Y la solución es un CLÚSTER LINUX.

¿Por qué en LINUX y no en otro sistema operativo? Para esta pregunta sólo tenemos que decir que no hay que temerle a lo desconocido sino más bien indagar e investigar este grandioso sistema operativo que en la actualidad es de muy fácil uso y con un ambiente gráfico amigable.

Primero haremos una breve reseña de LINUX para que Usted, como lector, no se asuste y cambie de artículo.

La principal característica de GNU/Linux es precisamente su tipo de licencia de distribución libre (GPL), o una traducción al lenguaje empresarial, doméstico y estudiantil, es de libre uso.

Linux es un sistema operativo, multi-plataforma, multitarea, multi-usuario, con unas cualidades técnicas de potencia, flexibilidad y estabilidad que superan ampliamente al sistema operativo que suponemos debe usted tener en su casa o en su oficina.

También es un sistema operativo que por su arquitectura de kernel y seguridad no le afectan los virus. Actualmente se conocen [1] 60,000 virus identificados para Windows®, 40 para Macintosh®, 5 para los Unix® y 40 para Linux®. De los cuáles en Linux ninguno es maligno, pero aconsejamos configurar bien su S.O con un buen Firewall que incluye LINUX para evitar sorpresas.

Para no desviarnos más del tema, LINUX es un sistema operativo que le brinda la mayor seguridad de su información y la posibilidad de poder realizar todo lo que usted desee con tan sólo pedírselo a su ingeniero o investigando por su cuenta.

1. HISTORIA DEL CLÚSTER (ANTECEDENTES)

SAGE fue el primer sistema de CLÚSTER construido por NORAD© bajo un contrato hecho por la fuerza aérea e IBM en 1950 basado sobre la arquitectura MIT WHIRLWIND , usando tubos VACUUM y tecnología de núcleo de memoria. SAGE fue creado para detectar aeronaves hostiles que invadían el espacio aéreo norteamericano.

Dos décadas después se produjo la primera integración software/hardware con la creación de la primera WORKSTATION con tecnología VLSI (Very Large Scale Integration) que ofrece a los CLÚSTER un panorama de alternativas nuevas. Años después surge el desarrollo de ETHERNET que proveyó la primera red de área local (LAN) que permitía la Tx de datos a velocidades relativamente altas.

Luego aparecería en el mercado el sistema operativo UNIX creado por AT&T Bell Labs que incluía como características principales, memoria virtual extendida e interfaces para redes y el cual fue adoptado rápidamente por la comunidad científica de todo el mundo.

En la década de 1980 se incrementó el interés en el potencial de los CLÚSTER desarrollando aplicaciones de software que permitieran la manipulación del sistema.

Años después surge la primera gran aplicación de CLÚSTER en el mundo que fue desarrollada a petición de la Agencia Nacional de Seguridad de los Estados Unidos y estaba conformada por 160 Workstation y cuyo nombre era APOLLO.

Ilustración 1 Escudería BMW WILLIAMS

ISSN 1692-1798

Ilustración 2 ClusterLinux

2. EL PRESENTE DEL CLÚSTER Y SUS APLICACIONES EN EL SECTOR DE LA ECONOMÍA

Retomando el objeto de este artículo, principalmente los clústers en el mundo están siendo utilizados por compañías como Google®, un buscador de Internet, el cual usa un clúster Linux para implementar su motor de búsqueda, paralelizando las búsquedas de dos maneras. En primer lugar, consultas diferentes se pueden ejecutar en procesadores diferentes. Por otro lado, los índices de información se encuentran particionados y cada consulta puede operar simultáneamente en varios procesadores examinando diferentes partes del índice.

Los ISP (Internet Service Provider), son aquellas empresas que prestan servicio de almacenamiento de paginas web (hosting) e Internet, además de proveer alta disponibilidad, muchas veces necesitan atender un número grande de peticiones de servicio. Para esta alta demanda de servicios se interconecta un número grande de ordenadores (Clúster), con software que permite distribuir la carga balanceadamente, de tal forma que el sistema completo sea capaz de responder a las peticiones que se efectúan.

La implementación de un clúster también responde a las necesidades de algoritmos que incorporen tareas paralelas ofreciendo mayor eficiencia en el tiempo de respuesta.

Y para los aficionados [2] a la Fórmula 1, la escudería BMW Williams® construyó un Clúster de servidores HP (Hewlett Packard) que permite el diseño de algunas partes del auto en 14 horas cuando antes se diseñaban en tres días.

Otras empresas y entidades gubernamentales como la petrolera BP, Lawrence Livermore National Laboratory, el Pentágono, Centro del vuelo espacial de la NASA de Goddard, IBM entre otras, han decidido utilizar Clúster Linux para el manejo de su información.

Pero estará usted preguntándose que toda esta información dada en este artículo es de empresas con un capital económico superior al de cualquier empresa en Colombia, y nosotros le damos la razón, pero como su volumen de información no es desmesuradamente alto como el de estas empresas, entonces nuestro consejo es "reutilice lo que no le sirve". Si su información es de un nivel moderado con respecto al de las empresas ya mencionadas, un Clúster creado por computadores de prestaciones normales u obsoletas podría ser utilizado en su empresa para manejar sus bases de datos o los procesos de adquisición o petición de información sin invertir un gran capital en un servidor.

La Facultad de Ingeniería de Telecomunicaciones de la Universidad Santo Tomás seccional Bucaramanga, con su grupo de investigación T&J **www.ustabuca.edu.co** y en colaboración empresarial de BITCOM Ltda **www.bitcom-la.com**, ha incursionado en la creación de un modelo Clúster LINUX que estará finalizado a finales del año 2005.

3. CLÚSTER EN COLOMBIA

En la actualidad Colombia presenta el desarrollo de un CLÚSTER MACOS en el Observatorio Astronómico Nacional y el cual fue construido por la Universidad Nacional de Colombia con 9 pc´s y utilizando el sistema operativo Macintosh.

El 14 de febrero del 2005 el ICP-ECOPETROL en convenio con la UIS, lanza una convocatoria abierta para la construcción y desarrollo de un CLÚSTER LINUX que implemente una adaptación de G.A (Genetic Algorithms) para la exploración de yacimientos petroleros complejos.

4. FUTURO DEL CLÚSTER

Actualmente surgen ideas para el mejoramiento y desarrollo de paquetes de software que controlen mejor la asignación de tareas en los sistemas CLÚSTER. Estos desarrollos son creados por comunidades de investigadores que no desean ningún interés económico y que están motivados por el proceso de la investigación.

Gracias a este motivo y al desarrollo continuo de los microprocesadores surgen ideas diariamente para le creación de súper clúster que propasen las características de los ya existentes.

Por esto creemos como investigadores y como ingenieros que existirá futuro mientras exista desarrollo tecnológico en procesamiento de datos y personas con espíritu investigador.

MODELO DE UN CLÚSTER LINUX HETEROGENEO

El Clúster LINUX puede ser clasificado como Heterogéneo y Homogéneo.

Heterogéneo es aquel clúster que es construido con ordenadores (nodos) (ver Ilus.3) que presentan diferentes características (como diferente fabricante entre otras) en sus componentes como el procesador, memorias, disco duro, y demás.

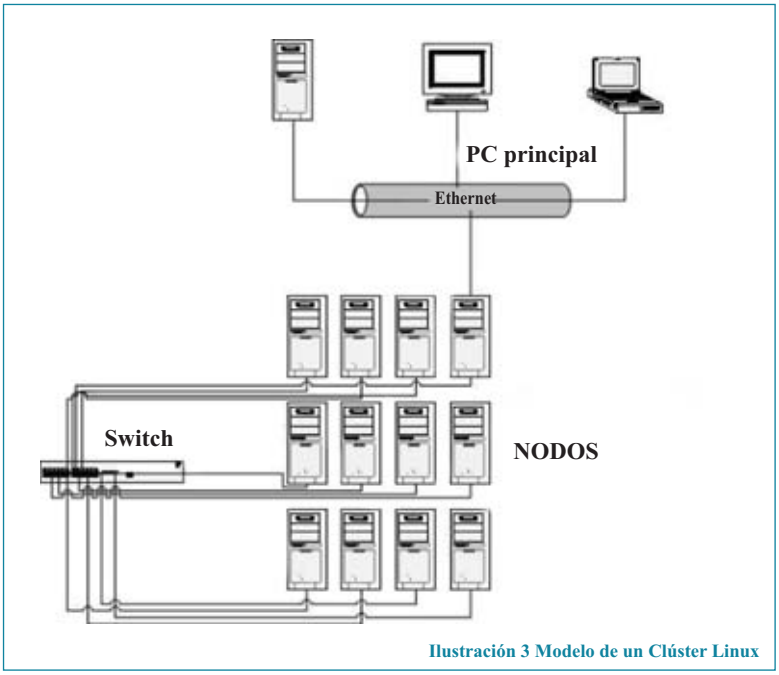


Ilustración 3 Modelo de un Clúster Linux

Y Homogéneo presentan las mismas características de Hardware.

Los clúster permiten aumentar la escalabilidad, disponibilidad y fiabilidad de múltiples niveles de red.

La escalabilidad es la capacidad de actualización del sistema sin afectar el rendimiento óptimo del mismo. Existen dos tipos de escalabilidad:

Escalabilidad vertical o de hardware: Se basa en la utilización de un gran equipo cuya capacidad se aumenta mediante la implementación de nuevo Hardware, a medida que lo exige la carga de trabajo existente.

Escalabilidad horizontal o de software: Se basa en la utilización de un clúster compuesto de varios equipos de mediana potencia que funcionan en Tándem (tránsito), actualizando el sofware a medida que se requiera.

Mientras que en los servidores o supercomputadores se utilizan métodos de redundancia de la información para intentar anticiparse a los fallos del equipo, no obstante, no están ausentes de enfrentarse a errores de software que dejen al usuario sin el uso de sus aplicaciones así presentando un resultado de ausencia de disponibilidad. Y esta es la razón por la cual un solo equipo no ofrece los niveles de disponibilidad y fiabilidad al mismo tiempo.

Los Clúster en cambio tienen la capacidad de sustituir automáticamente un equipo o nodo en caso de fallo sin dejar de estar

ISSN 1692-1798

disponible ni un solo instante.

Para imaginar las posibilidades que se tienen con un Clúster, pensemos que tenemos 20 computadores Pentium II ó III de 500 Mhz, que al formar un Clúster trabajarán en conjunto como si fuese una sola CPU de 10.000 Mhz.

La herramienta de más auge en la actualidad para la construcción de estos sistemas de procesamiento en paralelo son los llamados Clúster Beowulf, los cuales presentan diversas capacidades con un relativo alto rendimiento.

CLÚSTER BEOWULF

Primero hay que aclarar [3] que BEOWULF no es un paquete de software, si no más bien una herramienta tecnológica para agrupar computadores basados en el sistema operativo Linux que tiene como objetivo formar un supercomputador virtual paralelo.

Beowulf posee una arquitectura que le permite ser utilizado para la computacion paralela. El sistema consiste en un nodo maestro o PC principal (ver Figura 3) y varios nodos esclavos que se conectan al nodo principal a través de una red Ethernet. El comportamiento de Beowulf es más como una sola máquina que como muchas estaciones de trabajo conectadas entre sí y ésta es la diferencia respecto a los grupos de servidores.

El nodo maestro controla el clúster entero y presta servicio de sistema de archivos a los nodos esclavos y es también la consola del clúster y la salida al exterior. Los nodos esclavos en algunos casos no tienen monitores ni teclados y son accedidos desde el nodo principal.

Los clúster grandes pueden presentar más de un nodo maestro según la necesidad de diversificar tareas específicas. En algunas configuraciones de nodos esclavos sin disco duro el maestro asigna las direcciones IP (Internet Protocol).

PROTOCOLOS

La inicialización de los Clúster debe ser robusta y flexible por lo cual centralizaremos la información de arranque en un único servidor. Los protocolos que hemos utilizado en el desarrollo y la construcción del Clúster Linux han sido DHCP, TFTP, NFS, y protocolos de red ethernet TCP/IP y UDP.

