

ELECTR MUNDO



REGISTRO
ISSN
2220-5276

COLEGIO DE INGENIEROS ELECTRICISTAS Y ELECTRÓNICOS DE LA PAZ - BOLIVIA

Nº 68
Diciembre
2012

*La Familia CIEE - La Paz, Les Desea
Una Feliz Navidad y Mucha Prosperidad
para el Año 2013*

electromundo.ciee@gmail.com
www.electromundo.com.bo

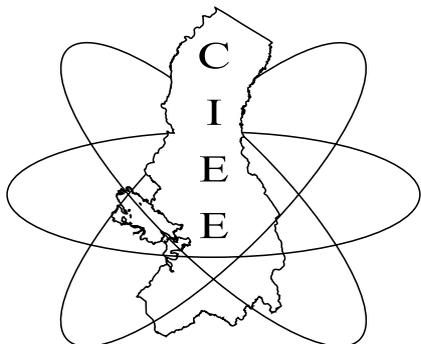
DISTRIBUCIÓN
GRATUITA

COLEGIO DE INGENIEROS ELECTRICISTAS Y ELECTRÓNICOS

Edif. Bolívar P. 8 Of. 802 • Telf./Fax 2370434

E-mail: cieelpz@electromundo.com • electromundo.ciee@gmail.com

www.electromundo.com.bo



PRESIDENTE:

Ing. Reynaldo Castañón Gomez

SECRETARIO GENERAL:

Oscar Eulate Choque

SECRETARIO DE HACIENDA:

Carlos Valda Claros

SECRETARIO ACADÉMICO:

Alex Pareja Arancibia

SECRETARIO DE PRENSA Y PUBLICIDAD:

Luis Pozo Barrera

SECRETARIO DE DEPORTES

Edgar Bustos Espinoza

VOCALES:

Danira Rodrigo Alfred

Javier Perez Peñaranda

CONSEJO CONSULTIVO

Roger Ramirez Zuazo
Marco Salguero Surriable
Rene Ortiz Plata
Daniel Saul Celis Laguna
Moises Montecinos
Alex Alcón

ELECTR MUNDO



ELECTROMUNDO

DIRECTOR

Ing. Carlos Valda Claros

COORDINADORA

Ing. Danira Rodrigo Alfred

EDITOR PUBLICISTA:

Rubén Casas Condori

Cel.: 601 65966

E-mail: electromundo.ciee@gmail.com

SECRETARIA:

Elizabeth Quisbert Mauricio

KIM-ART

ARTE GRÁFICO

TELF.: 2235923 • 73019540

richardcastroh@gmail.com
kimart.artografico@gmail.com

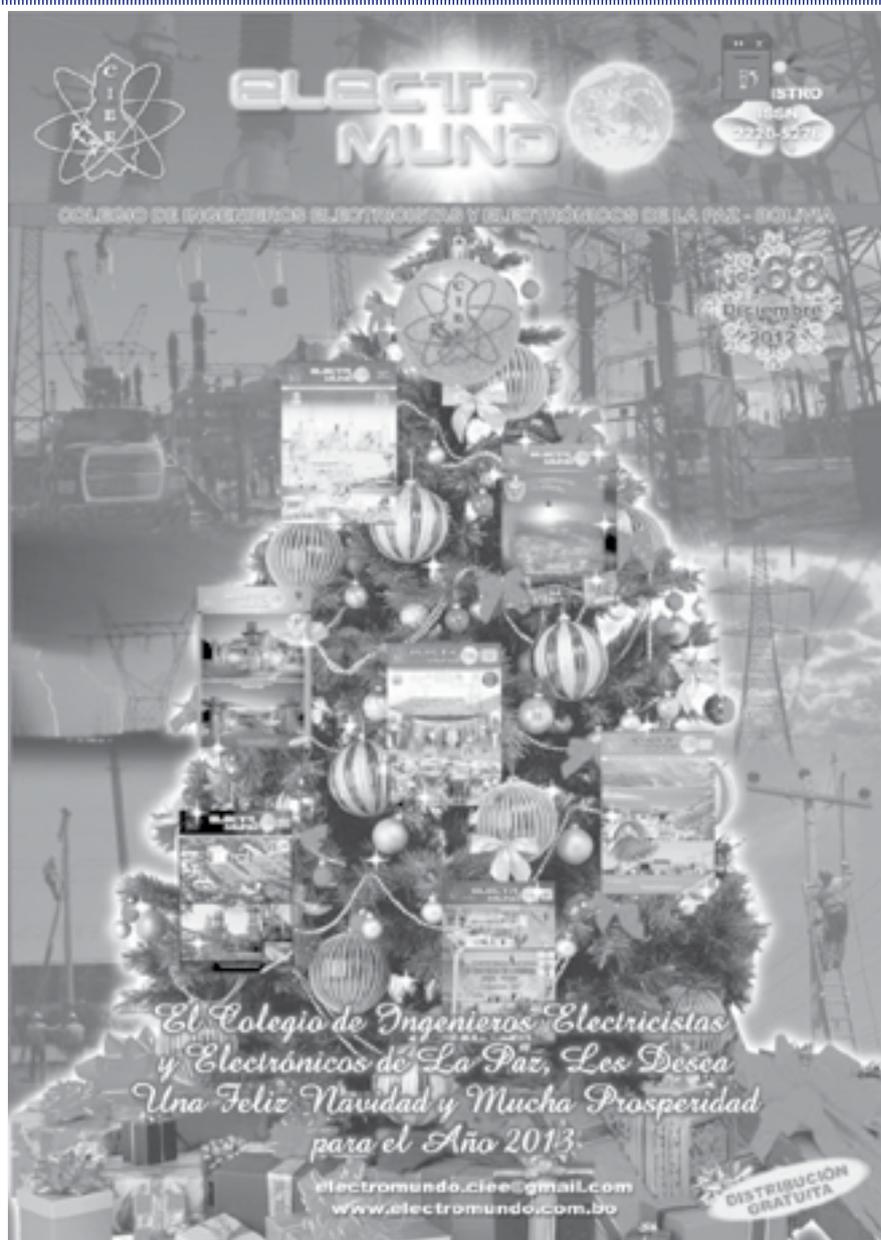
IMPRESIÓN:

ARTES GRÁFICAS

"CATACORA"

Telf.: 2284363 • Calle Sucre N° 916
editorialcatacora_@hotmail.com

NUESTRA PORTADA



EL COLEGIO DE INGENIEROS ELECTRICISTAS Y ELECTRONICOS DE LA PAZ,
LES DESEA UNA FELIZ NAVIDAD Y MUCHA PROSPERIDAD PARA EL AÑO 2013

ELECTROMUNDO no se responsabiliza de las opiniones y/o criterios técnicos contenidos en los diferentes artículos proporcionados por sus colaboradores para su publicación.

REGISTRO ISSN 2220-5276
PROPIEDAD LITERARIA E INTELECTUAL
DEPÓSITO LEGAL: 4-3-360-83

Se autoriza la reproducción parcial ó total mencionando el medio y el Autor.

ÍNDICE

EDITORIAL: CRECIMIENTO DE LA GENERACIÓN	12
EL ANTIGUO PERO RECORDADO FORTRAN 77: SU APLICACIÓN A LA SIMULACION DE TRANSITORIOS Ing. Rogelio José Choque Castro	17
PARTÍCULAS SUSPENDIDAS EN AISLANTES LÍQUIDOS ENVEJECIDOS DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA Ing. Marcelo Hinojosa Torrico	33
ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN DE LA CALIDAD TOTAL EN EL MANTENIMIENTO ELÉCTRICO MSc. Ing. Miguel Angel Pinedo	41
ILUMINACIÓN LED “AHORRA CON ESTILO; PÁSATE AL LED” Royal Arrow Lighting	56
SEÑALES CEREBRALES ADQUIRIDAS MEDIANTE UN ELECTROENCEFALOGRAFO MODULAR PARA SISTEMAS BCI Evelyn D. Terán Mejía, Edwin C. Bolivar Vilca, Wilber R. Bejar Quispe	65
FUENTE DE CORRIENTE PARA CROMADO ELECTROLITICO Matilde Callisaya Ticona, Néstor Mamani Villca	70
REHABILITACIÓN COMPLEJO METALÚRGICO KARACHIPAMPA Ramiro Choque Chino, Edgar Fernández Herrera	93
COORDINACIÓN DE RELÉS DE SOBRECORRIENTE MEDIANTE EL USO DE ALGORITMOS GENÉTICOS EN REDES RADIALES DE DISTRIBUCIÓN Gonzalo Oscar Eulate Choque - Daniel Saúl Celis Laguna	105
LA COMPAÑÍA PHOENIX CLOSURES REBAJA LOS COSTOS Y AUMENTA EL TIEMPO PRODUCTIVO DE MÁQUINAS CON EL SISTEMA DE VISIÓN DE OMRON CI-CONTROL LTDA.	114
REGISTRADORES Y CONTROLADORES ING. PERCY ARO – TRITEC S.R.L.	121
SUPRESOR DE SOBRETENSIONES TRANSITORIAS SINETAMER Ramiro Valdez Bahoz	125
AHORRO SOSTENIBLE DE ENERGÍA ABB - BOLIVIA	131
LOS COSTOS DE LA MALA CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA. Nota Técnica • Fluke	139
“LEDS” ILUMINACION ECOLOGICAMENTE CORRECTA Ariel Vargas T. - JAVA SISTEMAS DE ILUMINACION.	144
I CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA BIOMEDICA Ingelila Urquidi Barrientos, Nahir Samur Aranibar, Mijail Fernandez Cartagena, Sandra Rodriguez Pinto, Evelyn Teran Mejia, Victor Tapia Medina	147

Editorial

CRECIMIENTO DE LA GENERACIÓN

EL AÑO 2012 LA INDUSTRIA Y CIUDADANÍA NACIONAL PASO POR GRANDES TEMORES DEBIDO AL DÉFICIT DE POTENCIA Y ENERGÍA EN EL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL, SITUACIÓN QUE PUSO ESCENARIOS DE RIESGO DENTRO LA ECONOMÍA NACIONAL Y PROBLEMAS DE CARACTER SOCIAL. AFORTUNADAMENTE LAS MEDIDAS DE EMERGENCIA TOMADAS POR EL GOBIERNO NACIONAL Y LA INCORPORACIÓN DE LOS PROYECTOS DE CICLO COMBINADO Y GUARACACHI SUMARON AL SISTEMA INTERCONECTADO UNA POTENCIA ADICIONAL DE 80 MVA, POTENCIA QUE NOS PERMITE ENFRENTAR EL AÑO 2013 CON TRANQUILIDAD. ADICIONALMENTE SE EJECUTAN OTROS PROYECTOS DE GENERACIÓN QUE SUMARAN MAYOR POTENCIA DISPONIBLE.

ESTOS PROYECTOS DE GENERACIÓN TÉRMICA TENDRÁN UN PERIODO DE VIDA CONDICIONADA, A LAS POSIBILIDADES DE DISPONER EN LAS CANTIDADES NECESARIAS CON EL GAS NATURAL. CONSECUENTEMENTE ES DE PRIORIDAD EJECUTAR PROYECTOS DE GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA COMO MISICUNI, MIGUILLAS Y OTROS PROYECTOS QUE DEBE SER REVISADO PARA SU EJECUCIÓN COMO ROSITAS Y CACHUELA ESPERANZA.

NO DEBEMOS LIMITARNOS SOLO A LOS PROYECTOS EXISTENTES, ES DE CARÁCTER ESTRATÉGICO DESARROLLAR PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS A LO LARGO DE LA GEOGRAFÍA DEL PAÍS, QUE NOS PERMITA LA EXPORTACIÓN DE ELECTRICIDAD A LOS PAÍSES VECINOS EN UNA PRIMERA ETAPA, DEBEMOS RECORDAR QUE EL POTENCIAL HIDROELÉCTRICO DEL PAÍS NO ESTA SIENDO APROVECHADO EN SU REAL DIMENSIÓN.

POR OTRA PARTE EL INCREMENTO DE ESTA POTENCIA EN GENERACIÓN, TAMBIÉN DEMANDA LA NECESIDAD DE NUEVAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN, ALGUNAS DE ESTAS DEBERÁN SER POTENCIADAS CON LA ADICIÓN DE UNA SEGUNDA TERNA O EN SU DEFECTO EJECUTAR NUEVOS PROYECTOS DE TRANSMISIÓN EN PARTICULAR HACIA EL DEPARTAMENTO DE LA PAZ.

SE DEBE TENER EN CUENTA QUE PARTE DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ, SE HA CONVERTIDO EN EL PRESENTE, EN LA VÍA A TRAVÉS DE LA CUAL SE PROVEE DE SERVICIO ELÉCTRICO AL DEPARTAMENTO DE EL BENI, EN PARTICULAR A LAS REGIONES DE SAN BORJA, YUCUMO, SAN IGNACIO DE VELASCO Y TRINIDAD, ADEMÁS DE QUE POBLACIONES BENIANAS COMO RURRENABAQUE Y SAN BUENA VENTURA DE LA PROVINCIA BALLIVIAN, ESTÁN INCORPORADAS AL PROYECTO ITUBA

ADELANTE BOLIVIA A PASO DE VENCEDORES.

EL ANTIGUO PERO RECORDADO FORTRAN 77: SU APLICACIÓN A LA SIMULACION DE TRANSITORIOS

Ing. Rogelio José Choque Castro

RESUMEN. Tratándose de simular procesos transitorios, hoy en día es posible encontrar numerosos programas informáticos dedicados al tema. Programas comerciales y de uso académico como el ETAP, DigSILENT, NEPLAN, SKM, MATLAB, SIMULINK, MATHCAD etcétera resuelven muchos problemas relacionados al tema. Sin embargo entender como trabajan los mismos resulta complicado si no se percibe los pormenores que trae el realizar una simulación desde que se modela una máquina hasta que se realiza un programa de simulación en términos de instrucciones. El presente trabajo enfoca este último aspecto tomando como base el conocido lenguaje de programación FORTRAN 77 aplicado a la simulación de transitorios electromecánicos de una máquina sincrónica.

Palabras clave: Simulación de transitorios, fortran, generador sincrónico, estabilidad.

1.0 INTRODUCCION.

FORTTRAN es el acrónimo de FORMula TRANslator el cual es un lenguaje de programación científico desarrollado en 1957 y que fue y es aún utilizado en varias aplicaciones relacionadas con la ciencia y la ingeniería.

A diferencia de BASIC que fue desarrollado en 1964, FORTRAN es un lenguaje compilado es decir las instrucciones de su código fuente se traduce por medio de su compilador en un archivo ejecutable; explicándolo de otra manera, el compilador de FORTRAN traduce el código fuente a código máquina con lo que el tiempo de ejecución es más rápido. En un intérprete como lo era BASIC, las instrucciones se interpretaban de acuerdo al orden que señalan las líneas de código lo cual hace que el programa "arroje" resultados de manera muy lenta. Posteriores ejemplos de lenguajes compilados que aparecieron luego de FORTRAN, lo eran el C y Pascal.

FORTTRAN tuvo varias versiones e inicialmente se mantuvo como monopolio de la IBM hasta 1961 con el FORTRAN 4. Posteriormente, muchas máquinas antiguas o mainframe se distribuían con otra versión que era el FORTRAN 66. En 1977 apareció una versión más moderna que se la denominó FORTRAN 77, la cual es una de las versiones que más agradó y se mantuvo por mucho tiempo e incluso en la actualidad pese a que posteriormente aparecieron las versiones FORTRAN 90, 95, 2003, 2008 y 2010. La escritura de los programas en FORTRAN se la realiza en formato libre y actualmente las nuevas versiones soportan programación orientada a objetos.

Un software comercial que hace uso de rutinas de cálculo estructural mediante elementos finitos como el SAP2000, fue inicialmente desarrollado en FORTRAN. A finales de la década de los 60 el Ingeniero Alemán Hermann W. Dommel desarrollo el programa EMTP como contraparte al TNA o Transient Network Analyzer, tomando como lenguaje de programación el FORTRAN.

Algunas características generales del FORTRAN:

- Las líneas de código no están finalizadas con un punto y coma, como el caso del lenguaje C (en MATLAB, el punto y coma se emplea para no visualizar resultados).
- Se pueden continuar líneas de código que ocupan varias líneas haciendo uso del símbolo del Ampersand (&) o bien el símbolo del asterisco (*).
- No es "case sensitive"; es decir el programa no distingue mayúsculas y minúsculas.
- Se pueden insertar comentarios con la letra "C" al inicio de cada línea de código o el signo de admiración "!".
- Se debe declarar cada variable como entero, real, carácter string, etcétera.
- Trabaja con números complejos.
- La aritmética entre enteros proporciona resultados truncados, por ejemplo si $u=4$, $t=3$ entonces $u/t=1$, $t/u=0$.

- Existen varias formas de hacer una misma cosa.
- Hace uso de números de línea para redirigir el control de ejecución de sentencias, por ejemplo GOTO 6 quiere decir vaya a la línea de número 6.
- Existen “caracteres implícitos” los cuales permiten que las variables cuyo nombre inicie con estos caracteres, se conviertan en enteros o reales de simple precisión. Por ejemplo nombres de variable que empiecen con caracteres i, j, k, l, m, n hace que la variable se defina como entero; variables cuyo nombre inicie con el resto de los caracteres alfabéticos se consideran reales de simple precisión.

En su momento, FORTRAN 77 facilitó la programación estructurada con bloques tipo IF/THEN/ELSE/END IF. En 1978 esta versión fue enriquecida con la introducción de sentencias de control tipo DO/WHILE/END DO.

En el presente artículo se hace referencia a la versión 77 y al software libre actualmente disponible en la web que trabaja bajo plataforma Windows 7. Fortran posee varios manuales disponibles en la web, razón por la cual el presente trabajo hace una referencia rápida al mismo.

2.0 ESTRUCTURA BASICA DE UN PROGRAMA EN FORTRAN.

Un programa escrito en FORTRAN está compuesto por los siguientes módulos:

- Un área de declaraciones,
- Un área para el programa principal,
- Subrutinas

Inicialmente, las Instrucciones y datos de un programa en FORTRAN eran “transcritas” en varias tarjetas perforadas las cuales eran trasladadas al ordenador para que un lector óptico pueda leerlas y luego procesar la información. Posteriormente las versiones de FORTRAN para ordenador personal no requieren de tarjetas sino de elaborar un archivo de texto

que se lo guarda con extensión “.FOR” para sistemas operativos basados en DOS. El archivo de texto es compilado por FORTRAN y del cual se obtiene un archivo ejecutable que cuando es ejecutado pedirá datos, los mismos que pueden ser introducidos por teclado o leídos de un archivo en el disco duro.

En FORTRAN 77, las instrucciones de las cuales está hecho el programa principal y las subrutinas, están dispuestas en líneas. Las primeras cinco columnas de un programa están reservadas para incluir etiquetas, las cuales no son mas que números que le dan al programa la posibilidad de transferir el control de ejecución a estas líneas bajo determinadas condiciones. La primera columna se emplea también para insertar un comentario, con lo cual la fila que esta marcada de tal manera no tiene influencia alguna sobre las instrucciones del programa. La columna 6 se emplea para indicarle al compilador que la línea es una continuación de la anterior (ampersand &). Con todo lo anterior, las columnas útiles donde se puede escribir las instrucciones van de la 7 a la 80.

Normalmente aunque no necesariamente, se inicia un programa con la palabra PROGRAM seguido de algún nombre para el programa. El programa debe estar necesariamente finalizado con la instrucción END. A continuación un esbozo del lenguaje .

2.1 VARIABLES.

Las variables no son más que zonas de memoria en el ordenador a las que se le asigna un solo nombre. Dichas variables pueden ser numéricas o alfanuméricas. Las variables numéricas pueden ser enteras, reales o complejas, FORTRAN trabaja con números complejos como la facilidad que lo hace para números reales.

Es recomendable definir las variables al inicio del programa. FORTRAN declara variables enteras con la instrucción INTEGER, variables reales con la instrucción REAL y variables complejas con la instrucción COMPLEX. Las variables pueden ser de simple, doble precisión o cuádruple

precisión, una variable de doble precisión ocupa 8 bytes y se declara continuando la instrucción de declaración con un asterisco y el número 8, ejemplo REAL*8.

Las variables alfanuméricas se declaran con la instrucción CHARACTER, seguida de "*n" donde "n" es el número de caracteres que admite la variable, por ejemplo CHARACTER*8 EJEMPLO, nos dice que la variable denominada EJEMPLO contendrá 8 caracteres, si se introdujese un texto con mayor cantidad de caracteres, FORTRAN lo truncará.

Un tipo más general de variable numérica, lo constituyen las matrices y vectores. Estos se declaran con la instrucción DIMENSION seguida del nombre de variable y unos paréntesis dentro de los cuales está la cantidad de elementos de la matriz o el vector. Por ejemplo DIMENSION MM(2,2) y DIMENSION B(4), nos dice que la matriz MM tiene dos filas y dos columnas, mientras que el vector B tiene 4 elementos.

2.2 ENTRADAS Y SALIDAS.

Tal como se lo indicó anteriormente, FORTRAN permite leer datos desde un archivo de texto o bien desde el teclado. La instrucción general para lectura desde un archivo es.

READ (unidad, formato) lista de variables
WRITE (unidad, formato) lista de variables

En la página de la referencia B) se puede encontrar un interesante manual de fortran 77 con la explicación respecto a las unidades y formatos; también en la página C) donde se encuentra el manual de referencia del FORTRAN 77. Para cuando se quiera leer de teclado y escribir en pantalla, la sintaxis es:

READ (*,*) lista de variables
WRITE (*,*) lista de variables

Esta forma de introducir y sacar resultados es la más básica y tiene formato libre.

2.3 OPERADORES Y FUNCIONES BASICAS.

El manual de FORTRAN 77 señala operadores matemáticos clásicos como la suma (+), resta (-), producto (*) división(/) y exponenciación (**).

Además se puede encontrar varias funciones matemáticas intrínsecas, de las cuales las más básicas son la raíz cuadrada (SQRT), exponencial (EXP), el seno (SIN), coseno (COS), tangente (TAN) y las respectivas funciones inversas de estas tres últimas: ASIN, ACOS y ATAN.

La sintaxis de estas funciones es anotar la función seguido del argumento entre paréntesis, por ejemplo COS(10), le dice al compilador que calcule el coseno de 10 radianes.

En caso de que el argumento sea de doble precisión, se debe colocar una "D" delante de la función.

2.4 SALTO SIN CONDICIONES.

El salto sin condiciones lo proporciona la instrucción GOTO y lo hizo tan famoso que hasta fue imitado por el intérprete BASIC.

La instrucción GOTO seguida de un número "n", le dice al compilador que transfiera el control de la ejecución de las líneas de sentencia a la línea con etiqueta "n".

Por ejemplo GOTO 20 le dice al compilador que ejecute la instrucción cuya etiqueta es 20 (en otras palabras le dice "vaya a la línea con etiqueta 20").

2.5 ESTRUCTURAS CONDICIONALES.

Las estructuras condicionales son aquellas que dependiendo un determinado resultado, se transferirá el control a una u otra sentencia.

La estructura condicional más comúnmente empleada es la IF/THEN/ELSE.

A modo de ejemplo las siguientes líneas:

```

IF (J.EQ.2) THEN
A=3.14
ELSE
B=7.12
END IF

```

Significan que si J es igual a 2, se asignará el valor 3.14 a la variable A; en otro caso se asignará el valor 7.12 a la variable B. El "EQ." es un operador relacional que significa "igual"; existen otros operadores relacionales como ser ".LT." que significa menor que, ".GT." mayor que, ".LE." menor o igual que, ".GE." mayor o igual que.

2.6 LOOPS.

Los LOOPS, no son más que bucles generados por la sentencia DO y finalizada por la sentencia END DO. Tiene el mismo propósito que el FOR del MATLAB o el antiguo BASIC. La sintaxis de esta instrucción es la siguiente:

```

DO índice = valor inicial, valor final, incremento
(conjunto de sentencias)
END DO

```

Por ejemplo,

```

DO I = 1, 11, 2
A(I)=3.14
END DO

```

Significa que asigne al vector A, en las posiciones 1, 3, 5, 7, 9 y 11, el valor 3.14. Si no se incluye un valor de incremento, FORTRAN asume que dicho incremento es 1.

2.7 SUBROUTINAS.

Una subrutina no es más que un programa que realiza una tarea específica y repetitiva. Una subrutina se define de forma independiente del programa principal y posee variables propias que deben ser definidas en la subrutina y variables compartidas con el programa principal. La sintaxis de una subrutina es:

```

SUBROUTINE nombre de la subrutina (lista de
argumentos)

```

```

(Declaraciones de variables locales y compartidas)
(Instrucciones)
END

```

La "lista de argumentos" son nombres de variables con los cuales se trabajará en la subrutina. Existen variables que necesitan ser compartidas entre la subrutina y el programa principal, para este efecto existe la sentencia COMMON la cual es una forma de comunicarse entre el programa principal y la subrutina; con esta sentencia se crean zonas de memoria comunes que se pueden acceder ya sea desde el programa principal o bien desde la o las subrutinas. La sintaxis tradicional de esta sentencia es:

```

COMMON Identificador1, Identificador2, ...,
IdentificadorN.
Donde "Identificador" es el nombre de alguna
variable.

```

3.0 EL ENTORNO DE DESARROLLO INTEGRADO FORCE 2.0

FORCE 2.0 es un Entorno de Desarrollo Integrado que viene acompañado con el compilador FORTRAN y es de libre distribución. El programa es completamente funcional en plataforma Windows 7 (fue realizado para Microsoft Windows) y puede ser descargado gratuitamente del link que se indica en la referencia A). Esta IDE hace uso del compilador también gratuito del proyecto GNU: "gfortran".



Figura 1. IDE de forcé 2.0

En la sección de "recursos" (Resources) de dicha referencia, se puede encontrar el manual de referencia del FORTRAN 77, foros, librerías en general y especialmente librerías gráficas.

4.0 CASO DE APLICACIÓN: GENERADOR CONECTADO A BARRA INFINITA.

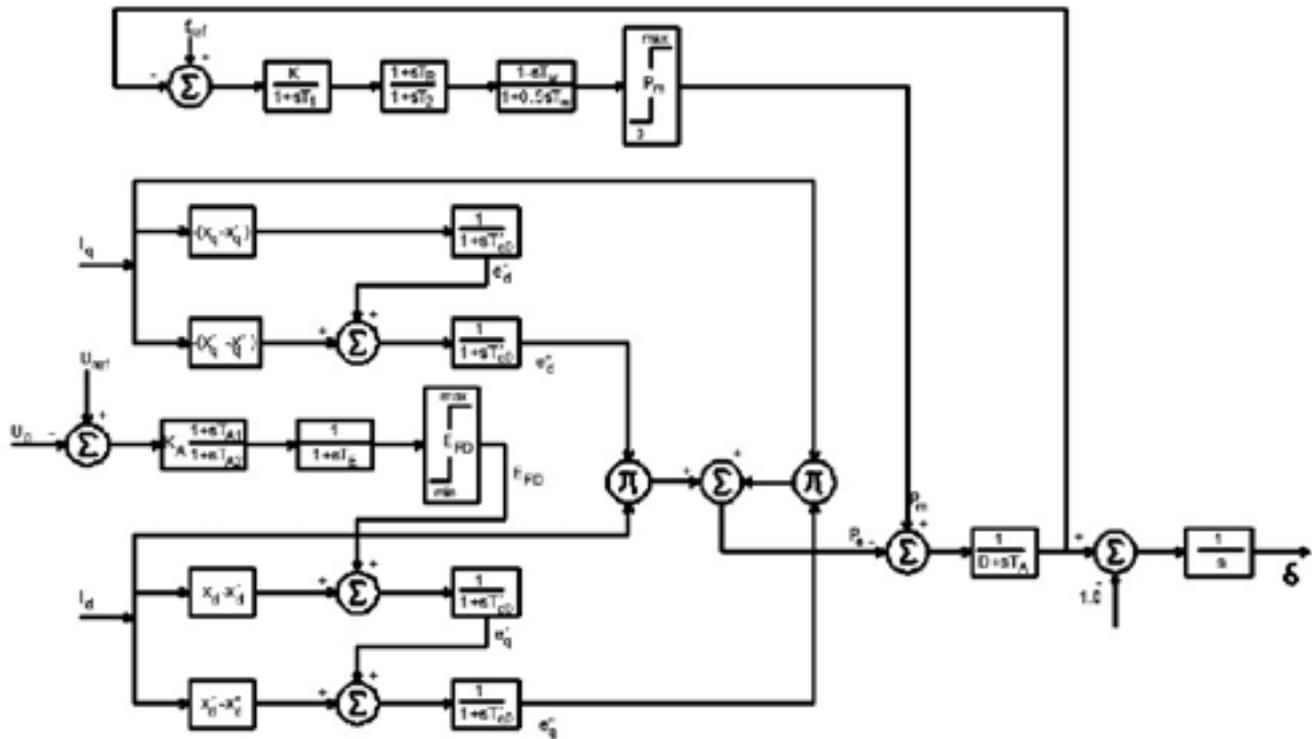


Figura 2. Modelo de la máquina sincrónica

La simulación de máquinas sincrónicas en estudios de estabilidad es un aspecto importante para lo cual se han desarrollado modelos de diversa complejidad y propósito.

Uno de ellos es el que se presenta en la referencia /1/ el cual fue desarrollado en base a las leyes fundamentales de la conversión electromagnética, las transformaciones de Parks, modelos estándar de controles automáticos y los conceptos del cálculo en por unidad de los sistemas de potencia.

La simulación de generadores conectados a barra infinita muestra aspectos importantes del comportamiento de un sistema y es sencillo de estudiar; además el modelo es usual en describir los conceptos generales de la estabilidad de sistemas de potencia, la influencia de varios factores sobre la estabilidad y los conceptos de los sistemas de control.