Cada PC conectado a una red TCP/IP debe conocer:
Su dirección IP.
Su máscara de red.
La dirección IP de un router.
La dirección IP de un servidor de nombres.

Esta información se guarda en ficheros de configuración a los que accede el sistema operativo en el arranque.

Para los PC o nodos esclavos sin disco podría guardarse el S.O y el software de red en la memoria ROM de la ethernet.

Para transferir la información por la red utilizaremos el protocolo DHCP (Dinamic Host Configuration Protocol), aunque también podría utilizarse su antecesor BOOTP el cual no es muy aconsejable para el desarrollo del Clúster ya que presenta un UNICAST desde el servidor a un PC en específico.

DHCP

El daemon de este protocolo actúa dando información de la red a los nodos esclavos tales como IP ADDRESS, SUBNET MASK, DNS SERVER, GATEWAY y demás.

Utiliza el paradigma cliente servidor para que los clientes obtengan la configuración del servidor.

DHCP está formado por dos partes:

- Protocolo de intercambio de los parámetros de red para cada host o nodo esra la asignación de direcciones de red.

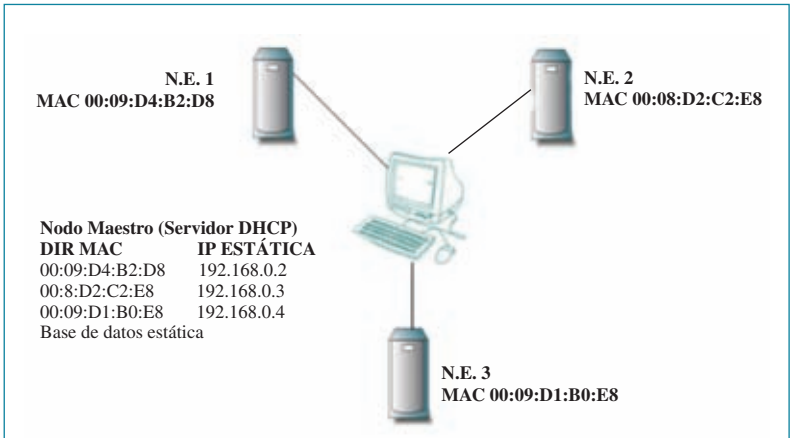


Ilustración 4. DHCP Tablas IP Estáticas. (N.E #) Nodo esclavo sin disco duro, terminal bruto. MAC: Dirección física del dispositivo de red dada por el fabricante.

MAC: Direcciónclavo.

- Mecanismo pa física del dispositivo de red dada por el fabricante.

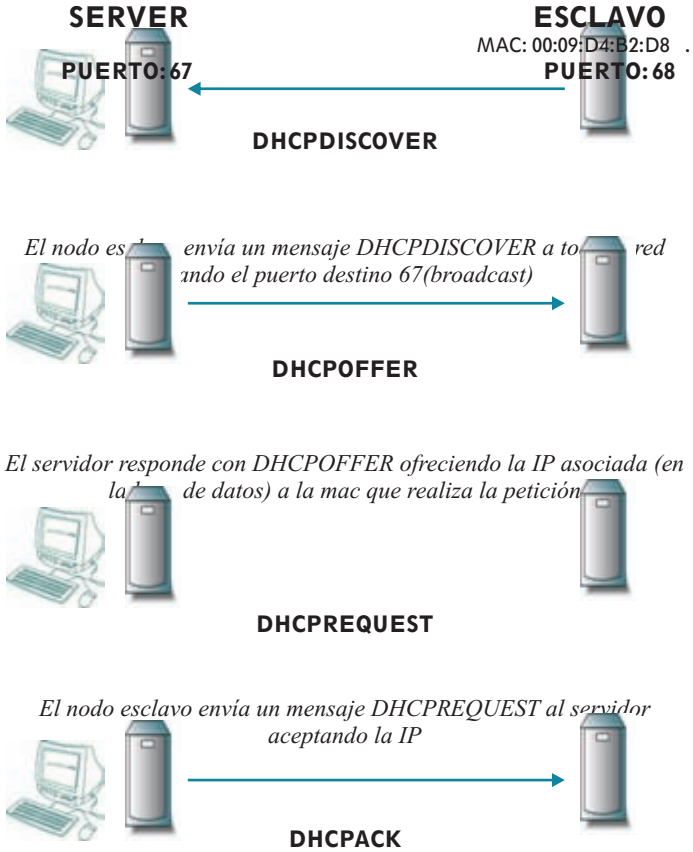
Un servidor DHCP tiene 2 bases de datos, una con IP estáticas y otra con IP dinámicas, (Ilustración 4) que son asignadas a cada petición de cualquier hosts o nodo esclavo durante un periodo de tiempo negociado.

Existen tres tipos de configuración de IP:
Tipo estático
Tipo dinámica por tiempo limitado.
·Tipo dinámica arrendada.

FUNCIONAMIENTO DEL DHCP DENTRO DEL CLÚSTER

Cuando el servidor DHCP recibe una petición de red, primero chequea la base de datos que contiene la dirección IP asociada a la dirección MAC de cada terminal bruto. Si la MAC que realiza la petición se encuentra en esta base de datos, el servidor asigna la IP estática a dicha MAC.

El protocolo funciona de la siguiente forma:



*El servidor responde con un mensaje **DHCPPACK** asociando la mac con la IP asignada*

En el arranque del Clúster los nodos brutos se configuran de la siguiente manera:

El nodo esclavo se encuentra con el servidor en la red y lo saluda "Hola, mi dirección de hardware es 00:09:D4:B2:D8 por favor dame mi dirección IP".

El servidor DHCP dice: Tu nombre es HOST1, tu dirección IP es 192.168.0.2, tu servidor es 192.168.0.1 y en caso de que necesites un sistema de arranque lo puedes encontrar en /tftpboot/host1/, que se encuentra en tu servidor.

Luego el nodo esclavo debe conseguir la imagen del sistema operativo (micro-kernel), cargarlo en memoria y lanzarlo a ejecución, iniciando el proceso de arranque del sistema operativo en cada nodo esclavo. Para esto se usa el protocolo TFTP (Trivial File Transfer Protocol), el cual trabaja a través de UDP.

Dentro del servidor en el fichero /tftpboot/nombre_nodo _esclavo/, se encuentran los archivos de configuración del sistema operativo para cada nodo esclavo.

La información que debe ir dentro de este fichero es una copia de /bin, /dev, /etc, /lib, /sbin, /var, /home, /mnt, /proc, /root, /tmp, /usr.

Para poder exportar estos archivos a cada uno de los nodos esclavos utilizaremos

ISSN 1692-1798

NFS (Network File System), que es un sistema que permite accesar a la información del disco duro del servidor desde una máquina remota (nodo esclavo), siempre y cuando esté autorizada en el fichero /etc/exports/.

El usuario Root es el único en el sistema Clúster que tiene autorización para modificar el kernel.

ETHERBOOT, SOLUCIÓN A UN ARRANQUE SIN DISCO DURO

ETHERBOOT. Es un paquete de software cuya función es la creación de imágenes ROM que pueden ser descargables a través de una red de ethernet. Algunos adaptadores de red tienen un enchufe donde puede ser instalado un chip ROM.

Etherboot es código que puede ser grabado en una ROM y es usado para realizar arranque es sin DISCO DURO y además es open source.

MODO GRÁFICO DEL CLÚSTER CON XPVM

En muchas ocasiones, es muy útil tener una representación gráfica de la configuración de la máquina virtual o Clúster que se está utilizando, que permita monitorear el sistema, como por ejemplo ver qué mensajes se están enviando, quién los envía y a dónde. La interfaz gráfica de usuario de PVM (XPVM) permite realizar todas estas funciones.

CONCLUSIONES

La conclusión más exacta para este artículo es REUTILIZE LO QUE TIENE y piense que para un problema hay infinidad de soluciones, sólo que hay que acertar en la que tenga más eficiencia y calidad.

BIBLIOGRAFÍA

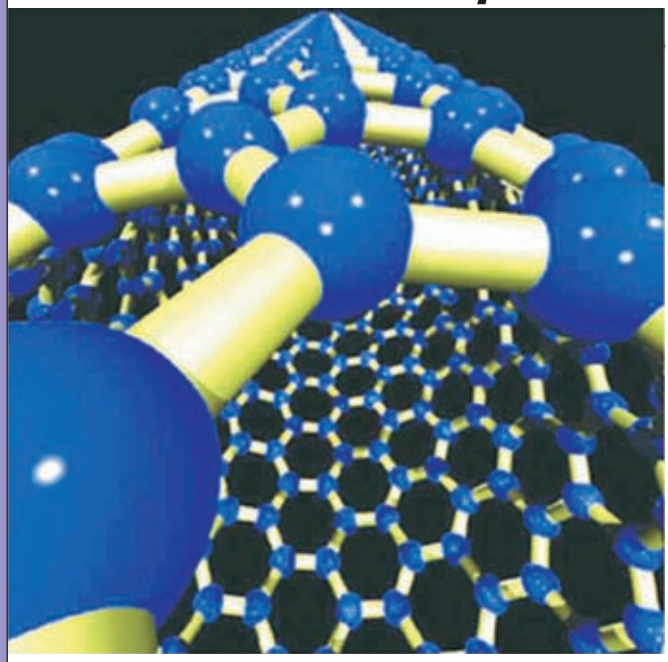
[1] Peeling y Satchell. www.securityfocus.com/columnists/188

[2] http://h71032.www7.hp.com/gp/es/es/features/linux/index.aspx

[3] BEOWULF CLÚSTER COMPUTING WITH LINUX - Tomas Sterling

EFECTO DEL POTENCIAL DE CONFINAMIENTO

sobre la energía de enlace de una impureza D^0 en hilos cuánticos y Nanotubos de $GaAs-Ga_{1-x}Al_xAs$



Eduardo A. Orozco
Docente División de de Ingenierías
Universidad Santo Tomás, Bucaramanga
e-mail: eorozco007@gmail.com

Jesús D. González
Docente Facultad de Ingenierías
Universidad Autónoma de Bucaramanga
e-mail: jgonzalez19@unab.edu.co

Dentro del marco de la aproximación de masa efectiva y utilizando el método de dimensión fractal se calcula la energía de enlace del estado base de impurezas D^0 en un hilo cuántico (QWW) cilíndrico de $GaAs-Ga_{1-X}Al_xAs$, considerando modelos de confinamiento rectangular, barrera de borde suave y de piso parabólico.

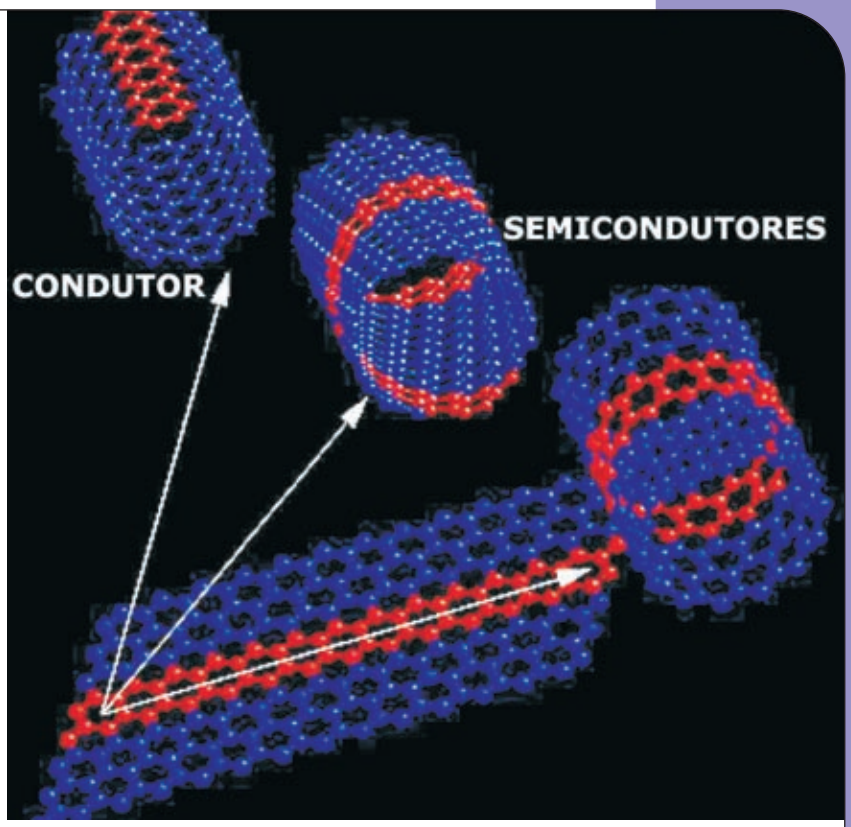
En este método, la función de prueba está dada por el producto de la función de onda del electrón libre en la heteroestructura correspondiente al estado base, con una función variacional que depende únicamente de la distancia de separación entre el electrón y el ión. Partiendo del principio variacional se obtiene la ecuación de onda para la función de correlación, la cual es una solución de la ecuación de onda radial para un átomo hidrogenoide en un espacio efectivo isotrópico con dimensión variable denominada dimensión fractal. Para resolver la ecuación de onda para el electrón libre y para el átomo hidrogenoide en un estado S en el espacio con dimensión fractal, se usa el método de barrido trigonométrico.