El modelo de generador sincrónico que se presenta en la figura 2, es el resultado de un análisis del programa en FORTRAN que presenta la misma referencia, este modelo fue revalidado posteriormente por las ecuaciones que se desarrollan en la misma referencia.

Se trata de un modelo linealizado alrededor de un punto de operación el cual está representado por las ecuaciones en régimen permanente antes de la perturbación.

Las ecuaciones que se encontraron para este modelo y escrito en forma matricial, responden al siguiente modelo:

$$\dot{X} = A * X + B * U + C * I$$

A=	$\frac{-1}{T_{A2}}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$\frac{1}{T_E}$	$\frac{-1}{T_E}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	$\frac{-1}{T_1}$	0	0	0	0	0	0	$\frac{K}{T_1}$	0	0
	0	0	$\frac{T_2 - T_R}{T_2^2}$	$\frac{-1}{T_2}$	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	$\frac{6T_R}{T_W T_2}$	$\frac{6}{T_W}$	$\frac{-2}{T_W}$	0	0	0	0	0	0	0
	0	$\frac{1}{T'_{d0}}$	0	0	0	$\frac{-1}{T'_{d0}}$	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	$\frac{-1}{T''_{q0}}$	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	$\frac{1}{T''_{d0}}$	0	$\frac{-1}{T''_{d0}}$	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	$\frac{1}{T''_{q0}}$	0	$\frac{-1}{T''_{q0}}$	0	0	0
	0	0	$\frac{-2T_R}{T_2 T_A}$	$\frac{-2}{T_A}$	$\frac{1}{T_A}$	0	0	$\frac{-I_{q0}}{T_A}$	$\frac{-I_{d0}}{T_A}$	$\frac{-D}{T_A}$	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ω_0	0

$$B^t = \begin{bmatrix} \frac{K_A(K_{A2} - T_{A1})}{T_{A2}^2} & \frac{K_A T_{A1}}{T_E T_{A2}} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

C ^t =	0	0	0	0	0	0	$-\frac{x_q - x'_q}{T'_{q0}}$	0	$-\frac{x'_q - x''_q}{T''_{q0}}$	$-\frac{e''_{q0}}{T_A}$	0
	0	0	0	0	0	$\frac{x_d - x'_d}{T'_{d0}}$	0	$\frac{x'_d - x''_d}{T''_{d0}}$	0	$-\frac{e''_{d0}}{T_A}$	0

$$X^t = [e_2 \quad e_{FD} \quad P_2 \quad P_4 \quad P_7 \quad e'_q \quad e'_d \quad e''_q \quad e''_d \quad f \quad \delta]$$

$$U = U_{ref} - U_0$$

$$I = (I_d - I_{d0} \quad I_q - I_{q0})^t$$

El generador conectado a una barra infinita se muestra en la figura 3, el cual también fue hallado en base al programa que se describe en la misma referencia.

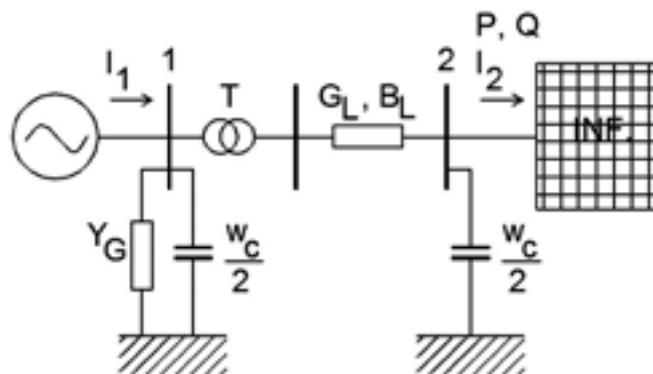


Figura 3. Generador conectado a barra infinita.

Las ecuaciones que se deben considerar para encontrar las condiciones antes de una perturbación son (prefalla):

$$G_L = \frac{R_L}{R_L^2 + X_L^2}$$

$$B_L = -\frac{X_L}{R_L^2 + X_L^2}$$

$$\vec{S}_2 = -P - jQ = \vec{U}_2 \vec{I}_2^*$$

$$\vec{I}_2 = \frac{\vec{S}_2^*}{\vec{U}_2^*} = \frac{-P - jQ}{\vec{U}_2^*}$$

$$\begin{bmatrix} \vec{I}_1 \\ \vec{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \vec{Y}_{11} & \vec{Y}_{12} \\ \vec{Y}_{21} & \vec{Y}_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \vec{U}_1 \\ \vec{U}_2 \end{bmatrix}$$

$$\vec{U}_1 = \frac{\vec{I}_2 - \vec{Y}_{22} \vec{U}_2}{\vec{Y}_{21}}$$

$$\vec{I}_1 = \vec{Y}_{11} \vec{U}_1 + \vec{Y}_{12} \vec{U}_2$$

$$Re(\vec{E}_{qa}) = Re(\vec{U}_2) + Re(\vec{I}_1) r_a - Im(\vec{I}_1) x_q$$

$$Im(\vec{E}_{qa}) = Im(\vec{U}_2) + Im(\vec{I}_1) r_a + Re(\vec{I}_1) x_q$$

$$\delta_0 = \arctan\left(\frac{Im(\vec{E}_{qa})}{Re(\vec{E}_{qa})}\right)$$

$$\begin{bmatrix} \vec{I}_{q0} \\ \vec{I}_{d0} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\delta_0) & \sin(\delta_0) \\ -\sin(\delta_0) & \cos(\delta_0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Re(\vec{I}_1) \\ Im(\vec{I}_1) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \vec{U}_{q0} \\ \vec{U}_{d0} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\delta_0) & \sin(\delta_0) \\ -\sin(\delta_0) & \cos(\delta_0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Re(\vec{U}_1) \\ Im(\vec{U}_1) \end{bmatrix}$$

$$\vec{E}_{fd0} = |\vec{E}_a| - (x_d - x_q) \vec{I}_d$$

$$\vec{E}_{d0}'' = \vec{U}_d + r_a \vec{I}_d + x_q \vec{I}_q$$

$$\vec{E}_{q0}'' = \vec{U}_q + r_a \vec{I}_q + x_d \vec{I}_d$$

Luego de producida la falla, se debe calcular la interacción de la máquina con el sistema infinito mediante las ecuaciones:

$$\vec{U}_1 = \vec{E}'' - \frac{\vec{I}_1}{Y_G}$$

$$\vec{I}_1 = \frac{\vec{Y}_G \vec{Y}_{11}}{\vec{Y}_G + \vec{Y}_{11}} \vec{E}'' + \frac{\vec{Y}_G \vec{Y}_{12}}{\vec{Y}_G + \vec{Y}_{11}} \vec{U}_2$$

$$\vec{U}_1 = \frac{\vec{I}_1}{Y_{11}} - \frac{\vec{Y}_{12}}{Y_{11}} \vec{U}_2$$

$$\begin{bmatrix} Re(\vec{E}''') \\ Im(\vec{E}''') \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\delta) & -\sin(\delta) \\ \sin(\delta) & \cos(\delta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \vec{E}_q'' \\ \vec{E}_d'' \end{bmatrix}$$

El anexo, muestra un programa elaborado en FORTRAN 77 que resuelve estas ecuaciones y es otra versión del programa presentado en la referencia /1/ (este programa también se encuentra en el blog). Dicho programa emplea el método de Euler para la integración, el cual es suficiente para resolver las ecuaciones planteadas ya que el sistema planteado no se constituye en un sistema rígido.

La subrutina de integración fue diseñada de tal forma que se pueda cambiar por cualquier otro método de un solo paso, por ejemplo Runge Kutta o bien por un método multipaso pero que tenga la característica de autoarranque o que inicie solo. El programa así presentado posee cuatro subrutinas que permiten cambiar los parámetros de la máquina; sin embargo dichas subrutinas no se las presenta aquí de modo a no alargar el tamaño del presente.

El programa presentado es completamente funcional e inicialmente solicita el nombre del archivo donde se encuentran los datos de simulación: " De nombre del File de datos: " a lo que se debe responder dándole el nombre y extensión del fichero que contiene los datos; para el presente caso, se anexa también el archivo DATAIN.DAT al final del programa. Posteriormente el programa hace la consulta "DESEA CAMBIAR ALGUN PARAMETRO DEL MODELO (S/N)?", a lo que se debe responder con un "N" para no cambiar los parámetros de la máquina ya que de lo contrario buscaría las subrutinas de cambio de parámetros que no se adjuntan a la presente.

El programa principal se guarda con un nombre y la extensión FOR. Las subrutinas deben guardarse con el mismo nombre después de la sentencia SUBROUTINE y la extensión FOR.

En la sección "PROGRAMACION DE FALLOS" se puede programar los eventos a los que será sometido el generador; esto es cambiando los parámetros correspondientes en el archivo, DATAIN.DAT (últimas cuatro filas de este archivo).

Los eventos que se pueden programar son cortocircuitos, cambio en la impedancia de línea, modificación de la tensión de referencia, conexiones de carga. Para una mejor interpretación, se sugiere ver la referencia /1/ donde hay bastante información.

El programa genera un archivo denominado RES2.OUT que contiene los resultados de la simulación en el siguiente orden: Tiempo, frecuencia, ángulo del rotor, Potencia eléctrica, Tensión en bornes, Tensión de excitación y Corriente inyectada.

Este archivo puede ser importado por Excel o MATLAB para posteriormente obtener un resultado gráfico. La figura 4 muestra la simulación para un período de análisis de 6 segundos y un paso de integración de 0.01 segundos La figura 5 muestra el ángulo del rotor para esos mismos tiempos.

Se puede ampliar el periodo o el paso, modificando los parámetros correspondientes en el archivo de entrada.

Así mismo, luego de que el programa hace la lectura de los datos correspondientes a la turbina, hace una lectura de las condiciones de falla, dependiendo del valor asignado a NFALL (para las curvas de las figuras NFALL=2) que se lee en el sector de datos generales.

Se plantea como ejercicio al lector cambiar los parámetros del archivo de entrada y obtener el trazo para diferentes condiciones.

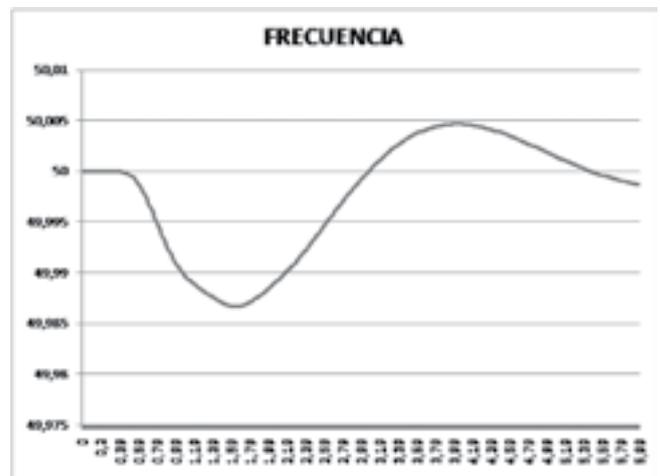


Figura 4. Frecuencia del sistema luego de una falla



Figura 5. Ángulo del rotor luego de una falla

CONCLUSIONES.

Si bien muchos creen que FORTRAN se extinguió en el pasado siglo, todavía se emplea en muchas aplicaciones que requieren de cálculo numérico. Sus principales virtudes son que genera programas portables, es decir que pueden correr sin dificultad en una máquina con procesador de la familia 86, es un lenguaje de muy alto rendimiento, es un lenguaje estándar con suficiente información, hay disponibilidad de software libre para casi todas las máquinas y sistemas operativos, tiene capacidad de trabajar con números complejos como si trabajara con números reales; por otra parte el lenguaje emplea instrucciones fáciles de aprender. Antes de fortran 77 las versiones carecían de elementos de depuración, no poseían estructuras de datos flexibles, los nombres de las variables tenían que ser cortos, se empleaban etiquetas numéricas; sin

embargo todo esto fue superado por versiones posteriores a la 90.

ANEXO.

```

C *****
C *          S I M G E 1          *
C *          =====          *
C *          PROGRAMA PRINCIPAL          *
C * Simulaci3n de un generador conectado a barra infinita *
C *          Modelo Subtransitorio          *
C *          Fecha: 8-09-99          *
C *****

INCLUDE 'SISTEMA.FOR'
INCLUDE 'INTEGRAR.FOR'

COMPLEX YG,Y11,Y12,Y22,U2,CE,C11,CU1,C12,S2
DIMENSION Y(11),AA(10,10),BB(10),CC(10,2)
DIMENSION IFALL(10),TP(10),RLP(10),XLP(10),WC2P(10),WLP(10),
* UREFN(10)
CHARACTER FNOM*20,RESP

COMMON/UNO/CID,CIQ,CIDO,CIQO,UU,UREF,W0
COMMON/DOS/XD,XQ,XDT,XQT,XDT2,XQT2,TD0,TQ0,TD02,TQ02,TA,D,
* GK,TA1,TA2,TE,GKA,T1,T2,TR,TW
COMMON/TRES/AA,BB,CC

PI=3.1416
GRD=180./PI
W0 = 2.0*PI*50.0

C *****
C *          LECTURA DE 'DATAIN1.DAT'          *
C *****
WRITE(*,1000)
1000 FORMAT(1X,40('='),/
* 1X,'Simulaci3n de Generador en Barra Infinita',/
* 1X,40('='),///,
* 1X,'De nombre del File de datos:',$)
READ(*,1001)FNOM
1001 FORMAT(A)
OPEN(UNIT=1, FILE=FNOM, STATUS='OLD', ERR=999)
C ***DATOS GENERALES***
READ(1,*)SB, N, NFALL
C ***DATOS DEL GENERADOR***
READ(1,*)SNOM, UN, RA, XD, XDT, XQ, XQT, TD0, TQ0, TA, D
READ(1,*)XDT2,XQT2,TD02,TQ02
C ***DATOS DE SUMINISTRO A LA RED***
READ(1,*)UNB,F0, PG, QG
C ***DATOS DE REACTANCIAS DE LA LINEA Y DEL TRANSFORMADOR***
READ(1,*)RL, XL, WC2, WL, XTRA
C ***DATOS SOBRE EL PERIODO DE ANALISIS***
READ(1,*)TF, DELTAT
C ***DATOS DEL SISTEMA DE EXCITACION***
READ(1,*)GK, TA1, TA2, TE, EFDMAX, EFDMIN
C ***DATOS DE LA TURBINA***
READ(1,*)T1,T2,TR, TW, GKA, PMAX

```

```

C ***PROGRAMACION DE FALLOS***
DO I=1,NFALL
READ(1,*)IFALL(I),TP(I),RLP(I),XLP(I),WC2P(I),WLP(I),UREFN(I)
END DO

1 WRITE(*,*)'DESEA CAMBIAR ALGUN PARAMETRO DEL MODELO (S/N)?'
READ(*,1001)RESP
IF (RESP.EQ.'S') GOTO 5
IF (RESP.EQ.'N') GOTO 6
GOTO 1

5 WRITE(*,*)'INTRODUZCA EL NUMERO DEL SECTOR QUE DESEA CAMBIAR:'
WRITE(*,*)'EXCITACION ----->(1)'
WRITE(*,*)'TURBINA ----->(2)'
WRITE(*,*)'GENERADOR ----->(3)'
WRITE(*,*)'CONEXION A BARRA ---->(4)'
READ(*,*)NUMERO
IF (NUMERO.EQ.1) THEN
ASSIGN 301 TO IND
ELSE IF (NUMERO.EQ.2) THEN
ASSIGN 302 TO IND
ELSE IF (NUMERO.EQ.3) THEN
ASSIGN 303 TO IND
ELSE IF (NUMERO.EQ.4) THEN
ASSIGN 304 TO IND
END IF
GOTO IND(301,302,303,304)
301 WRITE(*,*)'SUBROUTINA 1'
GOTO 6
302 WRITE(*,*)'SUBROUTINA 2'
GOTO 6
303 WRITE(*,*)'SUBROUTINA 3'
GOTO 6
304 WRITE(*,*)'SUBROUTINA 4'

C ***CALCULO DE LOS PARAMETROS DEL SISTEMA***
6 RL=RL*WL
XL=XL*WL+XTRA ! LINEA+TRAFO
WC2=WC2*WL
XXRR=RL*RL+XL*XL
GS = RL/XXRR
BS = -XL/XXRR
GG = RA/(RA*RA+XDT2*XQT2)
BG = -XDT2/(RA*RA+XDT2*XQT2)
GS1=GS
BS1=BS+WC2
GS2=GS
BS2=BS+WC2
Y11 = CMLPX(GS1,BS1)
Y12 = CMLPX(-GS,-BS)
Y22 = CMLPX(GS2,BS2)
YG = CMLPX(GG,BG)

C -----LLAMA A SUBROUTINA DE FORMAR LAS MATRICES DEL SISTEMA-

CLOSE(UNIT=1)
OPEN(UNIT=4, FILE='RES2.OUT')
C *****
C *          CALCULO EN VALORES P.U. DEL PUNTO DE OPERACION          *

```

```

C *****
C- Corrientes y voltajes del generador
U2 = CMPLX(UN,0.0) ! U conj
S2 = CMPLX(-PG,QG) ! S conj
CI2 = S2/U2
CU1 = (CI2-Y22*U2)/Y12
CI1 = Y11*CU1+Y12*U2
PRI1 = REAL(CI1)
PII1 = AIMAG(CI1)
PRU1 = REAL(CU1)
PIU1 = AIMAG(CU1)
PREQA = UN+RA*PRI1-XQ*PII1
PIEQA = RA*PII1+XQ*PRI1
DELTA0= ATAN2(PIEQA,PREQA)
CIQ0 = PRI1*COS(DELTA0)+PII1*SIN(DELTA0)
CIDO =-PRI1*SIN(DELTA0)+PII1*COS(DELTA0)
UQ0 = PRU1*COS(DELTA0)+PIU1*SIN(DELTA0)
UDO =-PRU1*SIN(DELTA0)+PIU1*COS(DELTA0)
EFD0 = SQRT(PREQA*PREQA+PIEQA*PIEQA)-(XD-XQ)*CIDO
EDT02 = UDO+RA*CIDO+XQT2*CIQ0
EQT02 = UQ0+RA*CIQ0-XDT2*CIDO
PE0 = EDT02*CIDO+EQT02*CIQ0
PM0 = PE0
UU0 = CABS(CU1)
UREF = UU0
CALL SISTEMA(EDT02,EQT02,CIQ0,CIDO)
TIEMPO =0.0
DT =DELTAT

DO I=1,N
Y(I)=0.0
END DO

C *****
C *          SIMULACION          *
C *****
IP = 1
C-- =====> SIMULACION
10 IF (TIEMPO .GE. TF) GOTO 50
IF (DT .EQ. 0.0) THEN
DT=DELTAT
GOTO 13
ENDIF
C--> PERTURBACION ?
TT=TP(IP)-TIEMPO
IF (ABS(TT) .LE. 0.0001) THEN
WRITE(*,1002) IP,TIEMPO
1002 FORMAT(1X,'PERTURBACION ->;11;':F7.3;[s]')
GOTO(11,22,33,44) IFALL(IP)
C-- Corto Circuito ON
11 Y11 = CMPLX(10000000.,-5000000.)
GOTO 88
C-- Corto Circuito OFF y/o modificaci3n de la imp. de la Linea
22 RL=RLP(IP)*WLP(IP)
XL=XLP(IP)*WLP(IP)+XTRA
WC2=WC2P(IP)*WLP(IP)
XXRR=RL*RL+XL*XL
GS=RL/XXRR
BS=-XL/XXRR

```

```

BS1=BS+WC2
Y11 = CMPLX(GS,BS1)
Y12 = CMPLX(-GS,-BS)
GOTO 88
C-- Modificaci3n de Uref
33 UREF = UREFN(IP)*UU0
GOTO 88
C-- Conexi3n de carga
44 GSHP = -RLP(IP)/SB
BSHQ = XLP(IP)/SB
Y11 = Y11 + CMPLX(GSHP,BSHQ)
C SUBROUTINA 88
88 IP = IP + 1
DT=0
GOTO 13
ENDIF

C --- CALCULOS EN LA RED ---
13 EFD = EFD0+Y(2)
EQT = EQT02+Y(8)
EDT = EDT02+Y(9)
F = F0+Y(10)
DELTANG = DELTA0+Y(11)
ER = EQT*COS(DELTANG)-EDT*SIN(DELTANG)
EI = EQT*SIN(DELTANG)+EDT*COS(DELTANG)
CE = CMPLX(ER,EI)
CI1 = YG*(Y11*CE+Y12*U2)/(YG+Y11)
PRI1 = REAL(CI1)
PII1 = AIMAG(CI1)
CIQ = PRI1*COS(DELTANG)+PII1*SIN(DELTANG)
CID =-PRI1*SIN(DELTANG)+PII1*COS(DELTANG)
CU1 = (CI1-Y12*U2)/Y11
UU = CABS(CU1)
CIGA = CABS(CI1)

C ---CALCULO DE LAS POTENCIAS---
PM= PM0+Y(5)-2*(TR/T2*Y(3)+Y(4))
PE= EDT*CID+EQT*CIQ

C *****
CALL INTEGRAR(Y,DT)

C CONTROL DE LIMITES
IF(EFD.GT.EFDMAX) THEN
Y(2)=EFDMAX-EFD0
EFD=EFD0+Y(2)
ENDIF
IF(EFD.LT.EFDMIN) THEN
Y(2)=EFDMIN-EFD0
EFD=EFD0+Y(2)
ENDIF
ENDIF
IF(PM.GT.PMAX) THEN
Y(5)=PMAX-PM0
PM=PM0+Y(5)
ENDIF

CCI1=CABS(CI1)

WRITE(4,1005)TIEMPO,F*50.,DELTANG*GRD,PE,UU,EFD,CCI1

```

```

TIEMPO=TIEMPO+DT
GOTO 10
C *****
1005 FORMAT(1X,F7.3,2X,6(F8.4,2X))
50 STOP
999 WRITE(*,*)'File de Datos no existe'
END

C*****SUBROUTINA SISTEMA.FOR*****
C ** ESTE SUBPROGRAMA CONSTRUYE LAS MATRICES CONSTANTES DEL SISTEMA
**
C *****
SUBROUTINE SISTEMA(EDT02,EQT02,CIQ0,CIDO)
DIMENSION AM(10,10),BM(10),CM(10,2)
COMMON/DOS/XD,XQ,XDT,XQT,XDT2,XQT2,TD0,TQ0,TD02,TQ02,TA,D,
* GK,TA1,TA2,TE,GKA,T1,T2,TR,TW
COMMON/TRES/AM,BM,CM

DO I=1,10
DO J=1,10
AM(I,J)=0.0
END DO
DO J=1,2
CM(I,J)=0.0
END DO
BM(I)=0.0
END DO
AM(1,1) =-1/TA2
AM(2,1) =1/TE
AM(2,2) =-1/TE
AM(3,3) =-1/T1
AM(3,10) =-GK/T1
AM(4,3) =(1-TR/T2)/T2
AM(4,4) =-1/T2
AM(5,3) =6*TR/(TW*T2)
AM(5,4) =6/TW
AM(5,5) =-2/TW
AM(6,2) =1/TD0
AM(6,6) =-1/TD0
AM(7,7) =-1/TQ0
AM(8,6) =1/TD02
AM(8,8) =-1/TD02
AM(9,7) =1/TQ02
AM(9,9) =-1/TQ02
AM(10,3) =-2*TR/(T2*TA)
AM(10,4) =-2/TA
AM(10,5) =1/TA
AM(10,8) =-CIQ0/TA
AM(10,9) =-CID0/TA
AM(10,10)=-D/TA
BM(1)=(1-TA1/TA2)*GKA/TA2
BM(2)=(TA1*GKA)/(TA2*TE)
CM(6,2)=(XD-XDT)/TD0
CM(7,1)=(XQT-XQ)/TQ0
CM(8,2)=(XDT-XDT2)/TD02
CM(9,1)=(XQT2-XQT)/TQ02
CM(10,1)=-EQT02/TA
CM(10,2)=-EDT02/TA

```

```

RETURN
END

C *****
C *****SUBROUTINA INTEGRAR.FOR*****
C *****METODO DE INTEGRACION DE EULER TRADICIONAL *****
SUBROUTINE INTEGRAR(Y,DT)
DIMENSION Y(11),Z(11),AM(10,10),BM(10),CM(10,2)
COMMON/UNO/CID,CIQ,CIDO,CIQ0,UU,UREF,W0

COMMON/TRES/AM,BM,CM

C ***CALCULO DE LAS DERIVADAS***
DO I=1,10
S=0.0
DO J=1,10
S=S+AM(I,J)*Y(J)
END DO
Z(I)=S+BM(I)*(UREF-UU)+CM(I,1)*(CIQ-CIQ0)+CM(I,2)*(CID-CIDO)
END DO
Z(11)=W0*Y(10)

C ***APLICACION DEL METODO DE EULER***
DO I=1,11
Y(I)=Y(I)+DT*Z(I)
END DO
RETURN
END

```

Los siguientes datos son los parámetros de simulación y fueron guardados con el nombre y extensión DATAIN.DAT

```

100.0,11,2
1.00,1.0,0.0035,1.18,0.22,1.05,0.38,5.9,0.3,8.5,0.0
0.145,0.145,.042,.092
1.0,1.0,0.75,0.15
.0011,.0028,.000193,50,.01
6.00,0.01
20.0,0.0,0.35,0.8,3.0,-3.0
11.26,.45,2.29,.414,20.,1.2
3,0.25,100.0011,200.0028,0.0,1.0,1.05
3,6.0,100.0011,200.0028,0.0,1.0,1.05
1,0.25,100.0011,200.0028,0.0,1.0,0.0,
2,0.4,0.0011,0.0028,0.000193,50,0.0,0,

```

BIBLIOGRAFIA

- /1/ Felix Mamani, "Simulación Dinámica de una máquina sincrónica conectada a una barra infinita", Proyecto de grado, Universidad Mayor de San Andrés, 1993.
- /2/ Rogelio Choque Castro, "Aplicación de los métodos numéricos de integración en la simulación de transitorios electromecánicos", Proyecto de grado, Universidad Mayor de San Andrés, 2002
- /3/ "Fortran 77 Programmers guide", Edited by

Janiece Carrico, Silicon Graphics, 1992.
/4/ Fortran 77 4.0 Reference Manual, Sun Soft, 1995.

LINKS

- <http://lepsch.blogspot.com/>
- <http://numat.net/fortran/FT77.pdf>
- http://www.sv.vt.edu/classes/ESM4714/exercises/RefManuals/SUN_F77_Manuals/F77_Ref.pdf
- <http://techpubs.sgi.com/library/manuals/0000/007-0711-060/pdf/007-0711-060.pdf>

BIOGRAFIA.



Rogelio José Choque Castro, Nacido en La Paz Bolivia, es Ingeniero Electricista titulado en la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA). Trabajó durante diez años en la Industria Textil (área de mantenimiento), Supervisor Proyecto de Electrificación Rural Illimani Sud, Residente de Obra Proyecto Porvenir-Chive, Residente y Superintendente para la empresa ENERGO S.R.L., Supervisor proyecto MCH-Totorapampa, Supervisor Queñi-Cotosi, fue docente de la Universidad de Aquino Bolivia (UDABOL) y Universidad Los Andes. Sus áreas de interés: Simulación de Transitorios en Sistemas de Potencia, Electrónica de Potencia, Procesamiento Digital de Señales, Sistemas de Control.

Correo electrónico: choque.rogelio@gmail.com.

Página: <http://electricosas.blogspot.com/>



PARTÍCULAS SUSPENDIDAS EN AISLANTES LÍQUIDOS ENVEJECIDOS DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA

Ing. Marcelo Hinojosa Torrico

RESUMEN

Para profundizar el diagnóstico de fallas incipientes en transformadores de potencia, la ASTM Internacional desarrolló varios métodos de ensayo para evaluar las propiedades analíticas de aceites derivados del petróleo, nuevo y envejecidos. También fueron desarrollados métodos de mantenimiento mejorados tendientes a evitar el deterioro prematuro de la aislación papel-aceite. Según los resultados obtenidos es posible establecer una relación cuantitativa entre la cantidad de impurezas originadas en el aceite responsables de la formación de fallas eléctricas incipientes, inevitablemente seguidas por el gaseo del aceite. Estas mejoras dotan a los planificadores del mantenimiento de transformadores de alta tensión de la posibilidad sin precedentes de impedir de forma económica el proceso de deterioro del aislamiento líquido bajo el impacto de la sollicitación eléctrica, térmica y química. Como resultado, manteniendo el aislamiento líquido en inmejorables condiciones durante toda la vida del transformador, se puede mejorar su confiabilidad a la vez que extender su expectativa de vida.

PALABRAS-CLAVE

Aislamiento papel-aceite, análisis de aceite, estabilidad del aceite, deterioro, mantenimiento predictivo.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la condición de deterioro durante el servicio del aislamiento interno de los devanados se establece en base al resultado del análisis de gases disueltos en aceite (DGA) y otros ensayos o medición de las propiedades fisicoquímicas. La idea es analizar la naturaleza de fallas eléctricas incipientes a través de la tasa de gases generados y de su composición

química. En lugar de determinar la causa real de la deficiencia, el énfasis se pone en interpretar de forma empírica las particularidades del gaseo, de acuerdo por ejemplo a la "Guía de Interpretación de Gases Generados en Transformadores inmersos en aceite de la IEEE" [1] o de la IEC [2].

La variación lenta de la acidez total, tensión interfacial y factor de disipación dieléctrica o la disminución del contenido de inhibidor de oxidación del aceite en etapas tempranas de la vida del transformador, da la impresión de que los productos de deterioro no se están creando debido al llamado período de inducción. Es por esto que el gaseo del aceite se atribuye solamente a las fallas eléctricas incipientes. En realidad, los productos de deterioro originados en el aceite surgen desde el primer día en servicio pero son absorbidos por la gran superficie de aislamiento de papel. Si los productos de deterioro se determinan como trazas de impurezas usando los nuevos métodos de ASTM, es obvio que tal período de inducción no existe.