ABSTRACT

Within the framework of the effective-mass approximation and using the fractal dimension method, the ground state binding energy and the density of the states for the D^0 impurity in $GaAs-Ga_{1-x}Al_xAs$ quantum well wires (QWW) for models with rectangular ,

ISSN 1692-1798

soft-edge-barrier and parabolic-botton barriers ,are calculated. In this method ,the trial function is given by the product of the wave function of the free electron in the heterostructure corresponding to the lowest level , with a variational function that depends only on electron-ion separation. Starting from variational principle the wave equation for the correlation function is obtained, which is a solution of the radial wave equation for a hydrogen-like atom in an effective space with variable dimension called fractal dimension. To solve the wave equations for the free electron ground state in the heterostructure and for the hydrogen-like atom S-states in the fractional-dimensional space, the trigonometric sweep method is used.



PALABRAS CLAVES

Aproximación de masa efectiva, hilo cuántico, principio variacional, donadora neutra, método de barrido trigonométrico.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los grandes avances en la nanotecnología semiconductora ha permitido fabricar una gran variedad de heteroestructuras semiconductoras tales como pozos (QW_S), hilos (QWW_S) y puntos cuánticos (QD_S). Debido a que el tamaño de tales heteroestructuras es comparable con la longitud de onda de De Broglie, la naturaleza mecánico-cuántica de los electrones juegan un papel importante sobre algunas propiedades físicas como las propiedades ópticas y de transporte electrónico que prácticamente determinan la aplicación del dispositivo electrónico. Bastard [1] fue el primero en estudiar el espectro electrónico de impurezas donadoras neutras, D^0, poco profundas en QW_S con barrera infinita usando el método variacional, el cual se convirtió en una herramienta fundamental para estudiar dichos sistemas y posteriormente otros investigadores empezaron a incluir una serie de modificaciones al modelo de Bastard[2-6] . La idea de Bastard se fue generalizando y se aplicó a estructuras semiconductoras cuasi- unidimensionales denominadas hilos cuánticos (QWWs) [7-11]. Además del método Variacional se han utilizado otros métodos tales como: diagonalización, teoría de perturbaciones y dimensión fraccionaria [12-14]. Cabe resaltar que en la mayoría de estas investigaciones se han considerado potenciales de confinamiento rectangular; sin embargo, a pesar de que este poten-

cial facilita considerablemente los cálculos, no armoniza con el criterio de aplicabilidad de la AME [15] . Por otra parte, este modelo no representa el perfil de confinamiento real debido a la clara contradicción con la naturaleza física de cualquier proceso físico. En este trabajo se utiliza una versión suavizada de la función paso para modelar diferentes perfiles del potencial de confinamiento; desde el rectangular hasta el potencial con piso parabólico. De esta manera se analizará el efecto del perfil de confinamiento sobre la energía de enlace del estado base de impurezas D^0 en el QWW.

Teoría

Utilizando la aproximación de masa efectiva y despreciando las diferencias de masa efectiva y las constantes dieléctricas entre el QWW y el material que lo rodea, la energía E del estado base y la función de onda (r) de la donadora neutra en el QWW con potencial de confinamiento transversal $V(\ )$ pueden ser encontradas solucionando el problema de valores propios:

$\hat{H}_0 \qquad V(\ )$

$\hat{H}$

$$\hat{H}(\vec{r})\ (\vec{r}) = E\ (\vec{r}) \qquad (1)$$

$\vec{r} \quad (\vec{p}, 0) \quad \vec{r} \quad (\vec{,z})$

Donde es el Hamiltoniano del electrón libre en el hilo, los vectores y son las posiciones del ión y el electrón respectivamente, medidas respecto al centro del hilo; el cual es lo suficientemente largo como para considerarlo con simetría cilíndrica. Las longitudes se miden en unidades de radio de Bohr efectivo $a_0^* = \hbar^2/m_e e^2$ y las energías en Rydberg efectivo $R_y^* = e^2/2a_0^*$

Para el GaAs, por ejemplo, $1a_0^* = 100\,A^0$ y $1R_y^* = 5.83\,meV$

En este trabajo se considera un potencial de confinamiento de la forma:

$V(\ )$

$V_e(\ ,R_e,W)$

$$V_e(\ ,R_e,W) \qquad (2)$$

(z, z_0, W)

$$(z, z_0, W) = \begin{cases} 0 & ; \quad z \quad z_0 \quad W \\ (z - z_0)/W^2 \quad 1 & ; z_0 \quad W \quad z \quad z_0 \\ 1 & ; \quad z \quad z_0 \end{cases} \qquad (3)$$

Donde: R_i y V_i (R_e y V_e) Es la versión suavizada de la función paso.

En la expresión **(2)**, V_i y V_e Representan el radio y la altura del núcleo repulsivo (barrera interna) de la heteroestructura cilíndrica, respectivamente. Los valores de dependen de las correspondientes concentraciones de aluminio en el núcleo repulsivo y la barrera; mientras que el parámetro W determina el espesor de la región de transición en la heterojuntura y a partir de las variaciones de éste podemos modelar diferentes potenciales de confinamiento:

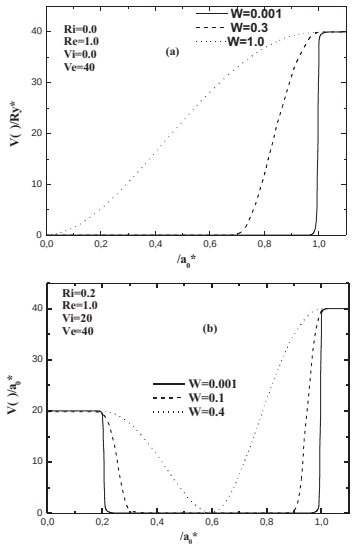


Fig1.Representación esquemática del potencial de confinamiento en un QWW cilíndrico de GaAs/$Ga_{0.7}Al_{0.3}As$ con diferentes anchos W de la región de transición (a) sin núcleo repulsivo y (b) con núcleo repulsivo (Nanotubo).

rectangular, suave y de piso parabólico, como se muestra en la Fig.1.

$(\vec{r}) \quad f_0(\vec{r} \quad \vec{\ }) \quad (r)$

Para resolver **(1)** se propone la siguiente función de prueba [16,17]:

$$f_0(\vec{r} \quad \vec{\ }) \qquad (4)$$

(r)

Para la cual se ha elegido el origen del sistema coordenado en la posición de la impureza , es la función de onda del electrón libre y es una función de correlación que depende de la distancia de separación entre el electrón y el ión. La primera contiene toda la información correspondiente al confinamiento del electrón libre en la heterojuntura, mientras que $f_0(\vec{r})$ es la función de correlación que contiene la in-

ISSN 1692-1798

formación de la interacción electrón ión. La función se puede obtener a partir de la solución del problema de valores propios:

(5)

Mientras que la función de correlación es una función por determinar.

Partiendo del principio variacional de Schrödinger, debe ser elegida de tal forma que:

(6)

Sustituyendo y , y después de una breve manipulación matemática, esta expresión puede ser escrita como:

(7)

Donde el Jacobiano está dado por:

(8)

Calculando la derivada funcional en la expresión **(7)**, podemos obtener la ecuación de Euler- Lagrange para :

(9)

Las ecuaciones **(8)** y **(9)** proporcionan un simple algoritmo para calcular la energía de enlace del estado base y la función de onda de una D^0 en una heteroestructura: **(i)** Determinar la función de onda del electrón libre en la heteroestructura. **(ii)** Calcular el Jacobiano y **(iii)** Resolver la ecuación **(9)** para determinar la energía de enlace de la D^0, $E_b=E_0-E$.

En este trabajo la ecuación **(5)** se resuelve numéricamente utilizando el método de barrido trigonométrico [5].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 2 se muestra la energía de enlace de la D^0 en el QWW en función de la posición de la impureza utilizando diferentes potenciales. En este caso se considera una barrera de 40Ry*, la cual corresponde a una concentración de aluminio de 30% aproximadamente. Mientras que los valores de W se asignan para modelar diferentes perfiles del potencial. Puede notarse que dicho perfil afecta considerablemente la energía de enlace cuando la donadora está localizada cerca del eje, debido a que el nivel de confinamiento, determinado por el ancho de la región de transición W, es mucho mayor en el potencial de borde suave y en el de piso parabólico que en la barrera rectangular lo cual ocasiona una disminución de la distancia de separación electrón ión a medida que aumenta el confinamiento.

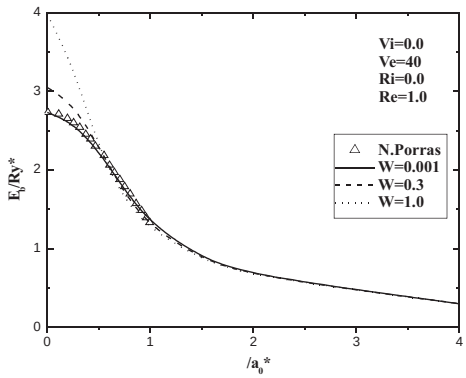


Fig 2. Energía de enlace del estado base de una D^0 en función de la posición de la impureza en un QWW cilíndrico de $GaAs/Ga_{0.7}Al_{0.3}As$, utilizando diferentes potenciales: Rectangular (W=0.001), suave W=0.3) y parabólico (W=1.0).

Sin embargo esta diferencia disminuye paulatinamente a medida que la donadora se aproxima a la barrera. La razón es que el electrón, aún en el caso de la impureza descentrada, tiende a estar localizado en el eje del hilo debido al fuerte confinamiento lateral, comparado con la energía de enlace de la donadora; la cual es del orden del cuanto

de energía térmica. Por tal razón a medida que se incrementa, la donadora cae fuera de los límites del QWW y la energía de enlace se hace similar a la energía de interacción electrostática entre el electrón y el ión.

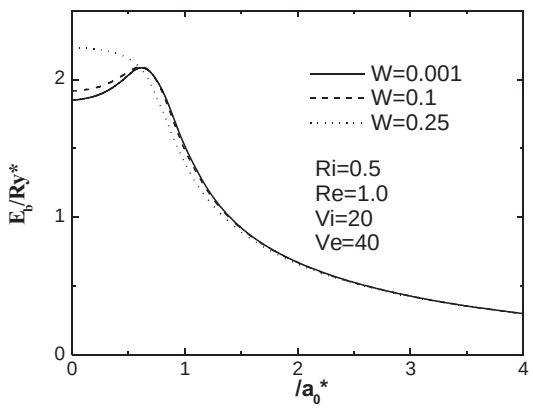


Fig 3 Energía de enlace en función de la posición de la impureza en un nanotubo cilíndrico de $GaAs/Ga_{1-x}Al_xAs$ con diferentes potenciales: Rectangular (W=0.001), suave (W=0.1) y piso parabólico (W=0.4).

Por otra parte, en la Figura 3 se muestran resultados similares considerando un nanotubo. Se puede notar que para este modelo de confinamiento, el comportamiento de las curvas es similar a las presentadas en la Figura 2 ; excepto que el máximo de la energía se ha desplazado un poco hacia la región comprendida entre el núcleo y la barrera, región en la cual tiende a permanecer el electrón. Mientras que para las posiciones de la impureza en la barrera, al igual que en el hilo, la energía de enlace disminuye debido a que se incrementa la distancia de separación electrón-donadora. El máximo de la energía de enlace ocasionará singularidades tipo Van-Hove, lo cual juega un papel importante en la densidad de estados de impurezas.

CONCLUSIONES

Usando el método de dimensión Fractal, se determinó la energía de enlace del estado base de una D° descentrada en un QWW cilíndrico de $GaAs/Ga_{1-x}Al_xAs$ con potenciales no convencionales. Es evidente que el perfil del potencial de confinamiento ocasiona modificaciones significativas a la energía de enlace de la donadora cuando ésta se encuentra dentro del hilo. Por otra parte, la inclusión del núcleo repulsivo permite controlar el valor de la energía para el cual se presenta la singularidad de van-hove en la densidad de estados. Lo cual resulta muy atractivo a la hora de estudiar transiciones ópticas.

Cabe resaltar que la función de prueba utilizada presenta gran flexibilidad, y tiene la capacidad de registrar las variaciones que sufre el sistema, como el cambio de la posición de la impureza, para seguir minimizando la energía del mismo. Todos estos efectos quedan consignados en el Jacobiano asociado al sistema; razón por la cual la estructura del método se mantiene invariante.

BIBLIOGRAFÍA

[1] G. Bastard, phys. Rev. B **24**, 4714 (1981).

[2] L E. Oliveira and L M. Falicov, Phys. Rev. B **34**, 8676 (1986).

[3] A. Montes, C. A. Duque and N. Porras Montenegro, J. Phys: Condens. Matter **10**, 5351 (1998).

[4]. R. L Greene and K. K. Bajaj, Phys. Rev. B **37**, 4604 (1998).

[5]. F. J. Betancur, I. D. Mikhailov and L. E. Oliveira , J. Appl. Phys. D. **31**, 3391 (1998).

[6]. F. J. Betancur, I. D. Mikhailov and J. Sierra, Phys. Stat. Sol.(b) **208**, 51 (1998).

[7]. Garnett W. Bryant. Phys. Rew B **29**, 6632 (1984).

[8] N. Porras-Montenegro, J. López and L. E. Oliveira. Phys. Rev. B. **43**, 1824 (1991).

[9] Gang Li, Spiros V. Branis, and K. K. Bajaj. J. Appl. Phys. **77**, 1097 (1995).

[10] .I. D. Mikhailov, R Escorcia y José Sierra. Phys. Stat. Sol (b) **220**, 195 (2000).

[11]E. Kasapoglu, H. Sari, I. Sókmen. Phys. B. **315**, 261 (2002).

[12] A.Thilagam, Phys.Rev.B. **55**, 7804 (1997). **56**, 9798 (1997).

[13] P. Lefevre, P. Christol, H. Mathieu. phys. Rev. B. **61**, 13104 (2000).

ISSN 1692-1798

Aspectos generales y perspectivas de la COMPATIBILIAD ELECTROMAGNÉTICA (EMC)

Dr. Jaime Castro Blanco
Docente Div. Ingenierías
Universidad Santo Tomás - Bucaramanga
jcastro@ustabuca.edu.co

Se hace una descripción global del problema de la Compatibilidad Electromagnética(EMC) señalando los aspectos generales que afectan el normal funcionamiento de los sistemas y medios radio electrónicos y electrotécnicos dentro de un entorno electromagnéticamente contaminado, con el objetivo de contribuir a fomentar en Colombia el interés sobre los diferentes aspectos de esta nueva disciplina y su incidencia, en particular, sobre los sistemas de radiocomunicación.

ABSTRACT

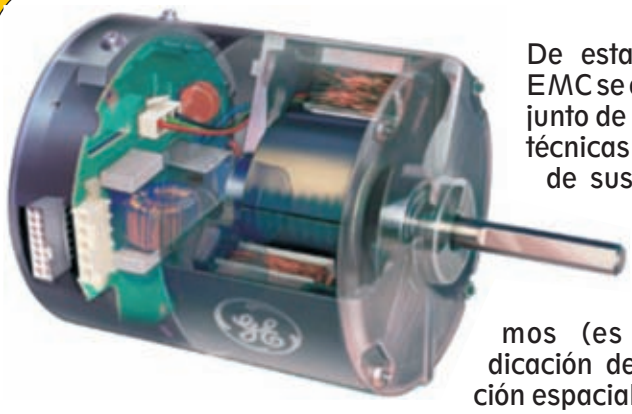
A global description of the problem of the Compatibility Electromagnetic is made (EMC) pointing out the general aspects that affect the normal operation of the systems and means radio electronics inside an environment polluted electromagnetic, with the objective of contributing to foment in Colombia the interest about the different aspects of this new discipline and its incidence, in particular, on the radio communication systems.

PALABRAS CLAVES

Compatibilidad electromagnética, interferencia, fuente de ruido.

INTRODUCCIÓN

Actualmente el desarrollo económico de un país se puede caracterizar por la cobertura que presenta el uso de los Medios Radio Electrónicos (MRE) y los Sistemas Radiotécnicos (SRT) en la solución de problemas de la Economía Nacional. Sin embargo, a medida que amplía su uso surgen las limitaciones que presenta el espectro de radiofrecuencias (ERF) como recur-



so natural, bajo la existencia objetiva de las imperfecciones técnicas de los MRE utilizados. Esto último se debe, por ejemplo, a que en los diagramas de directividad de las antenas, además de los canales de frecuencia básicos de recepción y transmisión, se cuenta con la presencia de los lóbulos laterales. Estos factores, objetivamente contradictorios, se presentan al utilizar los MRE y se reflejan en el hecho de que inevitablemente éstos deben funcionar en frecuencias combinadas adyacentes, lo que conduce a la aparición de enlaces o efectos electromagnéticos indeseables entre los MRE, que se conocen como interferencias o ruidos no intencionales, los cuales influyen en la calidad del funcionamiento de los MRE y los SRT. Estas particularidades anotadas, en cuanto al funcionamiento de los MRE (SRT), condujeron en su conjunto al problema conocido hoy como **Compatibilidad Electromagnética** (EMC) de los diferentes sistemas de Radiotelecomunicación.

EMC

De esta manera, por EMC se entiende el conjunto de características técnicas de los MRE, de sus componentes y de las condiciones de explotación de los mismos (es decir, la adjudicación de una distribución espacial, una gama de frecuencias y un intervalo temporal), bajo las cuales no se originen efectos electromagnéticos intolerables (ruidos no intencionales), que perturben el trabajo de otros MRE e igualmente garanticen la explotación de todos los MRE con la calidad requerida [1,2].

La EMC es un concepto moderno que generaliza la problemática que aparece ya en los comienzos del desarrollo de la electrotecnia y que cada vez adquiere mayor significado.

Así, entonces, con la aparición de los primeros transmisores surgió la necesidad de establecer ciertos acuerdos o convenios en cuanto a las frecuencias y a las potencias con las cuales estos dispositivos deben funcionar [3].

Para lograr una radio recepción libre de interferencias era necesario prever la emisión de cierta energía electromagnética de alta frecuencia por parte de los usuarios de la electricidad.

Con la aparición de la Electrónica y Microelectrónica aumentó considerablemente el número de aparatos emisores de ruidos como también el de los sistemas afectados por la presencia de interferencias. Esto condujo definitivamente al establecimiento de normas respecto a los niveles y a la estabilidad de los ruidos.

En este sentido, por EMC se entiende el funcionamiento normal de los transmisores y receptores de energía electromagnética. En otras palabras, la energía de los transmisores debe llegar únicamente a los receptores indicados y a su vez los receptores deben reaccionar exclusivamente a las señales de estos o aquellos transmisores, según su función y destinación y no deben existir interferencias mutuas.

Los conceptos de Transmisor y Receptor tienen aquí un sentido más amplio que, por ejemplo, en los medios de comunicación. Así, entonces, como transmisores de energía EM, además de los de TV y Radiodifusión están los circuitos y sistemas eléctricos que de manera no intencional emiten al espacio circundante energía EM interferente (éstas son las llamadas fuentes de ruido), por ejemplo, los dispositivos de encendido de los automóviles, tubos luminiscentes, motores colectores universales, interruptores, fuentes electrónicas, descargas atmosféricas y muchos otros. Por otra parte, se consideran receptores de energía EM, además de los de radio y TV, los sistemas de automatización, la microelectrónica automotriz, los aparatos de medición, control y regulación, equipos para tratamiento de la información, estimuladores cardiovasculares

ISSN 1692-1798

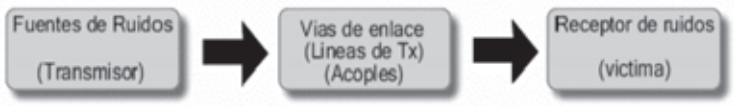


Fig. 1 Partes involucradas en los fenómenos de interferencia

(marca pasos). Por esta razón, el concepto moderno de compatibilidad electromagnética va mucho más allá de la protección clásica de los ruidos en las radiocomunicaciones, e incluye a éstos desde un punto de vista mucho más general.

Los aparatos eléctricos y electrónicos pueden actuar a la vez como transmisores o receptores y debemos tener en cuenta sus parámetros de funcionamiento. Podemos anotar como ejemplos la frecuencia intermedia de los receptores super heterodinos, la frecuencia de línea de los receptores de TV, la de los monitores de los computadores y la frecuencia de los temporizadores. Por lo tanto, también se habla de la EMC de cada dispositivo por separado. En este orden de ideas, la norma **VDE 0870 (Verband Deutscher Electrotechniker Sociedad alemana de electrotécnicos)** define la EMC como "**la capacidad de un dispositivo eléctrico de funcionar satisfactoriamente en su entorno electromagnético, sin influir de manera intolerable en dicho entorno, al cual también pertenecen otros dispositivos**"[3]. Por esta razón, un dispositivo eléctrico o electrónico se considera compatible si en calidad de transmisor es fuente de ruidos no superiores a los permitidos y en calidad de receptor, si posee una susceptibilidad aceptable respecto a interferencias externas, es decir, si posee una estabilidad suficiente en cuanto a ruidos, o, en otras palabras, si mantiene determinada inmunidad electromagnética (IEM).

En mayo de 1989 la Comunidad Europea aprobó la directiva 89/336/EEC sobre EMC de carácter obligatorio para todos los países pertenecientes a esta Comunidad. Básicamente la EMC se define aquí, como "**la capacidad de los dispositivos, aparatos y sistemas eléctricos y electrónicos de funcionar como fueron diseñados, sin que la contaminación electromagnética ejerza una acción dañina que se manifieste como un mal funcionamiento, ni que degrade la operación de otros dispositivos, aparatos o sistemas que operan simultáneamente y en su vecindad**"[4,5].

El problema de la EMC en la mayoría de los casos aparece primero que todo en los receptores, si se interrumpe una perfecta recepción de la señal útil, por ejemplo, cuando la energía electromagnética, que eventualmente ingresa, interrumpe o hace completamente imposible el funcionamiento normal de un sistema de automatización. Se habla entonces de la presencia de efectos EM indeseables. Los estándares fijados por la VDE 0870 definen los efectos electromagnéticos como la influencia que ejercen las cantidades electromagnéticas sobre los circuitos eléctricos, dispositivos, sistemas en general o sobre los seres vivos.