2. FUENTES DE DETERIORO

Hay tres fuentes de energía capaces de transformar moléculas inestables de hidrocarburos en productos de deterioro:

- Campo electromagnético que acelera el proceso de inyección de electrones libres en el aislamiento líquido.
- Energía térmica generada por la parte activa del transformador.
- La energía química proveniente de la agresividad del oxígeno disuelto – aproximadamente 20,000 ppm. en equilibrio en el caso de unidades que respiran a la atmósfera.

Las dos primeras están siempre presentes mientras que los daños causados por el oxígeno disuelto son evitables.

2.1 Deterioro eléctrico.

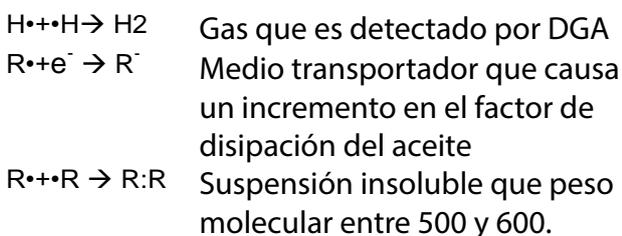
La sollicitación eléctrica suministra la energía para la ruptura de los vulnerables enlaces covalentes (aproximadamente 4 eV). El campo eléctrico intenso interactúa con la química de los aceites aislantes por medio de un mecanismo descrito por Forster [3]. Este consiste en electrones que escapan de la banda de conducción y logran abandonar la superficie del metal conductor, especialmente durante los muy cortos pero frecuentes transitorios de tensión a que se encuentran sometidas las máquinas. [4]. La colisión de estos electrones libres, inyectados dentro del aislamiento líquido, es seguido de forma inevitable por la excitación de las moléculas de hidrocarburos según



Mientras que las moléculas estables que alcanzan su único nivel de excitación usualmente liberan la energía absorbida como un quantum de luz:



Las moléculas vulnerables se decomponen y generan un par de radicales libres. El hecho importante de que ambos fragmentos tienen un electrón no apareado (usualmente ignorado) y por tanto son químicamente muy reactivos que afectan la estabilidad del aceite. Mientras el átomo de hidrógeno puede combinar su electrón con otro similar envolvente de bajo peso molecular como un gas, el resto de la cadena faltante en el aceite puede conseguir otro electrón libre. Un segmento tan grande como medio transportador con radical libre del mismo tamaño genera una suspensión coloidal insoluble:



La acumulación de tales suspensiones submicroscópicas que pasan desapercibidas generan un sistema de dos fases. Estas tapan los poros del aislamiento de papel y llevan a la formación de los puntos calientes. Finalmente, cuando radicales libres de cualquier tamaño capturan un electrón se convierten en un portador de carga. La acumulación de esas moléculas ionizadas aumenta el factor de disipación del aceite.



Figura 1. Esquema de Gaseo del Aceite

La capacidad del aceite para resistir la descomposición se determina por medio del test ASTM D 2300 "Standard Test Method for Gassing of Insulating Oils Under Electrical Stress and Ionization" [5]. De acuerdo a la Sección 4.3 de este ensayo de resistencia "Este método de ensayo mide la tendencia de los aislantes líquidos a absorber o emitir gas bajo condiciones de sollicitación eléctrica e ionización basadas en la reacción con el hidrógeno, gas predominante en las descargas parciales". Mientras el gaseo de un aceite aislante nuevo o envejecido no pueda ser medido con exactitud, es prácticamente imposible identificar las variables que podrían haber causado un incremento en la concentración de gases de falla.

Consecuentemente, fue desarrollado el ensayo alternativo ASTM D 6180. Este "Standard Test Method for stability of Insulating Oils of Petroleum Origin Under Electrical Discharges" [6] puede medir la cantidad de gases generados por aceites nuevos, en uso o regenerados sometidos a sollicitación eléctrica. Adicionalmente, se determinan los efectos colaterales de la descomposición de las cadenas de hidrocarburos, por medio de la medición del incremento de la turbidez y el factor de disipación del aceite [7].

2.2 Deterioro Térmico.

El calor producido en funcionamiento por el núcleo magnético y los devanados es otro factor contribuyente al gaseo del aceite. El estado "base" de una molécula es su estado normal y corresponde a la mínima energía. La absorción de energía por una molécula resulta en tres tipos de transiciones: rotacional, vibracional y electrónica.

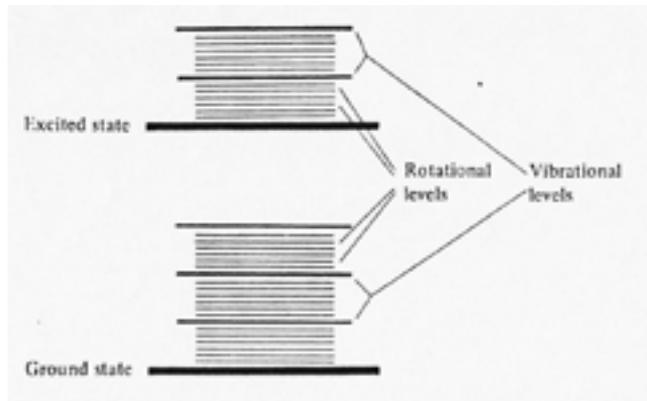


Figura 2. Representación esquemática de la Energía Potencial de una molécula.

Igual que las transiciones electrónicas, las energías de rotación y vibración están cuantizadas. Las energías correspondientes a transiciones electrónicas están entre 40 y 250 kcal/mol, mientras que aquellas correspondientes a las transiciones rotacionales y vibracionales son mucho más pequeñas, 1-10 kcal/mol y 0-1 kcal/mol respectivamente. Se sigue entonces que, para cada nivel electrónico de una molécula, hay varios sub niveles vibracionales, y por cada nivel vibracional hay varios sub-niveles rotacionales [8]. En condiciones de operación normal la temperatura del aceite es usualmente menor de 100 °C. En estas circunstancias principalmente la energía rotacional y vibracional de las cadenas de hidrocarburos es incrementada, mientras que la división de un enlace covalente tiene lugar solamente cuando se alcanza el nivel de excitación electrónica. Sin embargo, ciertas moléculas con enlaces débiles pueden acumular suficiente energía para alcanzar el nivel de excitación electrónico y descomponerse. Este fenómeno se conoce en la literatura técnica como "stray gassing". Recientemente, a los efectos de

determinar esta inestabilidad química ASTM desarrolló la norma D 7150 titulada "Standard Test Method for the Determination of Gassing Characteristics of Insulating Liquids Under Thermal Stress at low Temperature" [9]. Desde que el calor aumenta la movilidad de los radicales libres generados por el gaseo del aceite, favorece entonces las reacciones químicas secundarias aleatorias que preceden la formación de gases detectados por DGA.

2.3 Deterioro Químico.

La propiedad natural del aceite de disolver 10% de aire en volumen, asociada con el efecto catalítico del cobre es también dañina.

Los productos de deterioro oxidativo solubles son adsorbidos en la gran superficie de las fibras de celulosa mientras que las suspensiones coloidales insolubles tapan los poros de la aislación de papel.

Para evitar el deterioro prematuro de la aislación papel-aceite, la mayoría de los transformadores en los U.S. son sellados. Aparentemente, esta es una medida de mantenimiento justificada económicamente a partir del hecho de que el deterioro oxidativo del aceite no se puede monitorear con exactitud.

3. LIMITACIONES DE LAS PRUEBAS DE ESTABILIDAD

La medición de Tensión Interfacial y el Número de Neutralización no es suficientemente exacta. Es por eso que fue desarrollado el nuevo método de ensayo D 6802, titulado "Test Method for Determination of the Relative Content of Dissolved Decay Products in Mineral Insulating Oils by Spectrophotometry" [10]. Permite la determinación paso a paso de productos de deterioro oxidativo generados por el aceite como trazas de impurezas.

Por décadas, se ha creído que los inhibidores de oxidación pueden, de forma exitosa, evitar el deterioro oxidativo del aceite.

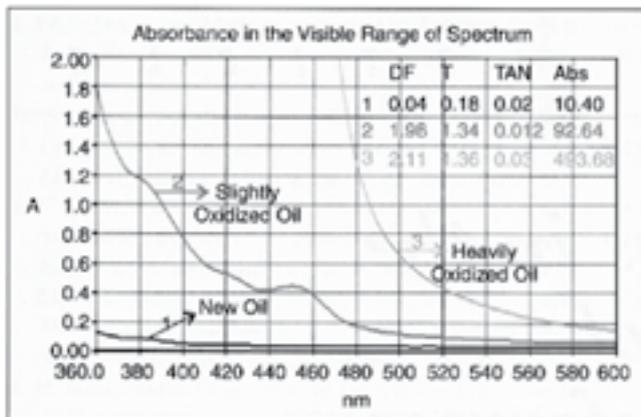


Figura 3. Curvas de absorción de aceite nuevo, ligeramente oxidado y completamente oxidado DF: Factor de Disipación, T: Turbiedad, TAN: Núm Neutralización, ABS: Absorbancia

Esta solución técnica no tiene en cuenta el hecho de que la molécula de Oxígeno es un radical libre ya que le faltan dos electrones. Por lo tanto, bajo el impacto de la sollicitación eléctrica, los inhibidores de oxidación no pueden impedir el deterioro oxidativo de la aislación papel-aceite.

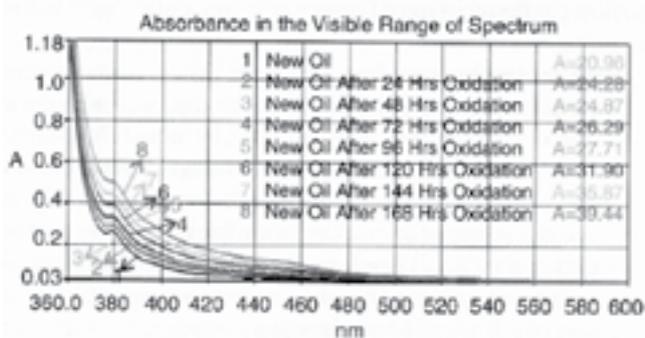


Figura 4. Curvas de absorción de aceite en proceso de oxidación.

Prueba de estabilidad de oxidación ASTM D2440 para aceite nuevo (Prueba por 7 días)

Las ventajas de esta prueba alternativa antes mencionada, representan la primera vez que una técnica de laboratorio puede convincentemente demostrar que los gases generados bajo condiciones de stress parten de radicales libres en la fase líquida. Las reacciones químicas inevitables secundarias entre estas cadenas de hidrocarburos rotas genera suspensiones coloidales que son los precursores de las ceras x y lodos, promotores potenciales de los puntos calientes.

4. DETERMINACIÓN DE EFECTIVIDAD DEL PROCESO DE REGENERACIÓN

El control de pureza de los aceites envejecidos después de un proceso de regeneración es otra aplicación de la determinación de productos de deterioro de aceite. La determinación de la curva de absorción del aceite antes y después de un proceso de regeneración de forma rápida y confiablemente determina la efectividad de esta tecnología. Los resultados obtenidos en este método medio ambientalmente responsable puede evidenciarse después de la 5ta. Pasada.

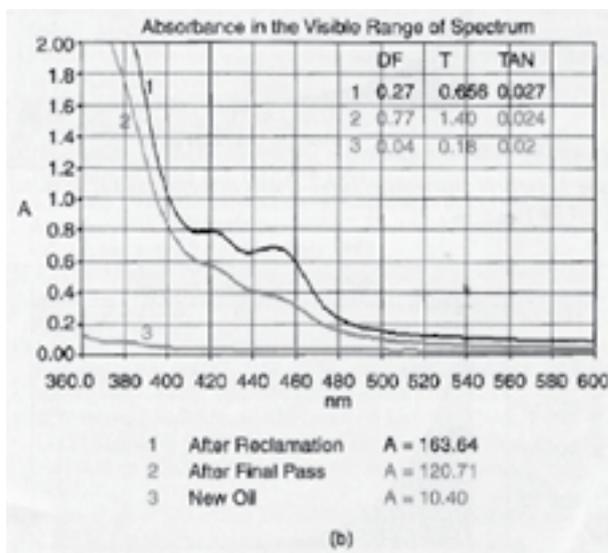
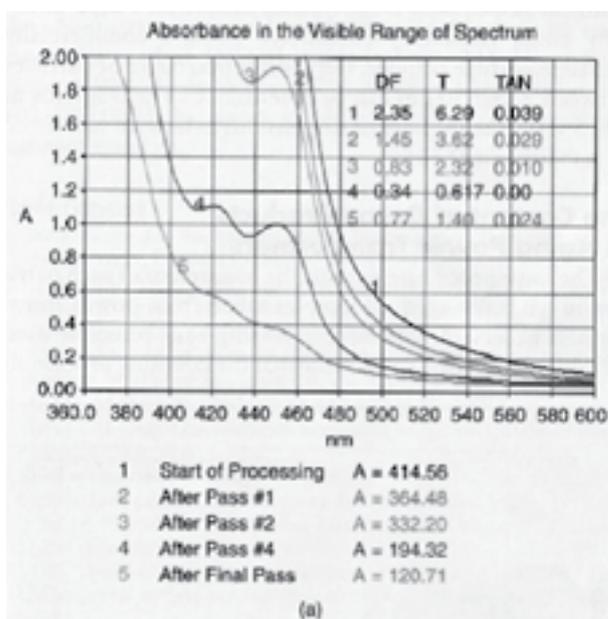


Figura 5. Curvas de absorción de aceite ilustrando efecto de la regeneración (a) Tecnología Fluidex-Enervac, (b) Efecto de la Regeneración del Aceite

6. CONCLUSIÓN

- La incapacidad del aceite de resistir la descomposición bajo el impacto de la sollicitación térmica y eléctrica es la causa primaria del gaseo del aceite.
- El gaseo del aceite (descomposición de las cadenas de hidrocarburos) genera radicales grandes y pequeños. Los gases de falla y los productos coloidales surgen a través de reacciones químicas secundarias.
- Por tanto, el intento de diagnosticar la naturaleza de las fallas eléctricas incipientes por medio del análisis de los gases disueltos (DGA) es un procedimiento empírico.
- El primer paso hacia el mejoramiento de la exactitud de la DGA y para detener el deterioro por oxidación de la aislación papel-aceite, debe ser la remoción del oxígeno disuelto.
- Para evaluar la capacidad del aceite para resistir la descomposición bajo el impacto del stress eléctrico, su tendencia a la gasificación debe ser determinada en condiciones de laboratorio según el ensayo ASTM D 6180.
- Los resultados obtenidos con la aplicación de la norma ASTM D6802 son fiables, sencillos y congruentes para la identificación de fallas incipientes en transformadores y reactores de potencia.
- Actualmente se ha logrado reunir la experiencia necesaria para la correcta aplicación de ésta técnica, que sin lugar a dudas constituye una herramienta muy útil para el diagnóstico temprano del estado de transformadores de potencia, se estima a grueso modo que permite adelantarse 10 años en la curva normal de envejecimiento de la máquina de potencia.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] IEEE Guide for the Interpretation of Gases Generated in Oil-Immersed Transformers. IEEE Std C37.104-1991.
- [2] "Guía para la interpretación de los análisis de gases disueltos u libres en equipos eléctricos impregnados en aceite en servicio" IEC 60599- 2003.
- [3] Forster, E.O. "Electrical breakdown in dielectric fluids", ASTM Monograph 2, Engineering Dielectrics, vol. III, chapter 3, January 1994.
- [4] D. Armanini, O. Bosotti, A. Centenari, A. Ghirelli, A. Romani, and F. Vallini, et al, "Aging and deterioration of HV current transformer insulation by very fast transient over voltages," L'Energia Electrica, No. 5, pp 251-256, 1989.
- [5] ASTM Designation D 2300, Standard Test Method for Gassing of Insulating Oils Under Electrical Stress and Ionization (Modified Pirelli Test), Vol. 10.03.
- [6] ASTM Method D 6180, Standard Test Method for Stability of Insulating Oils of Petroleum Origin Under Electrical Discharge, Vol. 10.03.
- [7] Sabau, J. and Stockhuyzen, R. "The Side Effects of Gassing in Transmission Power Transformers" Proceedings of the 2000 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, Victoria, BC, Canada, October 15-18, 2000. Vol. 1, pp 264-267.
- [8] Mousseron-Canet, M. and Mani, J.C. "Photochemistry and Molecular Reactions", Dunod, Paris, 1969.
- [9] ASTM Designation D7150, Standard Test Method for the Determination of Gassing Characteristics of Insulating Liquids Under Thermal Stress at Low Temperature, Vol. 10.03.
- [10] ASTM Designation D 6802, Test Method for Determination of the Relative Content of Dissolved Decay Products in Mineral Insulating Oils by Spectrophotometry, Vol. 10.03.
- [11] Mantenimiento basado en la confiabilidad en Transformadores de Potencia de Alta Tensión. John Sabau (Insoil Canadá Ltd) – Eduardo Brioso (CTM Salto Grande).

BIOGRAFIA

Marcelo Hinojosa Torrico



Formación académica:

- Ingeniero Eléctrico – Sistemas de Potencia (UMSS)
- Maestría en Gerencia Técnica Empresarial (UMSS)
- Especialidad en Ingeniería de Mantenimiento (UMSS – CEIM Cuba)
- Diplomado en Técnicas de Generación, Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica (UPB)

- o Ámbito de trabajo en Generación, Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica.
- o Áreas de Mantenimiento, Operación, Comercial, Regulatoria, Diseño y Consultoría.
- o Amplia experiencia de trabajo en Bolivia, Perú y España.
- o Amplia experiencia docente de Pre y Post Grado.
- o Certificación Nivel I Termografía - "Asociación Internacional de Termógrafos".
- o Intensa participación en eventos de formación y actualización – CIGRE, IEEE y ASBOMAN.
- o Actual Responsable Unidad de Mantenimiento de Subestaciones parte de la Gerencia de Mantenimiento de T.D.E. S.A.
- o Encargado Laboratorio de Aceites T.D.E. S.A.



ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN DE LA CALIDAD TOTAL EN EL MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

MSc. Ing. Miguel Angel Pinedo

1. INTRODUCCIÓN



La Ingeniería Eléctrica es el Arte de aplicar los conocimientos científicos de la Electricidad a la invención, perfeccionamiento, utilización y mantenimiento de la técnica industrial en todas sus dimensiones, y se ha constituido en uno de los pilares fundamentales, sino el más importante, del desarrollo humano, pues, es evidente que la gran mayoría de los procesos actuales se relaciona en algún momento con ésta especialidad.

Ahora bien, el conocimiento técnico de los Ingenieros Eléctricos debe complementarse y renovarse constantemente con los conceptos dados por la Administración y la Economía para poder lograr los mejores niveles de competitividad personal y empresarial, traduciéndose en utilidades, reputación, permanencia en el mercado, etc.

La función preponderante después de que todo proyecto eléctrico, desde el más sencillo hasta el de mayor elaboración, ha pasado desde la etapa de idea, planificación, diseño, ejecución y operación es la del Mantenimiento que correctamente realizado pueda lograr que los equipos, sistemas y plantas puedan operar funcionalmente durante el tiempo esperado

de vida útil, y mejor aún, prolongarlo de forma eficaz, eficiente y efectiva.

La Asociación Boliviana de Mantenimiento - ASBOMAN, es una asociación especialista y multidisciplinaria en el área de Mantenimiento dentro de la Sociedad de Ingenieros de Bolivia (SIB Nacional) siendo su visión la de ser la organización líder de los profesionales de mantenimiento en Bolivia, para una actualización permanente en técnicas y gestión de Mantenimiento Moderno, con tecnologías apropiadas y recursos humanos con apropiadas competencias a fin de contribuir al mejoramiento continuo de las empresas nacionales, garantizando la confiabilidad, disponibilidad y productividad de las mismas en un mercado exigente y globalizado.

La Asociación Boliviana de Mantenimiento - ASBOMAN, busca que el recurso humano vinculado a ésta actividad del Mantenimiento pueda lograr las mayores calificaciones a través de la adquisición de conocimientos apropiados y, en especial, de la aplicación metódica en su área de realización, para no solamente lograr realizar un trabajo con Calidad sino uno de Calidad Total. Ahora bien, mencionados estos conceptos se presentará a continuación el inicio, la evolución y el estado del arte para que los profesionales relacionados con el mantenimiento eléctrico, y los de instalaciones, puedan dominarlos, y mejor aún, hacerlos propios en todas sus actividades.

“La Calidad pasó de ser tan sólo un desafío retórico, a ser un pre-requisito para la competitividad”.

2. ANTECEDENTES

Desde los tiempos más remotos de la humanidad, las actividades del hombre han estado relacionadas con la calidad, desde la construcción de armas y herramientas rudimentarias se comparaban estos en procura de lograr mejoras. Según registros antiguos, se verificaba la calidad en épocas anteriores a Cristo. En el año 2150 A.C.,

la calidad en la construcción de casas estaba regida por el Código de Hammurabi, cuya regla # 229 establecía que “si un constructor construye una casa y no lo hace con buena resistencia y la casa se derrumba y mata a los ocupantes, el constructor debe ser ejecutado”; para nuestro caso podría implicar “si un Ingeniero Eléctrico realiza/mantiene instalaciones eléctricas y éstas fallan causando pérdidas o matando personas, debiera ser electrocutado”. Los fenicios también utilizaban un programa de acción correctiva para asegurar la calidad, con el objeto de eliminar la repetición de errores. Los inspectores simplemente cortaban la mano de la persona responsable de la calidad insatisfactoria. En los vestigios de las antiguas culturas también se hace presente la calidad, ejemplo de ello son las pirámides Egipcias, los frisos de los templos griegos, etc.

Durante la edad media surgen mercados con base en el prestigio de la calidad de los productos, por lo que se hizo popular la costumbre de usar marcas con el ánimo de una buena reputación: sedas de Damasco, porcelana China, etc.. En la era industrial el taller cedió su lugar a la fábrica de producción masiva. La era de la revolución industrial, trajo consigo el sistema de fábricas para el trabajo en serie y la especialización del trabajo. Como consecuencia del alta demanda aparejada con el espíritu de mejorar la calidad de los procesos, la función de inspección llega a formar parte vital del proceso productivo y es realizada por el mismo operario (el objeto de la inspección simplemente señalaba los productos que no se ajustaban a los estándares deseados.)

A fines del siglo XIX y durante las tres primeras décadas del siglo XX el objetivo es producción. Con las aportaciones de Taylor, la función de inspección se separa de la producción; los productos se caracterizan por sus partes o componentes intercambiables, el mercado se vuelve más exigente y todo converge a producir. El cambio en el proceso de producción trajo consigo cambios en la organización de la empresa. Como ya no era el caso de un operario que se dedicara a la elaboración de un artículo, fue necesario introducir en las fábricas

procedimientos específicos para atender la calidad de los productos fabricados en forma masiva. Durante la primera guerra mundial, los sistemas de fabricación fueron más complicados, implicando el control de gran número de trabajadores por uno de los capataces de producción; como resultado, aparecieron los primeros inspectores de tiempo completo la cual se denominó como control de calidad por inspección.

Las necesidades de la enorme producción en masa requeridas por la segunda guerra mundial originaron el control estadístico de calidad, esta fue una fase de extensión de la inspección y el logro de una mayor eficiencia en las organizaciones de inspección. A los inspectores se les dio herramientas con implementos estadísticos, tales como muestreo y gráficas de control. Esto fue la contribución más significativa, sin embargo este trabajo permaneció restringido a las áreas de producción y su crecimiento fue relativamente lento. Las recomendaciones resultantes de las técnicas estadísticas, con frecuencia no podían ser manejadas en las estructuras de toma de decisiones y no abarcaban problemas de calidad verdaderamente grandes como se les prestaban a la gerencia del negocio.



Esta necesidad llevó al control total de la calidad. Solo cuando las empresas empezaron a establecer una estructura operativa y de toma de decisiones para la calidad del producto que fuera lo suficiente eficaz como para tomar acciones

adecuadas en los descubrimientos del control de calidad, pudieron obtener resultados tangibles como mejor calidad y menores costos. Este marco de calidad total hizo posible revisar las decisiones regularmente, en lugar de ocasionalmente, analizar resultados durante el proceso y tomar la acción de control en la fuente de manufactura o de abastecimientos, y, finalmente, detener la producción cuando fuera necesario. Además, proporcionó la estructura en la que las primeras herramientas del control (estadísticas de calidad) pudieron ser reunidas con las otras muchas técnicas adicionales como medición, confiabilidad, equipo de información de la calidad, motivación para la calidad, y otras numerosas técnicas relacionadas ahora con el campo del control moderno de calidad y con el marco general funcional de calidad de un negocio.

3. EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO DE CALIDAD

El término de calidad ha cambiado durante la historia:

Etapa	Concepto	Finalidad
Artesanal	Hacer las cosas bien independientemente del costo o esfuerzo necesario para ello.	<ul style="list-style-type: none"> • Satisfacer al cliente. • Satisfacer al artesano, por el trabajo bien hecho • Crear un producto único.
Revolución Industrial	Hacer muchas cosas no importando que sean de calidad (Se identifica Producción con Calidad).	<ul style="list-style-type: none"> • Satisfacer una gran demanda de bienes. • Obtener beneficios.
Segunda Guerra Mundial	Asegurar la eficacia del armamento sin importar el costo, con la mayor y más rápida producción (Eficacia + Plazo = Calidad)	<ul style="list-style-type: none"> • Garantizar la disponibilidad de un armamento eficaz en la cantidad y el momento preciso.
Posguerra (Japón)	Hacer las cosas bien a la primera	<ul style="list-style-type: none"> • Minimizar costos mediante la Calidad • Satisfacer al cliente • Ser competitivo
Postguerra (Resto del mundo)	Producir, cuanto más mejor	<ul style="list-style-type: none"> • Satisfacer la gran demanda de bienes causada por la guerra
Control de Calidad	Técnicas de inspección en Producción para evitar la salida de bienes defectuosos.	<ul style="list-style-type: none"> • Satisfacer las necesidades técnicas del producto.
Aseguramiento de la Calidad	Sistemas y Procedimientos de la organización para evitar que se produzcan bienes defectuosos.	<ul style="list-style-type: none"> • Satisfacer al cliente. • Prevenir errores. • Reducir costos. • Ser competitivo.
Calidad Total	Teoría de la administración empresarial centrada en la permanente satisfacción de las expectativas del cliente.	<ul style="list-style-type: none"> • Satisfacer tanto al cliente externo como interno. • Ser altamente competitivo. • Mejora Continua

Esta evolución ayuda a comprender de dónde proviene la necesidad de ofrecer una mayor calidad del producto o servicio que se proporciona al cliente y, en definitiva, a la sociedad, y cómo poco a poco se ha ido involucrando toda la organización en la consecución de este fin. La calidad no se ha convertido únicamente en uno de los requisitos esenciales del producto sino que en la actualidad es

un factor estratégico clave del que dependen la mayor parte de las organizaciones, no sólo para mantener su posición en el mercado sino incluso para asegurar su supervivencia.

4. DEFINICIÓN DE LA CALIDAD

La calidad es un concepto que ha ido variando con los años y que existe una gran variedad de formas de concebirla en las empresas, a continuación se detallan algunas de las definiciones que comúnmente son utilizadas en la actualidad.

La calidad es:

- Satisfacer plenamente las necesidades del cliente.
- Cumplir las expectativas del cliente y algunas más.
- Despertar nuevas necesidades del cliente.
- Lograr productos y servicios con cero defectos.
- Hacer bien las cosas desde la primera vez.
- Diseñar, producir y entregar un producto de satisfacción total.
- Producir un artículo o un servicio de acuerdo a las normas establecidas.
- Dar respuesta inmediata a las solicitudes de los clientes.
- Sonreír a pesar de las adversidades.
- Una categoría tendiente siempre a la excelencia.
- Calidad no es un problema, es una solución.

El concepto de Calidad según:

Edwards Deming: "la calidad no es otra cosa más que "Una serie de cuestionamientos hacia una mejora continua".

Dr. J. Juran: la calidad es "La adecuación para el uso satisfaciendo las necesidades del cliente".

Kaoru Ishikawa define a la calidad como: "Desarrollar, diseñar, manufacturar y mantener un producto de calidad que sea el más económico, el útil y siempre satisfactorio para el consumidor".

Rafael Picolo, Director General de Hewlett Packard: define "La calidad, no como un concepto aislado, ni que se logra de un día para otro, descansa en fuertes valores que se presentan en el medio ambiente, así como en otros que se adquieren con esfuerzos y disciplina".

Con lo anterior se puede concluir que la calidad se define como "Un proceso de mejoramiento continuo, en donde todas las áreas de la empresa participan activamente en el desarrollo de productos y servicios, que satisfagan las necesidades del cliente, logrando con ello mayor productividad".

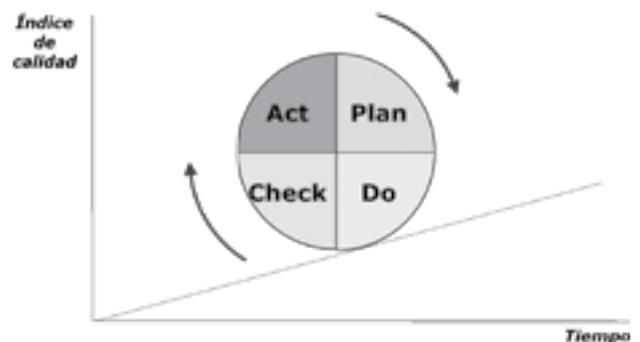
5. PRECURSORES DE LA CALIDAD

Dr. Edward Deming (1900-1993)

Es inevitable poder empezar a hablar de la calidad sin referirnos al padre de la misma y a sus seguidores. El Dr. Deming aprendió desde muy pequeño que las cosas que se hacen bien desde el principio acaban bien.