Los efectos electromagnéticos pueden presentarse en for-

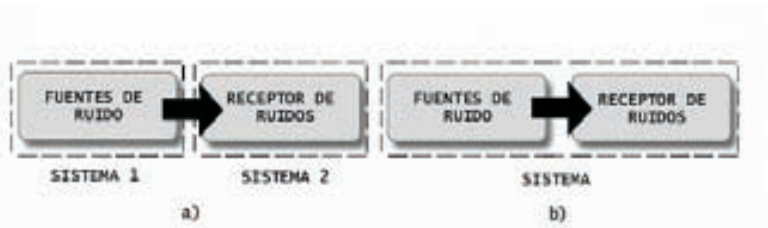


Fig. 2 Influencias de las interferencias: a) Entre diferentes sistemas b) Interferencias internas entre los elementos de un mismo sistema

ma de fallas reversibles e irreversibles. Entre las reversibles podemos citar un ruido aleatorio en una comunicación telefónica, el zumbido que se produce al conectar y desconectar los aparatos eléctricos domésticos, mientras que entre las irreversibles se encuentra el daño de los componentes electrónicos debidos a descargas eléctricas estáticas o por la ruptura de los aisladores como consecuencia de sobre cargas de voltaje, producidas por tormentas eléctricas, por el accionamiento imprevisto del interruptor eléctrico de los dispositivos de control en la tecnología espacial. Una interferencia puede perturbar los sistemas de navegación y control de un avión o activar el sistema de ignición de un misil [1, 2,5].

Para definir de manera clara el efecto perturbador se han establecido conceptos generales para los transmisores y receptores de ruidos como son los términos: "**Fuente de ruidos**" **y** "**Elementos sensibles**", entre los cuales existe cierto mecanismo de acople o canal de enlace (Ver Figura 1) [3].

Además de las influencias entre diferentes sistemas a las cuales se les denomina "**Influencias o Interferencias externas,** el transmisor y receptor pueden ser partes de un mismo sistema y en este caso se habla de "**Influencias Internas**" (ver Figura 2) [3].

Como ejemplos típicos de influencias internas están los enlaces parásitos por retroalimentación en los amplificadores de cascada, los cuales alteran las señales de los conductores de los nodos electrónicos cercanos, variando la corriente en los conductores del suministro de corriente eléctrica, causando además caídas inducidas de tensión, tensiones inducidas al interrumpir las bovinas de los relés y contactores, lo mismo que los efectos parásitos en los sistemas complejos de algunos transmisores y receptores.

¿En qué casos podemos considerar a los transmisores y receptores como electromagnéticamente compatibles? Esto depende esencialmente del tipo de transmisor o receptor.

Los transmisores de Radio y TV, se consideran compatibles si funcionan únicamente en su frecuencia de derivación, de tal manera que no emitan armónicos superiores, y si los campos electromagnéticos que radian a distancias considerables se atenúan de tal manera, que no perturben ningún otro transmisor que allí se encuentre funcionando a la misma frecuencia.

Los transmisores, que emiten energía EM parásita al medio circundante se consideran compatibles, si las intensidades de los campos que éstos producen a una distancia determinada, no superan los valores límites establecidos, es decir, sí es posible un funcionamiento perfecto del receptor que se encuentre a esta distancia de acuerdo con las características de fabricación del mismo.

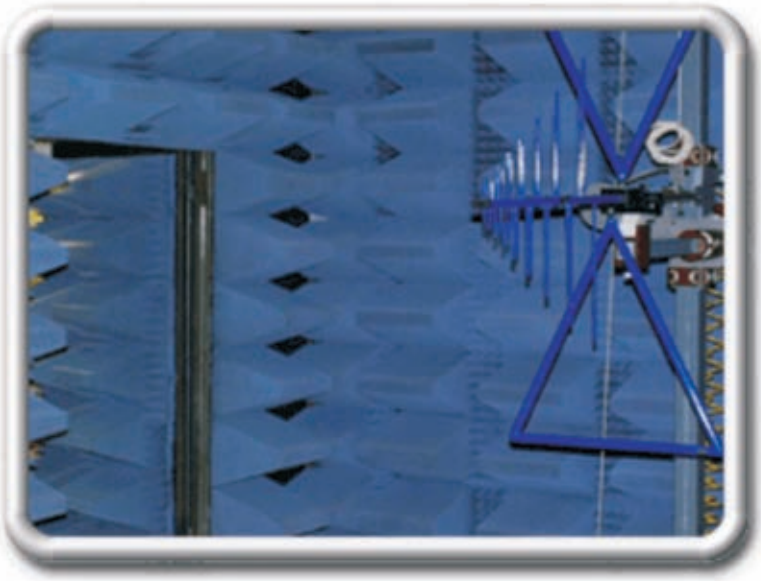
Los receptores se consideran compatibles, si pueden captar la señal útil, bajo condiciones de contami-

ISSN 1692-1798

nación EM, con un nivel aceptable de ruidos, y a la vez no emitan ruidos no permisibles (por ejemplo, los receptores súper heterodinos en la frecuencia intermedia).

Gracias a las normas técnicas adoptadas en el diseño y fabricación de los transmisores (apantallamiento, límite espectral, antenas dirigidas), de los canales de comunicación (apantallamiento, filtraje, topología de los conductores, guías de luz) y de los receptores (apantallamiento, filtraje, esquema) es posible, prácticamente en todos los casos, alcanzar una EMC aceptable. Sin embargo, por razones económicas, si esto técnicamente es factible, en primer lugar se debe lograr una EMC lo más alta posible de los trasmisores (normas primarias), y en segundo lugar el perfeccionamiento de los múltiples receptores (normas secundarias). Como ejemplos típicos de normas primarias se pueden considerar el debilitamiento de los efectos de la red de rectificadores mediante una compensación local o filtraje, el apantallamiento de los hornos de microondas, la correspondiente instalación de los cables de los motores colectores universales. A menudo la EMC sólo se logra aplicando normas conjuntas a todos los componentes.

El cumplimiento de la EMC en cuanto a influencias internas, en la mayoría de los casos, se le puede confiar al fabricante o al usuario, quienes, sin duda, están interesados en la capacidad de trabajo del sistema. En la interpretación de datos en los dispositivos de



enlace se esmeran por garantizar la ausencia de efectos electromagnéticos no permisibles en defensa de los intereses del usuario, por ejemplo, la eliminación de las escuchas de la información que llegan a los monitores, o en el campo bélico no permitir la fuga de información secreta [3].

En presencia de perturbaciones externas en la radio y TV, la legislación, obrando dentro del marco de requisitos respecto a los ruidos, establece unos valores límites de las radiaciones permitidas. Estas se establecen como resultado de un convenio, el cual debe tomar en cuenta tanto la naturaleza de los transmisores como las exigencias técnicas de los receptores que funcionan en un determinado rango de frecuencias.

En la planeación de Sistemas Complejos, ya desde su etapa de proyección y diseño, se de-

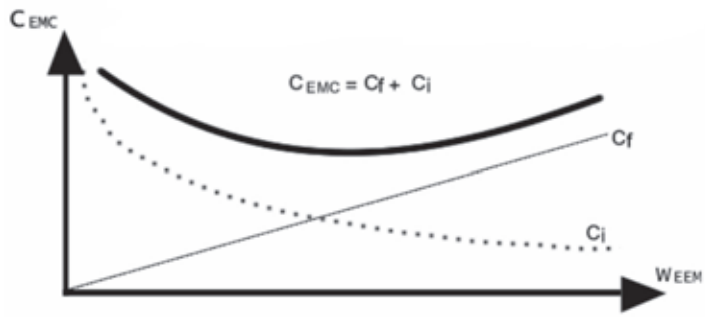
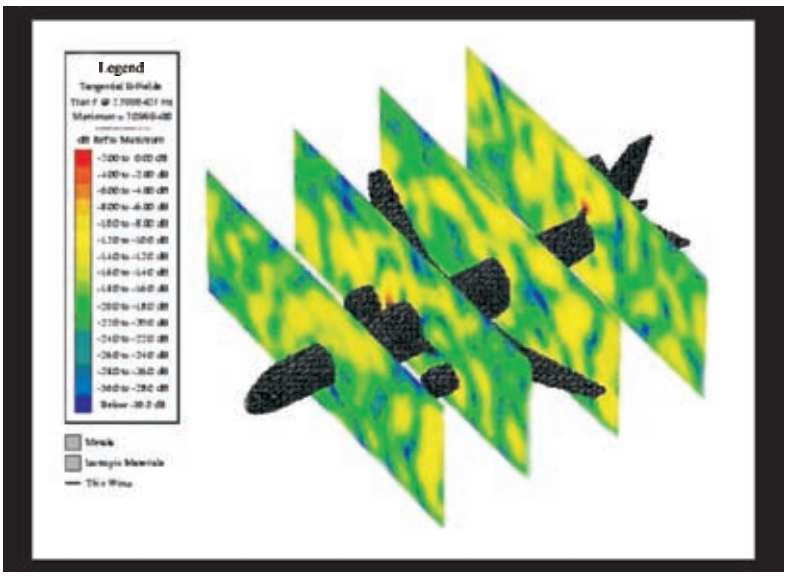


Fig. 3 Curvas que describen el comportamiento de los costos: $C_f = f(W_{EEM})$ y $C_i = f(W_{EEM})$ de un proyecto, incluyendo la implementación de la EMC, en función de la probabilidad de la presencia de efectos EM perturbadores [3].

ben tomar las medidas necesarias, exigiendo el cumplimiento de los aspectos multilaterales de la EMC y la utilización de componentes globalmente compatibles. La experiencia ha demostrado, que unos costos iniciales C_i "altos", que contemplen la implantación de la EMC, evitan problemas y pérdidas posteriores en la reparación de fallas, provocadas por la incompatibilidad en la etapa de la puesta en marcha de un equipo. Por el contrario, gastos iniciales "pequeños" (insuficientes) con una alta probabilidad pueden conducir a grandes costos en reparaciones por fallas C_f. La curva del costo total en EMC en función de la probabilidad de aparición de perturbaciones o efectos electromagnéticos indeseables W_{EEM} tienen un mínimo (ver Figura 3).

La posibilidad de acercarnos a los costos mínimos, necesarios para lograr una EMC adecuada, requiere de conocimientos sólidos en cuanto al surgimiento, propagación y profundidad de acción de las perturbaciones electromagnéticas, que nos permitan anticipadamente diagnosticar los caminos poco evidentes de estas perturbaciones y evitar mayores costos y pérdida de tiempo en la protección de los ruidos y en tomar medidas poco eficaces.

Aunque la planeación en todos sus aspectos debe ser por sí misma razonable, muchos diseñadores, fabricantes y directores de proyectos, como consecuencia de un conocimiento muy limitado de los problemas de la EMC y a causa de la naturaleza parásita de muchos de los fenómenos que se presentan, difícilmente pueden lograr una posición óptima en cuanto al comportamiento de los costos y, por el contrario, frecuentemente se ubican en el extremo derecho de la curva $C_{EMC} = f(W_{EEM})$ (ver Fig.3).



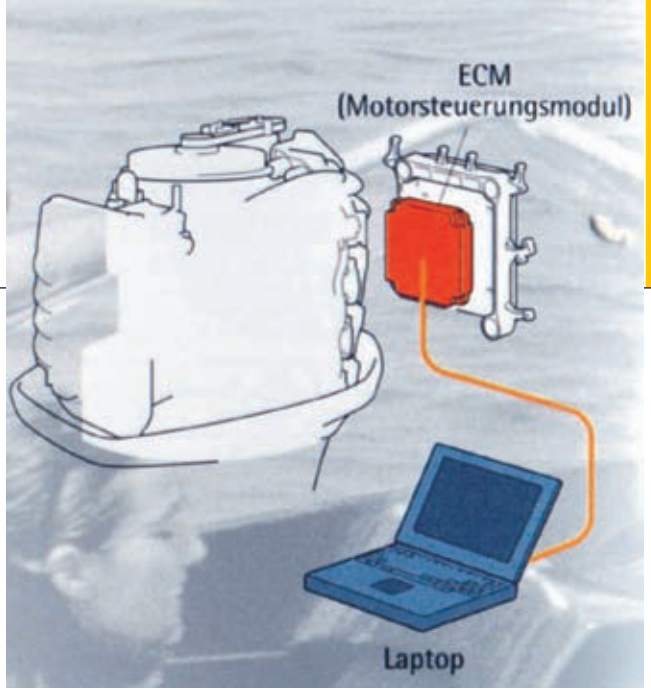
Los avances técnico-científicos en varios campos como la Microelectrónica y la Telemática y el número cada vez mayor de MRE en funcionamiento y por ende una mayor ocupación del ERF han agudizado el problema de la EMC y han dado origen a una nueva rama de la Radio electrónica, al servicio del diseño y explotación de los MRE y de los SRT. De esta manera, la Compatibilidad Electromagnética se ha convertido en una disciplina cuyo estudio es indispensable como soporte dentro de un enfoque moderno de las ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. La teoría de la EMC debe garantizar un conocimiento práctico, formular los principios básicos y los métodos que permitan:

Conocer los procesos existentes de interacción entre los MRE, que funcionan en un mismo entorno electromagnético.

Evaluar la influencia de las interferencias (ruidos) no premeditadas, que actúan en un amplio rango, sobre la calidad del funcionamiento de los radio sistemas y de sus diferentes elementos (transmisores, receptores y demás)

Predecir la influencia de las condiciones de explotación sobre los valores numéricos de las características técnicas de los MRE, definiéndoles su EMC, en cuanto a las normas técnico organi-

ISSN 1692-1798



zativas, relacionadas en las diferentes etapas de un "ciclo de vida" de los MRE (proyección, producción y explotación)

Proponer algoritmos para toma de decisiones en situaciones de conflicto entre los usuarios del ERF, caracterizados por la presencia de muchos objetivos, y en particular por la diferencia de intereses.

Es necesario saber pronosticar las posibles combinaciones tales como: "Fuente de ruidos" "unidad afectada" y rangos de frecuencias en los cuales se esperan los ruidos no intencionales, los posibles canales de propagación de los ruidos electromagnéticos ínter sistemas y/o ruidos internos y establecer métodos de protección de los mismos (apantallamiento)"

El surgimiento del problema de la CEM no sólo amplió el área de las mediciones radiales (nuevos métodos de pruebas, nuevos equipos para mediciones de radio), si no que condujo a la necesidad de perfeccionar los fundamentos científicos de las mediciones radiales. Dio origen al desarrollo de los fundamentos teóricos de las mediciones de los ruidos electromagnéticos en la zona cercana de las antenas en un amplio rango de frecuencias (varias octavas) [1].

Actualmente todo país debe abocar la tarea de estudiar, comprender e incorporar los requerimientos de EMC y crear normas oficiales que regulen el diseño y funcionamiento de los sistemas y equipos en materia de interferencias y contaminación electromagnética en general y en especial analizar todo lo relacionado con transmisores, receptores y antenas, empleados en los sistemas de radiocomunicación.

Recientemente Canadá, E.U. y México suscribieron el TLC (Tratado de Libre Comercio) de América del Norte para lo cual crearon un Subcomité de Normas, el cual atiende asuntos en materia de normalización en Telecomunicaciones [4,5]. Colombia en un futuro muy cercano (si es que aún no existe) tendrá que crear un Comité Consultivo Nacional de Normalización de Comunicaciones y Tecnologías de la Información, que se encargará de elaborar las normas obligatorias en Telecomunicaciones.

Para concluir, debemos señalar, una vez más, que actualmente los ritmos de desarrollo de la Radio electrónica, categóricamente se definen por el nivel de solución de los problemas de EMC y la utilización racional y eficaz de las ondas y energía electromagnéticas. Estos dos problemas interrelacionados constituyen en esencia el problema general para garantizar el trabajo simultáneo de un número cada vez mayor de los sistemas y medios radio electrónicos.

BIBLIOGRAFÍA

1. V. I. Vladimirov y otros. "Compatibilidad Electromagnética de los Sistemas y Medios Radio electrónicos", Ed. Radio y Comunicación, Moscú, 1985

2. V. I. Petrovsky, Y. E. Sedelnikov, "Compatibilidad Electromagnética de los Medios Radio electrónicos" Ed. Radio y Comunicación, Moscú, 1986

3. A. Schwab, "Compatibilidad Electromagnética", Karlrue , 1996

4. H. Jardon Aguilar, "Compatibilidad Electromagnética de los Sistemas de Radiocomunicación ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S. A., México, 1996

EL ESPECTRO DE HUANG-HILBERT

Y otras representaciones tiempo-frecuencia. Análisis comparativo

Luis Omar Sarmiento Álvarez
Coordinador línea de investigación en procesado de señal, Universidad Santo Tomás. Bucaramanga
losarmiento@ustabuca.edu.co

En este artículo se ilustra la utilidad de usar las representaciones tiempo-frecuencia (TFRs) para resolver cuantitativamente cambios en el contenido de frecuencia de señales no estacionarias, como una función del tiempo. El objetivo de este estudio consiste en revisar el espectro de cuatro diferentes representaciones tiempo-frecuencia: El espectrograma, el escalograma, las distribuciones de Wigner-Ville y pseudo suavizada de Wigner-Ville, y el espectro de Hilbert; comparando su habilidad para resolver una señal chirp.

ABSTRACT

This paper illustrates the utility of using time-frequency representations (TFRs) to quantitatively resolve changes in the frequency content of these nonstationary signals, as a function of time. The objective of this study is to review the spectrum of four different TFRs: the spectrogram, the scalogram, the WignerVille and the smoothed pseudo WignerVille distributions, and the Hilbert spectrum; by comparing their ability to resolve a chirp signal.

PALABRAS CLAVES

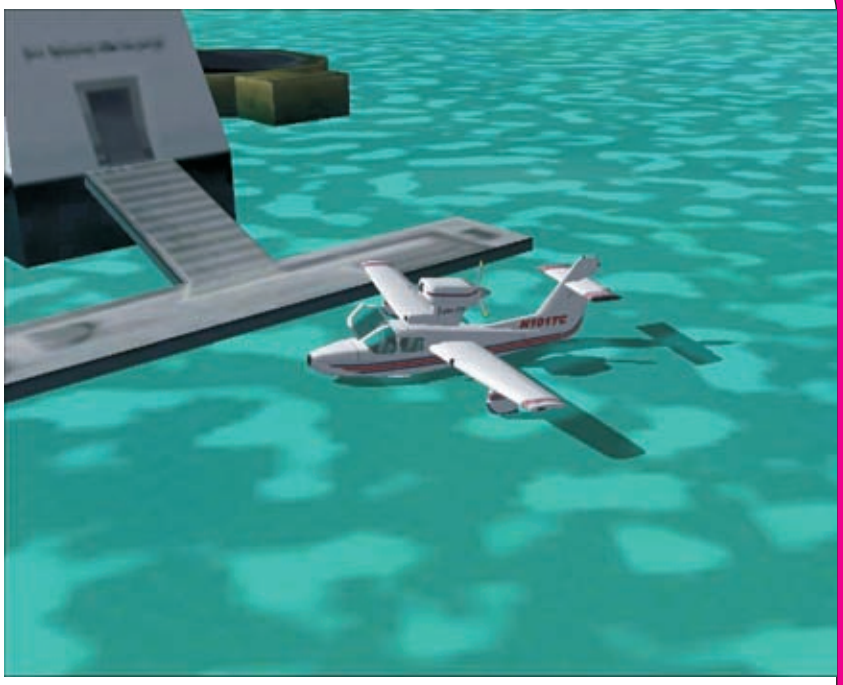
Espectro, transformada, tiempo-frecuencia

INTRODUCCIÓN

Desde el desarrollo de la transformada rápida de Fourier a mediados de 1960, ha habido avances significativos en el campo del procesado de señal. Los trabajos actuales se cen-

ISSN 1692-1798

tran en extraer información de señales no estacionarias cuyos contenidos de frecuencia cambian con el tiempo. Para ello se emplean las representaciones tiempo-frecuencia (TRFs) tales como el espectrograma, el escalograma y la distribución de Wigner-Ville, entre otras, en áreas tales como las comunicaciones inalámbricas, voz, radar, sonar, acústica, sísmica, imágenes y señales biomédicas [14] entre otras. Más recientemente se ha presentado la transformada de Huang-Hilbert como una herramienta capaz de analizar señales no estacionarias y no lineales [1].



Para el análisis y procesamiento de señales se cuenta con diversas herramientas cuyo uso busca la obtención de información importante referida a un fenómeno o sistema a partir de un número finito de muestras. Una de las aplicaciones consiste en encontrar una representación en la cual ciertos atributos de la señal se hagan explícitos. Comúnmente las señales vienen dadas como funciones del tiempo, pero en su estudio es provechoso disponer de una representación en el dominio de la frecuencia, ya que permite extraer características que suelen no estar puestas en evidencia en el dominio temporal y que son de gran utilidad para comprender su naturaleza o facilitar el diseño de sistemas asociados.

Así, mientras una función en el dominio temporal indica cómo la amplitud de la señal cambia en el tiempo, su representación en el dominio de la frecuencia permite conocer cuán a menudo esos cambios tienen lugar. La transformada de Fourier (FT) vincula estas dos presentaciones. La TF descompone la señal en una pesada suma de funciones sinusoidales y se define como

$$S(\qquad s(t)e^{\ j\ t}dt$$

Si bien la TF en muchas situaciones es de gran utilidad, no resulta en todos los casos apta para analizar señales de la vida real, pues, por ejemplo, no es muy adecuado comparar señales sísmicas, de radar o biomédicas, con señales sinusoidales, las cuales se extienden en el tiempo de - 8 a + 8.

Para el cálculo de la TF es necesario el conocimiento de toda la información temporal de la señal para realizar un análisis en frecuencia. Luego no es posible implementarla para aplicaciones en tiempo real porque se carece de información sobre la evolución de la señal en el futuro. De igual forma, discontinuidades o transiciones abruptas que pueden ser debidas a características particulares de la misma o por adición de ruido en un instante determinado, producen efectos que se extienden sobre todo el rango de frecuencias. Estos inconvenientes son consecuencia de la hipótesis subyacente en el análisis de Fourier, referente a la estacionariedad (poseer características espectrales que no cambian en el tiempo) de la señal en estudio.

Una limitación importante de

la TF es que no analiza la evolución de los contenidos de frecuencia de la señal en el tiempo. En efecto, cuando se pasa al dominio de la frecuencia se pierde toda información temporal por lo que no se puede determinar los instantes en que una señal presenta cambios, alteraciones o rupturas.

Un índice de la variación del espectro con respecto al tiempo es la Frecuencia instantánea (IF). Para obtenerla, dada una señal s(t), es preciso generar una señal analítica $s_a(t)$ como sigue:

$$s_a(t) \quad s(t) \quad j\,HT\ s(t)$$

$$a(t)\,e^{j\ (t)}$$

donde HT[s(t)] es la transformada de Hilbert de $s(t)$; $a(t)$ y $j(t)$ la magnitud y la fase respectivamente. Entonces, la IF es la derivada de la fase con respecto al tiempo

$$(t) \quad \frac{d\ (t)}{dt}$$

La IF representa la frecuencia como una función explícita del tiempo con lo que se asume que para un instante de tiempo, existe sólo una componente simple de frecuencia., lo cual no es válido para señales multi-componentes. Este inconveniente puede ser solucionado describiendo la estructura tiempo-frecuen-cia de una señal por una superficie 2D [2]. De aquí la necesidad de un análisis conjunto tiempo-frecuencia que al realizar un mapeo de una señal s(t) en una función 2-dimensional del tiempo y la frecuencia, exhiba la localización temporal del espectro de la señal. Esto equivale a una representación en frecuencia variante en el tiempo que pueda brindar indicación de los instantes precisos en los cuales se observa la presencia de ciertas componentes espectrales. Un gran número de transformadas se han desarrollado para analizar señales no estacionarias, muchas de las cuales son agrupadas en la estructura general de la clase de Cohen[3].

TRANSFORMADAS TIEMPO FRECUENCIA

Las transformadas tiempo-frecuencia muestran como el contenido en frecuencia de una señal cambia con el tiempo, siendo así ideales para procesar señales variantes en el tiempo o no estacionarias.