"We need to put our faith in consumer opinion."





En 1950, lo que Japón quería, lo tenía Estados Unidos; simultáneamente, ¿Qué tenía los Estados Unidos pero no quería? La respuesta, W. Edward Deming, un estadista, profesor y fundador de la Calidad Total. Ignorado por las corporaciones americanas, Deming fue a Japón en 1950 a la edad de 49 y enseñó a los administradores, ingenieros y científicos Japoneses como producir calidad. Treinta años después, luego de ver un documental en televisión en la cadena NBC, titulado, "Si Japón puede, porque nosotros no" corporaciones como Ford, General Motors y Dow Chemical, por nombrar algunas se dieron cuenta y buscaron la asesoría de Deming. La vida de Deming se tornó un torbellino de consultas y conferencias.

Ampliamente solicitado luego que Deming compartió sus ahora famosos "14 puntos" y "7 pecados mortales" con algunas de las corporaciones más grandes de América. Sus estándares de calidad se convirtieron en sitios comunes en los libros de administración, y el premio Deming, otorgado por primera vez en Japón pero ahora reconocido internacionalmente, es ahora buscado por algunas de las corporaciones más grandes del mundo

Después de la guerra, la Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros buscó a Deming. En julio de 1950, Deming se reunió con la Unión quien lo presentó con los administradores principales de

las compañías japonesas. Durante los próximos treinta años, Deming dedicaría su tiempo y esfuerzo a la enseñanza de los Japoneses y "transformo su reputación en la producción de un motivo de risa a un motivo de admiración y elogio". Deming fue invitado a Japón cuando su industria y economía se encontraba en crisis. Ellos escucharon. Ellos cambiaron su forma de pensar, su estilo de administrar, su trato a los empleados y tomaron su tiempo. Al seguir la filosofía de Deming, los japoneses giraron su economía y productividad por completo para convertirse en los líderes del mercado mundial. Tan impresionados por este cambio, el Emperador Horohito condecoró a Deming con la Medalla del Tesoro Sagrado de Japón en su Segundo Grado. La mención decía "El pueblo de Japón atribuyen el renacimiento de la industria Japonesa y su éxito mundial a Ed Deming".



No fue sino hasta la transmisión de un documental por NBC en Junio de 1980 detallando el éxito industrial de Japón que las corporaciones Americanas prestaron atención. Enfrentados a una producción decadente y costos incrementados, los Presidentes de las

corporaciones comenzaron a consultar con Deming acerca de negocios. Encontraron que las soluciones rápidas y fáciles típicas de las corporaciones Americanas no funcionaban. Los principios de Deming establecían que mediante el uso de mediciones estadísticas, una compañía podría ser capaz de graficar como un sistema en particular estaba funcionando para luego desarrollar maneras para mejorar dicho sistema. A través de un proceso de transformación en avance, y siguiendo los Catorce Puntos y Siete Pecados Mortales, las compañías estarían en posición de mantenerse a la par con los constantes cambios del entorno económico. Obviamente, esto era mucho más largo, incluía mas procesos de los que estaban acostumbrados las corporaciones Americanas; de aquí, la resistencia a las ideas de Deming.

Deming se hizo disponible a la América corporativa en términos de consulta y a individuales a través de sus escritos y tours de seminarios por los próximos trece años de su vida. Aunque murió en 1993, su trabajo aun vive. Slogans de misión, tales como el de Ford "Calidad es el primer trabajo", son reconocidos en la industria; cursos empresariales son dictados usando sus principios como partes integrales del curriculum; y la abreviación TQM (Total Quality Management) es ampliamente conocido y comúnmente utilizado a través de la América corporativa.

Kaoru Ishikawa

El gurú de la calidad Kaoru Ishikawa, nació en la ciudad de Tokio, Japón en el año de 1915, es graduado de la Universidad de Tokio. Ishikawa es hoy conocido como uno de los más famosos gurús de la calidad mundial. La teoría de Ishikawa era manufacturar a bajo costo. Dentro de su filosofía de calidad él dice que la calidad debe ser una revolución de la gerencia. El control de calidad es desarrollar, diseñar, manufacturar y mantener un producto de calidad. Algunos efectos dentro de empresas que se logran implementando el control de calidad son la reducción de precios, bajan los costos, se establece y mejora la técnica, entre otros.

Kaoru Ishikawa también da a conocer al mundo sus siete herramientas básicas que son: gráfica de Pareto, diagrama de causa-efecto, estratificación, hoja de verificación, histograma, diagrama de dispersión, y gráfica de control de Schewhart. Algunos de sus libros más conocidos son: "Que es el CTC", "Guía de control de calidad", "Herramientas de Control de Calidad". Desarrollo de la calidad

Kaoru Ishikawa dice que practicar el control de calidad (CTC) es desarrollar, diseñar, manufacturar y mantener un producto de calidad que sea el más económico, el más útil y siempre satisfactorio para el consumidor.

Ishikawa fue profesor en la Universidad de Tokio y fundador de la Union of Japanese Scientists and Engineers (UJSE), esta se ocupaba de promover la calidad dentro de Japón durante la época de la post-guerra. Es posible que la contribución más importante de Ishikawa haya sido su rol en el desarrollo de una estrategia de calidad japonesa. Para los japoneses la calidad es parte de sus propias vidas, no solo la aplican de arriba a abajo en una empresa, sino que también al producto, dentro del proceso de producción, tanto bajo el uso del cliente. Uno de los logros más importantes de la vida de Kaoru Ishikawa fue contribuir al éxito de los círculos de calidad.

El diagrama de causa - efecto, frecuentemente llamado el diagrama de Ishikawa, posiblemente es el diagrama que lo hizo mayormente conocido. Este diagrama ha demostrado ser una herramienta muy poderosa que puede ser fácilmente utilizada para analizar y resolver problemas, es tan simple que cualquier persona lo puede aplicar. A pesar que los círculos de calidad se desarrollaron primero en Japón, se expandieron a más de 50 países, una expansión que Ishikawa jamás se hubiera imaginado.

Originalmente, Ishikawa creía que los círculos dependían de factores únicos que se encontraban en la sociedad japonesa. Pero después de ver círculos creándose en Taiwán y Corea del Sur, él teorizó que los círculos de calidad pueden desarrollarse en cualquier país del mundo.

En *How to Operate QC Circle Activities*, Ishikawa llama a los altos directivos y a los obreros como la asociación de papas-maestros en los círculos de calidad. A pesar de que los círculos de calidad fueron ideas tempranas de los japoneses en adaptarse en el occidente. Ishikawa siempre estuvo alerta de la importancia de la alta dirección. Apoyo de los empresarios más altos es una clave elemental para las estrategias de calidad dentro del Japón (CWQC). El CWQC que en inglés es *company-wide quality control* es muy bien descrita en el libro *"What is Total Quality Control? The Japanese Way"*. El trabajo de Ishikawa con los altos directivos y el CWQC curó décadas. A finales de los años 50 y principios de los 60 el desarrollo cursos de control de calidad para ejecutivos y altos empresarios. El también ayudo a elaborar una conferencia muy famosa que se llama: *Annual Quality Control Conference for Top Management* en 1963. Como miembro del comité para el premio Deming, Ishikawa desarrollo una auditoria rigurosa que determina cuales compañías son candidatas para el premio Deming. Dicha auditoria requiere la participación de los altos ejecutivos de la empresa. De acuerdo a Ishikawa el saber de la gente que la empresa es activa y se mueve hacia la mejora es el mejor premio que el ganador puede recibir.

La Segunda Guerra Mundial actuó como catalizador para el empleo de esos cuadros de control en las más variadas industrias, sobre todo en las productoras de material bélico. Se publicaron los Estándares de Calidad Z-1 estadounidenses, que los ingleses nacionalizaron como *British Estándares 1008* y sumaron a los *BS 600* de 1935, producto del trabajo estadístico de E.S. Pearson. Resultaron tan efectivos que, en algunos casos, fueron clasificados como secreto militar hasta la rendición de Alemania. Por entonces, Japón estaba aplicando en sus empresas el método Taylor, o el *Management por especialistas*, como lo describiera Kaoru Ishikawa, padre del control de calidad total en su país. El profesor Kaoru Ishikawa, uno de los padres de la *Calidad Total en Japón*, señalaba: "El Control Total de Calidad empieza con educación y termina con educación. Para promoverlo con la participación de todos, hay que dar educación



en Control de Calidad a todo el personal, desde el presidente hasta los operarios. El Control de Calidad es una revolución conceptual en la administración; por tanto hay que cambiar los procesos de raciocinio de todos los empleados. Para lograrlo es preciso repetir la educación una y otra vez."

William Ouchi

William Ouchi es autor de la teoría Z: Cómo pueden las empresas hacer frente al desafío japonés. Ouchi analiza la utilidad de aplicar el enfoque directivo japonés en el ámbito norteamericano. Motivado por conocer las causas de la productividad japonesa, inicio el estudio de empresas norteamericanas y japonesas. Su objetivo básico era encontrar los principios de aplicación universal en las unidades empresariales que fuesen independientes de los principios propios de la cultura que ayudasen a determinar que podía aprenderse de las técnicas administrativas japonesas. Según el autor, "la productividad se logra al implicar a los trabajadores en el proceso" lo cual es considerado la base de su teoría.

La teoría Z proporciona medios para dirigir a las personas de tal forma que trabajen más eficazmente en equipo. Las lecciones básicas de esta teoría que pueden aprovecharse para el

desarrollo armónico de las organizaciones son:

- Confianza en la gente y de ésta para la organización
- Atención puesta en las sutilezas de las relaciones humanas
- Relaciones sociales más estrechas

La conclusión principal de Ouchi es que la elevada productividad se da como consecuencia del estilo directivo y no de la cultura, por lo que él considera que sí es posible asimilar como aportaciones japonesas sus técnicas de dirección empresarial y lograr así éxito en la gestión de las organizaciones. Sin embargo, reconoce que los elementos culturales influyen en el establecimiento de una filosofía corporativa congruente con los principios de su teoría.

Philip Crosby

Norteamericano, creador del concepto "cero defectos"(CD) es uno de los grandes en el tema de la administración de la calidad y uno de los más famosos consultores de empresas. Fue director de calidad en la International Telephone and Telegraph (ITT), donde desarrollo y aplico las bases de su método.

Él desarrolló un concepto denominado los "Absolutos de la calidad total, cuyos principios son:

- 1º La calidad se define como cumplimiento de requisitos
- 2º El sistema de calidad es la prevención
- 3º El estándar de realización es cero defectos
- 4º La medida de la calidad es el precio del incumplimiento

En lo que respecta a la dirección, "estableció" un modelo que él llama de "administración preventiva" y Definición Sistema Estándar Medida Todo trabajo es un proceso

Otra parte interesante de su filosofía es la que dice que hay tres mitos sobre la calidad y que se describen así:

Primero: " La calidad es intangible; calidad es bondad". Por ello, se habla de "alta calidad", "calidad de exportación", producto bueno o

malo, servicio excelente o pésimo. Para cambiar nuestra actitud hacia la calidad debemos definirla como algo tangible y no como un valor filosófico y abstracto.

Segundo: "La calidad es costosa". A través de este mito creemos que reducimos costos al tolerar defectos, es decir, al aceptar productos y servicios que no cumplen con sus normas. La falacia estriba en que la calidad es gratis: no cuesta ensamblar bien un auto que hacerlo mal; no cuesta más surtir bien un pedido que despacharlo equivocado, no cuesta mas programar bien que mal. Lo que cuesta es inspeccionar lo ya hecho para descubrir los errores y corregirlos; lo que cuesta son las horas de computadora y el papel desperdiciado; lo que cuesta son las devoluciones de los clientes inconformes; lo que cuesta es rehacer las cartas mal mecanografiadas, etcétera. Lo costoso, en fin, son los errores y los defectos, no la calidad; por lo tanto, nunca será más económico tolerar errores que "hacerlo bien desde la primera vez", y no habrá un "punto de equilibrio" entre beneficios y costo de calidad.

Tercero: "Los defectos y errores son inevitables". Nos hemos acostumbrado a esta falsedad: aceptamos los baches en las calles, los productos defectuosos, los accidentes, etcétera. Cada día nos volvemos más tolerantes hacia nuestro trabajo deficiente; es decir, cada día somos más apáticos y mediocres.

Dr. Joseph M. Juran.

Nació el 24 de diciembre de 1904 en la ciudad de Braila, entonces y ahora parte de Rumania. Observador astuto, oyente, atento, brillante, sintetizador, pronosticador, persistente, Juran ha sido llamado el padre de la calidad ó "gurú" de la calidad y el hombre quien "enseño calidad a los japoneses". Quizás lo más importante, es que es reconocido como la persona quien agrego la dimensión humana para la amplia calidad y de ahí proviene los orígenes estadísticos de la calidad total. Su plan fue hacerlo todo: filosofía, escritura, lectura y consulta.

Hoy Juran enfoca su atención en una nueva misión: repara la deuda que siente que le debe

al país que le brinda la gran oportunidad y el éxito excepcional. Calidad según Juran tiene múltiples significados. Dos de esos significados son críticos, no solo para planificar la calidad sino también para planificar la estrategia empresarial.

Calidad: Se refiere a la ausencia de deficiencias que adopta la forma de: Retraso en las entregas, fallos durante los servicios, facturas incorrectas, cancelación de contratos de ventas, etc. Calidad es "adecuación al uso".

La Misión de Juran y la Planificación para la Calidad es la de crear la conciencia de la crisis de la calidad, el papel de la planificación de la calidad en esa crisis y la necesidad de revisar el enfoque de la planificación de la calidad. Establecer un nuevo enfoque de la planificación de la calidad. Suministrar formación sobre como planificar la calidad, utilizando el nuevo enfoque. Asistir al personal de la empresa para replanificar aquellos procesos insistentes que poseen deficiencias de calidad inaceptables (caminar por toda la empresa). Asistir al personal de la empresa para dominar el proceso de planificación de la calidad, dominio derivado de la replanificación de los procesos existentes y de la formación correspondiente. Asistir al personal de la empresa para utilizar el dominio resultante en la planificación de la calidad de forma que se evite la creación de problemas crónicos nuevos.

La planificación de la calidad en uno de los tres procesos básicos de gestión por medio de los cuales gestionamos la calidad. Los tres procesos (la trilogía de Juran) están interrelacionados. Todo comienza con la planificación de la calidad. El objeto de planificar la calidad es suministrar a las fuerzas operativas los medios para producir productos que puedan satisfacer las necesidades de los clientes, productos tales como facturas, películas de polietileno, contrato de ventas, llamadas de asistencia técnica y diseños nuevos para los bienes. Una vez que se ha completado la planificación, el plan se pasa a las fuerzas operativas. Su trabajo es producir el producto. Al ir al proceso, vemos que el proceso es deficiente: se pierde el 20% del esfuerzo operativo, porque el trabajo se debe rehacer debido a las

deficiencias de la calidad. Esta pérdida se hace crónica porque el proceso se planifico así. Bajo patrones convencionales de responsabilidad, las fuerzas operativas son incapaces de eliminar esa pérdida crónica planificada. En vez de ello, lo que hacen es realizar el control de calidad para evitar que las cosas empeoren. Si echamos una mirada alrededor, pronto vemos que esos tres procesos (planificación, control, y mejora) han estado presentes durante algún tiempo.