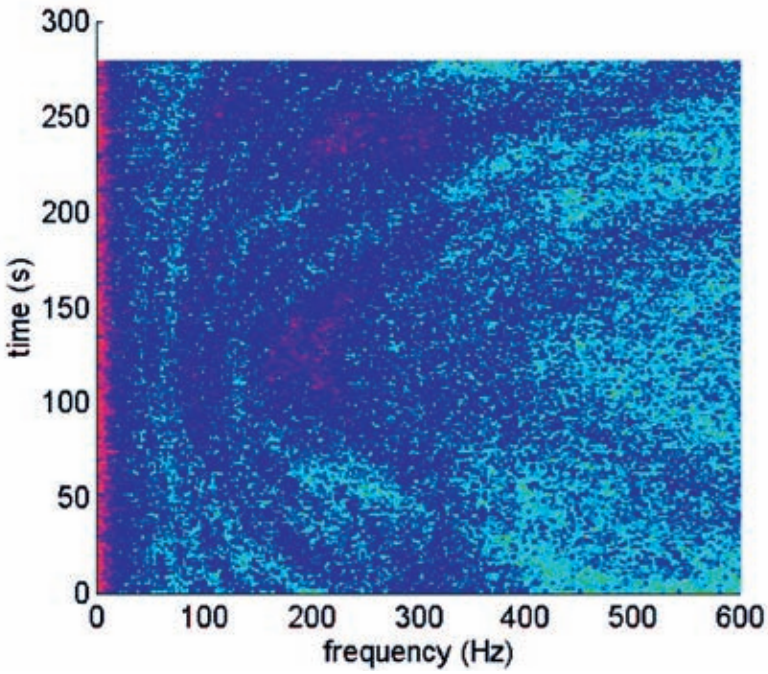
A. La Transformada de Fourier Corta en el Tiempo (STFT).

La STFT divide una señal en pequeñas secciones solapadas en el tiempo; cada una de estas secciones es enventanada y transformada individualmente por Fourier [4]. La STFT de una señal s(t) es definida como

$$S(w,t)$$

$$\frac{1}{2} \quad e^{\ j} \quad S(\ )h(\quad t)d$$

donde h(t) es una función ventana. La densidad espectral de energía de una STFT es definida como $E(w,t) = |S(w,t)|^2$ y es llamado el espectrogra-



ISSN 1692-1798

ma. Esta transformada es afectada por el principio de incertidumbre de Heisenberg, haciendo imposible tener simultáneamente resolución perfecta tanto en el tiempo como en la frecuencia. La resolución tiempo-frecuencia de un espectrograma depende sólo del tipo y tamaño de la ventana y es independiente de la frecuencia [4]. Una ventana ancha da mejor resolución en frecuencia, pero degrada la resolución en el tiempo, mientras que una ventana angosta mejora la resolución en el tiempo, pero empeora la resolución en frecuencia.

El espectrograma brinda el espectro dependiente del tiempo más simple, por lo cual es de uso frecuente cuando se quiere tener una visión rápida aunque no necesariamente muy precisa de la energía de la señal en el dominio tiempo-frecuencia.

B. La Transformada Wavelet (WT).

En lugar de una función ventana fija, la WT usa átomos tiempo-frecuencia wavelet. La wavelet de una función s(t) está dada por [6]

$$S(a,b) = \frac{1}{\sqrt{2}} \int s(t) \, \frac{t-b}{a} \, dt$$

donde a es la escala o dilatación y b es la variable de desplazamiento temporal o de traslación. Valores de a pequeños se corresponden con altas frecuencias y viceversa. La función densidad espectral de energía es definida como $E(a,b) = |S(a,b)|^2$ y es llamada el escalograma. El escalograma cubre el plano tiempo frecuencia de una manera irregular, resultando en una resolución tiempo-frecuencia dependiente de la frecuencia[7].

C. La distribución de Wigner-Ville (WVD).

Mientras que la STFT es la transformada de Fourier de pequeñas ventanas de señal solapadas de una señal en el tiempo s(t), WVD es la transformada de Fourier con respecto a t de s(ô + ô/2) s^*(ô - ô/2), donde s^*(t) es la conjugada compleja de s(t), ó [8]

$$S(t,f) = \int s\left(t + \frac{\tau}{2}\right) s^*\left(t - \frac{\tau}{2}\right) e^{-j2\pi f\tau} \, d\tau$$

Como resultado, la WVD es una medida de la energía tiempo-frecuencia local de la señal. Una ventaja de la WVD es que puede localizar exactamente sinusoides o impulsos de Dirac; este no es el caso para el espectrograma ni el escalograma.

Desafortunadamente, esta propiedad hace que la WVD sea real pero no necesariamente positiva y presenta interferencia de señal. Por ejemplo, la WVD puede perfectamente resolver una señal chirp, pero una señal consistente de dos señales chirp se descompondrá en las dos señales chirp más un término interferente adicional. Para evitar esta interferencia, la WVD se puede suavizar con un filtro gaussiano. Un efecto desafortunado de este suavizado es la introducción de una dispersión tiempo-frecuencia lo cual anula la propiedad de localización exacta de sinusoides e impulsos.

La WVD automáticamente sa-

tisface el principio de incertidumbre de una señal (al localizar impulsos y sinusoides), pero aparecen términos interferentes en señales multicomponentes [9].

D. Otras tranformadas.

Uno de los principales objetivos perseguidos en el estudio de la Clase de Cohen es buscar un espectro dependiente del tiempo que no sólo preserve todas las propiedades útiles de la WVD, sino que también reduzca la interferencia de los términos cruzados. Sin hacer una búsqueda exhaustiva, Papandreou-Suppappola en [1] reporta 36 diferentes tipos de distribuciones tiempo-frecuencia. Ejemplos de ellas son la Distribución de Choi-Williams o exponencial y la distribución cono o ZAM (de zaho-atlas-marks). Es necesario destacar que ninguna transformación es óptima para todas las situaciones. En ocasiones se debe diseñar una transformada adecuada para algún tipo especial de señales, con la que sea posible mejorar la acción de la WVD en lo que a términos interferentes se refiere, si bien es cierto que generalmente es a costa de perder algunas propiedades importantes.

LA TRANSFORMADA DE HUANG-HILBERT. (HHT)

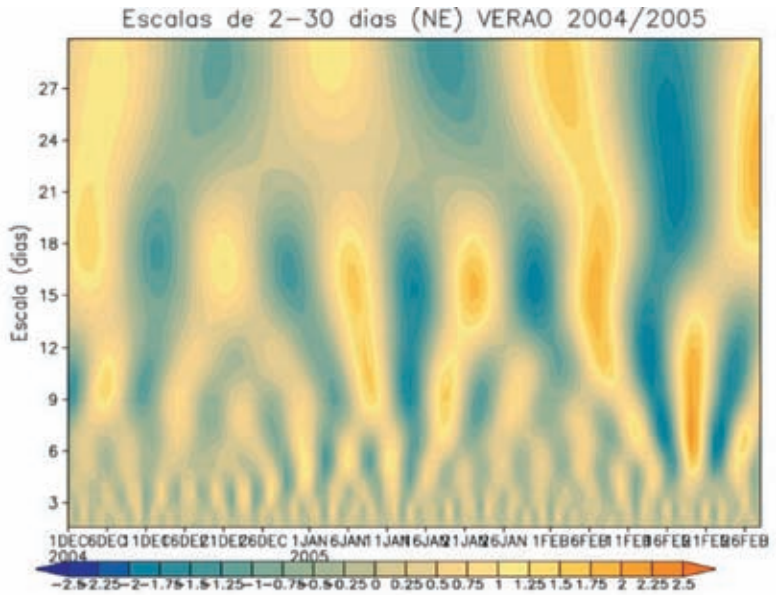
La HHT se basa en la Descomposición de Modo Empírico (EMD), usada para generar un grupo de funciones de modo intrínseco (IMFs). Huang y colaboradores[10], propusieron un método con el cual una señal complicada en el dominio del tiempo es descompuesta en un número finito de IMFs, las cuales producen frecuencias instantáneas como una función del tiempo que permiten la identificación de una estructura embebida en la señal (sus modos). La descomposición en IMFs se basa en las propiedades locales de la misma señal, y no en las de una función artificial externa, de tal forma que las frecuencias instantáneas tienen idealmente, verdadero significado físico.

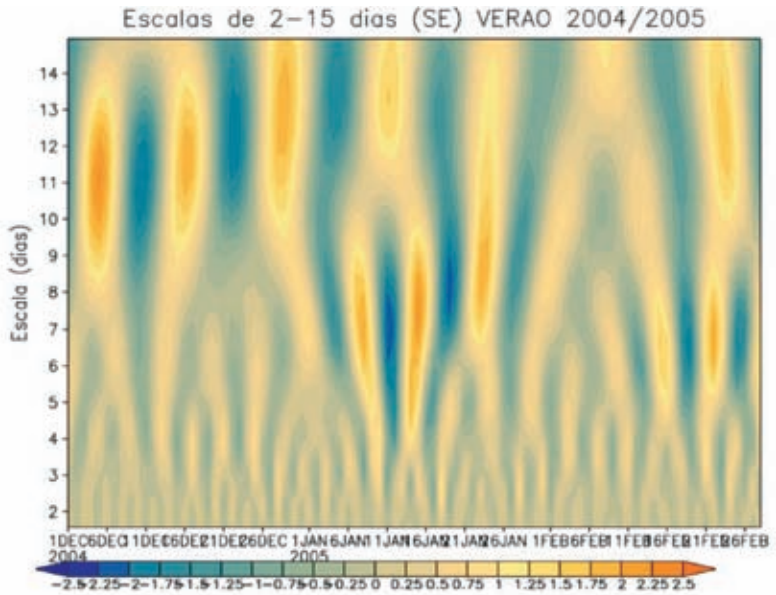
A. Bases de la EMD.

Huang, definió una IMF como una función que satisface dos condiciones: ¨(1) En todo el grupo de datos, el número de extremos y el número de cruces por cero deben ser iguales o diferir a lo sumo por uno; y (2) en cualquier punto, el valor medio de la envolvente definida por los máximos locales y la envolvente definida por los mínimos locales debe ser cero¨.

La descomposición de una señal s(t), en sus IMFs es acompañada con un proceso denominado ¨sifting¨ (tamizado) que usa la señal misma como la base para la descomposición identificando los modos oscilatorios intrínsecos en la señal. El proceso inicia determinando los máximos y los mínimos de s(t), y conectando esos máximos y mínimos con envolventes cúbicas. El proceso continúa al obtener el valor medio de las dos envolventes m(t) y restarlo de la se-

ISSN 1692-1798





ñal original s(t) para obtener así la primera candidata a IMF, $h_1(t)=s(t)-m(t)$. Si $h_1(t)$ no cumple con los requerimientos para ser una IMF, este paso se repite para k tamizados, con $h_1, h_{12},\ldots,h_{1k}$, hasta que en el késimo tamizado h_{1k} sea una IMF, y es agregada a la lista de las IMFs calculadas c_n. Entonces se obtiene el residuo $r1(t)= s(t)-c_n(t)$. Todo el proceso se repite reemplazando la señal original con el residuo hasta encontrar la siguiente IMF. La búsqueda de las IMFs se detiene cuando se completa un número determinado de descomposiciones, cuando una IMF o un residuo es menor que un cierto valor predeterminado, o cuando el residuo sea una función monotónica de la cual no puedan ser extraídas más IMFs. Al final de todo el proceso x(t) puede expresarse como

$$x(t) \quad c_k \quad r_n$$
$$k \quad 1$$

B. Espectro de Hilbert. El espectro de Hilbert es la representación en el plano tiempo-frecuencia de la frecuencia instantánea. Para obtenerla, se aplica la transformada de Hilbert a cada una de las IMFs de la señal s(t), se obtiene una señal analítica y se procede como se indicó en la sección I. El espectro resultante es comparable al obtenido con el escalograma, el espectrograma, o la WVD.

PROCEDIMIENTO

Se realizaron varias pruebas con señales no estacionarias para comparar los espectros tiempo-frecuencia resultantes. Se reporta en este artículo el resultado más significativo empleando 256 muestras de la mezcla de dos señales de espectros paralelos moduladas linealmente en frecuencia. De esta forma puede evaluarse la capacidad de la transformada en cuestión para obtener el espectro sin que aparezcan términos cruzados. Los resultados se observan en la Figura 1. En los ejes vertical y horizontal se representan en escalas lineales, la frecuencia normalizada y el tiempo en segundos, respectivamente. La gráfica a, muestra el espectro ideal. Se observa allí cómo la frecuencia de las dos componentes varía linealmente con el tiempo, desde 0.2 a 0.25 y desde 0.05 hasta 0.1 respectivamente. No se permitió frecuencia mayore a 0.25, debido a la incapacidad de la EMD de resolver componentes de frecuencia mayores que la frecuencia de muestreo sobre cuatro [11] (en términos prácticos, esto significa que se debe muestrear por lo menos a cuatro veces la frecuencia máxima F_{max} de la señal, y no al doble de la F_{max} como indica el teorema de Nyquist para evitar aliasing). Así mismo, las dos se-

ñales se mantuvieron paralelas y suficientemente distanciadas en frecuencia una de la otra, para que la dispersión de la STFT no mezclara los resultados.

El espectrograma se muestra en b, en donde se logran identificar las dos componentes. Éste fue el mejor resultado, conseguido al utilizar una ventana de hamming de 21 muestras, pero a pesar de eso, la resolución en frecuencia es la peor de todas; con esto se comprueba que la resolución depende del tipo y la longitud de la ventana.

La gráfica c, muestra el espectro de Wigner Ville, con una resolución casi perfecta, pero con una tercera componente debida a la aparición de términos interferentes. Este resultado verifica el hecho de que para una señal con N componentes, la WVD tendrá N autotérminos y N(N-1)/2 términos interferentes [12]. La forma de reducir estos términos interferentes sin modificar las importantes propiedades de la WVD ha sido motivo de intensos estudios en los últimos años. Por ejemplo la gráfica d, muestra la distribución seudo suavizada de Wigner-Ville (Smoothed Pseudo Wigner-Ville distribution) la cual emplea un filtro pasa-bajos para suavizar el resultado y remover los términos interferentes, ya que éstos son fuertemente oscilantes [9]. Puede verse que el filtrado pasa-bajo suprime sustancialmente los términos cruzados, pero por otro lado disminuye la resolución, luego existe una situación de compromiso entre el grado de suavizado y la resolución. Los resultados mostrados se consiguieron con una ventana de hammig de 64 puntos.

En e, se representa el escalo-

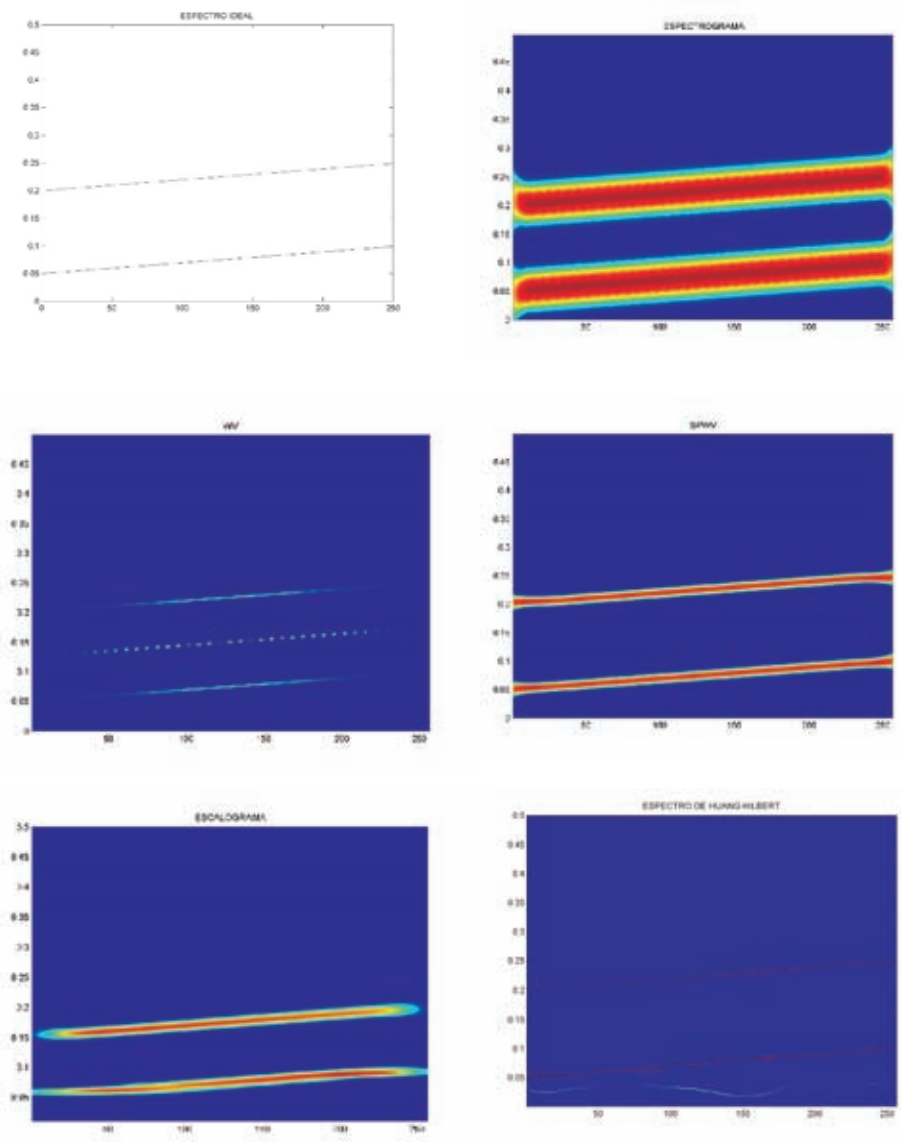


Figura 1. Representación tiempo-frecuencia para un par de señales chirp paralelas. En los ejes vertical y horizontal se representan la frecuencia normalizada y el tiempo en segundos, respectivamente. a. Espectro ideal. b. Espectrogama. c. Distribución de Wigner Ville. d. Pseudo suavizada Distribución de Wigner Ville. e. Escalograma. f. Espectro de Huang Hilbert.

ISSN 1692-1798

grama. Se observa que la resolución es mejor que la STFT, peor que la WVD pero sin términos interferentes, y comparable con la PSWVD. Finalmente la Gráfica f, muestra que el espectro de Huang-Hilbert tiene la mejor resolución pero con el inconveniente de presentar oscilaciones en el espectro. Esta modulación intra-onda se origina por los cambios de amplitud de la señal [13], pero por fortuna, esta fluctuación en frecuencia no produce cambios en la media.

CONCLUSIONES

Puesto que la EMD es un método empírico, no es posible analizar su resolución de una forma rigurosa como se hace con el espectograma, el escalograma y la WVD. La precisión tiempo-frecuencia del espectro de Hilbert es dependiente de la precisión de la EMD. Si la descomposición en IMFs no captura el comportamiento real de la señal, el espectro resultante no dará resultados tiempo-frecuencia precisos. Como desventaja potencial, esta distribución presenta modulación intra-onda, pero presenta la mejor resolución de todas las analizadas.

Finalmente, hay que destacar, especialmente, que no existe una "mejor Transformada"que sirva para todos los casos, sino que la elección de uno u otro tipo depende no sólo de cuál es la señal en análisis, sino también de cuál es el objetivo que se persigue al realizar la transformación. Lo importante es conocer, lo mejor posible, el conjunto de posibilidades que se tienen a mano como también las limitaciones que presenta cada opción.

BIBLIOGRAFÍA.

[1] N. E. Huang, Z. Shen, S. R. Long, M. C. Wu, H. H. Shih, Q. Zheng, N.-C. Yen, C. C. Tung, and H. H. Liu, "The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis," Proc. R. Soc. London, Ser. A 454, 903995, 998.

[2] Hlawatsch F, Boudreaux-Bartels G. ¨Linear and Quadratic time-frequency signal representations¨ IEEE SP Magazine 1992.

[3] L. Cohen, Time-Frequency Analysis ~Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ,

1995!.

[4] M. Niethammer, L. J. Jacobs, J. Qu, and J. Jarzynski, "Time-frequency representation of Lamb waves using the reassigned spectrogram," J. Acoust. Soc. Am. 107, L19L24, 2000.

[5] M. Niethammer, L. J. Jacobs, J. Qu, and J. Jarzynski, "Time-frequency representation of Lamb waves using the reassigned spectrogram," J. Acoust. Soc. Am. 107, L19L24, 2000.

[6] S. Mallat, A Wavelet Tour of Signal Processing (Academic, New York,

1998).

[7] S. D. Meyers, B. G. Kelly, and J. J. OBrien, "An introduction to wavelet analysis in oceanography and meterology: With application to the dispersion of Yanai waves," Mon. Weather Rev. 121, 28582866 (1993).

[8] Hlawatsch F, Flandrin P. ¨The interference structure of the Wigner Distribution and related signal representations¨ The Wigner Distribution - Theory and Applications in Signal Processing. W. Mecklenbräuker. Ed. North Holland Elsevier Science Publishers, 1992. [9] L. Cohen, "Time-frequency distributionsA review," Proc. IEEE 77, 941981, 1989.

[10] N. E. Huang, Z. Shen, and S. R. Long, "A new view of nonlinear water waves: The Hilbert spectrum," Annu. Rev. Fluid Mech. 31, 417457 ,1999.

[11] Flandrin, P. G. Rilling, and P. Gonçalvés. Empirical Mode Decomposition as a Filter Bank. IEEE Signal Processing. 2003

[12] L. Cohen, Time-Frequency Analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1995.

[13] N. E. Huang, Z. Shen, S. R. Long, M. C. Wu, H. H. Shih, Q. Zheng, N.-C. Yen, C. C. Tung, and H. H. Liu, "The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis," Proc. R. Soc. London, Ser. A 454, 903995, 998.

[14] A. Papandreau-Suppappola. Applications in Time-Frecuency signal processing. CRC press, 2003.

iTECKNE
iNNOVACIÓN E iNVESTIGACIÓN EN iNGENIERÍA

ESCRIBE TU PROPIO ARTÍCULO:

La revista **Iteckne** recibe para su publicación trabajos e investigaciones en el campo de las telecomunicaciones y mecatrónica, o áreas íntimamente relacionadas con ellas en castellano, inglés, francés, italiano, alemán y portugués.

Las colaboraciones deben ser remitidas al editor, quien las estudiará con la ayuda del comité editorial. Los trabajos más técnicos serán enviados para su análisis sin el nombre del autor, a especialistas en los temas respectivos. La decisión correspondiente será comunicada al autor, junto con las observaciones pertinentes.

Dos son los criterios fundamentales para la selección de artículos: en primer lugar la calidad general del trabajo, tanto en lo que atañe al contenido como en lo que se refiere a su exposición escrita y su presentación; y como segundo el interés que puede presentar la obra para el público lector de esta áreas de ingenierías.

Los trabajos deberán presentarse en disquete, digitados en WORD, junto con dos copias de buena calidad impresas en papel corriente. Las gráficas, en caso de haberlas, deberán ser entregadas listas par su reproducción. Los originales no serán devueltos en ningún caso. Para los artículos seleccionados los costos de publicación los asume la revista **Iteckne**.

Los materiales que aparecen en la revista **Iteckne** pueden reproducirse libremente, pero se agradecerá a quien lo haga, citar su procedencia.

LA CORRESPONDENCIA PUEDES DIRIGIRLA A: Revista Iteckne
División de Ingenierías Universidad Santo Tomás
Carrera 18 No. 9-27 Teléfono 6800801 Ext. 1411 - 1421
Bucaramanga - Colombia
e-mail: iteckne@ustabuca.edu.co

ISSN 1692-1798