Planeación de la calidad. Es aquel proceso en el que se hacen las preparaciones para cumplir con las metas de calidad y cuyo resultado final es un proceso capaz de lograr las metas de calidad bajo las condiciones de operación.

Control de la calidad. Es el que permite comparar las metas de calidad con la realización de las operaciones y su resultado final es conducir las operaciones de acuerdo con el plan de calidad.

Mejora de la calidad. Es el que rompe con los niveles anteriores de rendimiento y desempeño y su resultado final conduce las operaciones a niveles de calidad marcadamente mejores de aquellos que se han planteado para las operaciones.

6. ADMINISTRACIÓN DE LA CALIDAD

La administración de la calidad es la función organizacional cuyo objetivo es la prevención de defectos.

La responsabilidad de la administración de la calidad según Fergentraun (1983) son las siguientes:

1. Acumular, analizar y elaborar informes de los costos de la calidad.
2. Establecer metas y programas de reducción de los costos de la calidad.
3. Implantar sistemas para medir el verdadero nivel de la calidad del producto resultante.
4. Establecer metas y programas para el mejoramiento de la calidad del producto.
5. Establecer metas y programas para el mejoramiento de la calidad del producto, por línea de producto.

6. Establecer objetivos y programas para el componente organizacional del control de calidad y publicar manuales para uso del personal correspondiente.
7. Clasificar las actividades del control de calidad de acuerdo con el tipo de trabajo.
8. Organizar el trabajo de control de calidad y contratar personal idóneo para dicha organización.
9. Difundir los procedimientos para hacer que opere el control de calidad.
10. Lograr la aceptación, por parte de los empleados, del trabajo de control de calidad que se le asigne.
11. Integrar a todos los empleados en el componente organizacional del control de calidad y realizar mediciones de la efectividad par determinar la contribución de la función del control de calidad a la rentabilidad y progreso de la compañía.

El objetivo de la gerencia de la calidad es fabricar un producto cuya calidad se diseña, produce y mantiene al menor costo posible.

INGENIERÍA DE LA CALIDAD

Es una rama de la ingeniería que interviene en las actividades de cada departamento de la empresa cuya actividad más importante es la implementación de programas de control de calidad. La ingeniería de la calidad también ayuda en la evaluación mediante el establecimiento de métodos.

Hay tres técnicas principales que se emplean en ingeniería de Calidad:

Elaboración de políticas de Calidad: señala los límites dentro del cual se tomarán todas las acciones relativas que se necesitan para alcanzar los objetivos de la calidad. Esta política es la pauta que guía y gobierna todas las decisiones administrativas en las áreas de calidad del producto, incluidas la confiabilidad, la seguridad, la inspección, etc.

El análisis de la calidad del producto: consiste en descomponer la situación problemática de

la calidad y luego sintetizar los segmentos en un todo.

La planeación de las operaciones de calidad: comprende la aplicación de técnicas tendentes a inculcar la importancia de seguir un curso de acción propuesto y los métodos para lograr el resultado deseado. El propósito principal de la planeación es entregar al cliente un producto de calidad satisfactoria a un costo mínimo de calidad.

Entre las actividades que conforman una parte importante del trabajo de un ingeniero de la calidad tenemos:

1. Capacitación
2. Normas de calidad
3. Instalaciones para medición análisis
4. Métodos y procedimientos
5. Material disconforme
6. Revisión del programa de la calidad

ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA DE LA CALIDAD

La empresa moderna es un sistema complejo en el que se toman decisiones se comunican y se instrumentan. Los componentes de la producción, incluida la calidad, dependen de la manera como se toman las decisiones de la estructura de la red de comunicaciones y del sistema de instrumentación. Las personas de todos los niveles de la organización, desde el director ejecutivo hasta el obrero de la línea de producción tienen por consiguiente alguna influencia en la calidad final.

La calidad es trabajo de todos, pero la calidad debe ser dirigida por la administración. Deming propuso 14 puntos para ayudar a la gerencia a mejorar la calidad:

1. Mejorar el producto o servicio y planear para el futuro
2. Adoptar una nueva actitud
3. Eliminar la dependencia de la inspección en masa
4. Mejorar la calidad de los materiales que se

- reciben
5. Encontrar los problemas
 6. Instituir métodos modernos de capacitación
 7. Instituir métodos modernos de supervisión
 8. Desterrar el miedo
 9. Derribar las barreras
 10. Eliminar las metas numéricas. Desechar los carteles y lemas dirigidos a la fuerza de trabajo donde se le exhorta a aumentar su productividad sin proporcionar los métodos.
 11. Eliminar las normas de trabajo que prescriben cuotas numéricas
 12. Eliminar los obstáculos al orgullo
 13. Instituir un programa vigoroso de capacitación y reinstrucción
 14. Crear una estructura apropiada

EVOLUCIONES DEL PRODUCTO

Una evolución, en el caso de la calidad se define como el conjunto de funciones de inspección y verificación mediante las cuales se determinan el valor o calidad de un producto.

El departamento de calidad es el responsable de las funciones de evaluación relativas a la aceptación de los productos de la compañía. Un programa de evaluación debe incluir planes para los puntos de inspección, implantación, métodos, instrucciones, requisitos, procedimientos y registros.

El ingeniero de la calidad debe establecer también un sistema de revisión para determinar periódicamente que tan bien se siguen las instrucciones y que tan efectivo es el programa para alcanzar sus metas.

Una vez que comienza el ciclo deben elaborarse planes de seguimientos que incluyan la revisión de instrucciones, la modificación de equipo cuando se necesite y la evaluación periódica para fortalecer los puntos débiles.

Una de las principales tareas de la gerencia es la de optimizar la utilización de los recursos de que dispone para lograr los objetivos de la organización, labor que comienza con el proceso de toma de decisiones, las cuales caen

en tres categorías: estratégicas, administrativas y operativas.

Las decisiones estratégicas, esto es, las pertinentes a la dirección de la empresa en el largo plazo, tienen que ver principalmente con aspectos relativos a la selección de la mezcla de productos y servicios, sus respectivos mercados y la forma de atenderlos.

Las preguntas claves son: cuáles son los objetivos y metas de la compañía y cuál la estrategia para lograrlos? Debería la empresa buscar la diversificación? En qué áreas? Qué tan vigorosamente? Cómo debería desarrollar y explotar la actual posición del producto en el mercado?.

Decisiones "estratégicas" no quiere necesariamente decir "importantes". Hay decisiones de operación más importantes que algunas estratégicas.

Las decisiones administrativas tienen que ver con estructurar los recursos de la firma de tal forma que se cree el máximo potencial de ejecución. Tienen que ver con la estructura de autoridad y relación de responsabilidades, flujo del trabajo, localización de medios, adquisición y desarrollo de los recursos, desarrollo y entrenamiento de personal y financiación y adquisición de equipos entre otras.

Es cierto que la estructura sigue a la estrategia, pero la estrategia impone a la estructura entre otras cosas, organizar la administración de la empresa de tal forma que se logre un adecuado balance de asignación de recursos para soportar las decisiones estratégicas y operativas.

Las decisiones operativas absorben el grueso de la energía y atención de la gerencia. Su objetivo es maximizar las utilidades de la operación.

Las principales áreas de decisión son: asignación de recursos (presupuesto), programación de la operación, supervisión de la ejecución y aplicación de acciones de control.

La Calidad Total es una realidad que implica a todas las empresas actuales, en todos los sectores de la economía por:



- Compenetrarse con el cambio.
- La creación de mejores condiciones de competencia.
- Producir mejor y con menores costos.
- Ofrecer mejores servicios tanto en el sector privado como en el público; en fin por inculcar y profundizar en el país una cultura de Calidad que lo coloque a la altura de los mercados más atractivos del mundo.

Esto implica sobre todo el compromiso de los líderes de las organizaciones, en los procesos de cambio orientados a la competitividad de empresas.

Este continuo proceso de excelencia, debe ser el motor del nuevo cambio y de la modernización, a través de la puesta en práctica de procesos de mejora continua, como base de cualquier proceso de Calidad.

En éste momento las organizaciones deben estar dispuestas a medir su competitividad contra las mejores del mundo en su ramo y aprender de sus experiencias, tratando de introducir a la gente en un proceso de mejora motivando, para así redescubrir el enorme potencial del ser humano trayendo como consecuencia un trabajo bien hecho y enormes beneficios para toda la sociedad.

La calidad total no es un problema es una solución. Todo líder como facilitador de las condiciones de trabajo, debe resaltar la importancia de contar con un sistema de calidad total sólido, permitiendo que se mantenga la motivación de todo el personal de la organización.

El propósito de la calidad debe estar presente desde la etapa inicial del proceso de un servicio una vez que los planes se van ejecutando, pues sería demasiado tarde querer introducir la calidad en fases posteriores, por eso es tan importante que el diseño de los servicios sea el resultado de un buen trabajo en equipo.

Mejorar el proceso implica lograr su mejor aprovechamiento de la mano de obra hacer una buena selección del personal y de la tarea que se le asigna, capacitarlo, entrenarlo y ofrecerle la posibilidad de aumentar sus conocimientos y de desarrollar sus aptitudes.

La formación debe ser reconstruida totalmente, la organización necesita que su personal conozca a fondo a la empresa desde las refacciones y materiales que se utilizan, hasta los clientes a los que se les brinda el servicio, aprovechando en un cien por cien las habilidades de todo el personal.

También se hace necesario que se reformen totalmente los programas de la capacitación de empleados, pues este se da en la mayoría de las organizaciones en forma deficiente y por favoritismos. La empresa, no debe dejar de considerar que el dinero que fuese gastado en esta formación, educación y capacitación, no incrementara el valor neto de la compañía, pero si redundara en mejoras sustanciales en todos los procesos operativos y gerenciales que se realicen.

OBJETIVOS DE LA CALIDAD TOTAL

El requerimiento de definición de los objetivos es uno de los más importantes requerimientos. Sin objetivos de calidad no existe ninguna meta que alcanzar, el sistema se paraliza, no existe ninguna mejora y no se tienen indicaciones

de si se están haciendo bien las cosas. Hay dos tipos de objetivos de calidad, los que sirven para el control de calidad y los que sirven para el mejoramiento de la calidad.



Si bien la Dirección es la responsable por la planificación y fijación de objetivos, debe lograrse la participación plena de todo el personal de la empresa a los efectos de comprometerlos con la consecución de tales objetivos. Siempre debe recordarse que no hay compromiso sin participación. La estrategia de una Gestión bajo la Calidad Total tiene como objetivos:

1. COMERCIALES

- Conocer y satisfacer las necesidades de los clientes.
- Lograr mantener a los clientes y atraer clientes nuevos.
- Mejorar la imagen de la empresa y aumentar su implantación.

2. ECONÓMICOS

- Disminuir los costes.
- Aumentar los beneficios.
- Aumentar la competitividad.

3. TÉCNICOS

- Optimizar los procesos.
- Apostar por la prevención y mejora continua.
- Investigación y aportación de nuevas tecnologías.

4. HUMANOS

- Aumentar y canalizar la información y formación.
- Potenciar la iniciativa y la responsabilidad.
- Lograr la participación e implicación de todos los departamentos.

No es posible trabajar en Calidad Total sin unos principios básicos:

- Lograr la satisfacción del cliente.
- Implicación y apoyo incondicional de la Dirección.
- Participación y cooperación del personal.
- La mejora continua y la innovación.
- La formación permanente.

A través de la mejora continua se pretende lograr el objetivo de los cinco ceros:

- 0 Defectos: Plena calidad de producción.
- 0 Averías: Máximo rendimiento de instalaciones.
- 0 Stocks: Mínimos capitales inmovilizados.
- 0 Retrasos: JIT.
- 0 Papeles: Papeles inútiles. Máxima eficiencia administrativa.

El éxito de la implantación de la Calidad Total, por la puesta en práctica de unos elementos fundamentales:

1. PRESUPUESTOS BÁSICOS

- Decisión y liderazgo de la dirección.
- Adhesión de todo el personal.

2. PRIORIDADES

- Satisfacer todas las expectativas de los clientes con eficiencia.

3. MÉTODOS

- Gobernando los procesos mediante la mejora continua.

La Calidad Total se apoya en tres pilares fundamentales:

1. EL SISTEMA

- UNE-EN-ISO 9000.
- Premio Europeo EFQM.
- Premio Malcolm Baldrige.

2. LAS HERRAMIENTAS

- Métodos estadísticos.
- Normas y reglamentos.
- Métodos de control y mejora.
- Investigación y Evaluación.

3. LAS PERSONAS

- Dirección.
- Administrativos y técnicos.
- En general todo el personal.
- Clientes externos e internos.

La Gestión de la Calidad Total supone sobre todo un cambio cultural de enorme trascendencia e importancia, encontrando como obstáculos:

- La Dirección.
- La Organización.
- El Personal.
- La Estrategia y La Táctica.



Por lo tanto, el Concepto de Calidad Total debe ser parte continua en el resultado buscado y entregado por los Ingenieros Eléctricos, en todos los ámbitos de su desempeño, desde las interrelaciones personales que deben buscar el mejor clima organizacional para los clientes externos como los clientes internos, determinación objetiva de las expectativas, alcances y resultados de los trabajos en las

instalaciones y en el mantenimiento eléctrico, y su consecuente relación con la estabilidad en la preferencia y reputación en el mercado.

El estar comprometidos con la mejora continua permitirá que los trabajos en los que se encuentre involucrado el Ingeniero Eléctrico no se adormilen en un círculo de confort lo cual implicará mayores posibilidades de dejar ser competitivo.

¡Por un Mantenimiento de Calidad Total!

BIBLIOGRAFÍA:

- http://www.juran.com/lower_2.cfm?article_id=21
- <http://www.monografias.com/trabajos5/conca/conca.shtml#juran>
- http://elsmar.com/Juran_Triology.html
- <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/aucaid.htm>
- www.aiteco.com/pareto.htm
- <http://www.gestiopolis.com/recursos/experto/catsexp/pagans/ger/16/CROSBY.htm>

MSc. Ing. Miguel Angel Pinedo



- Es Gerente de Operaciones y Mantenimiento de Edificio Inteligente Templo C.O.P.I.J.S.U.D. en Cochabamba, Bolivia. Presidente de la Asociación Boliviana de Mantenimiento, (ASBOMAN), Docente de Pre y Postgrado en la Universidad Privada del Valle, Proyectista de Instalaciones Eléctricas y Sistemas Especiales para diferentes Edificios y Condominios.
- Fue Ingeniero Proyectista parte de Firma Consultora para proyectos del FMI y BID, Supervisor de la Compañía Boliviana de Ingeniería (CBI) para las Instalaciones

Eléctricas y Sistemas Especiales en la Construcción del Edificio Inteligente Templo Mormón-Cochabamba, Asesor y Supervisor de Instalaciones Eléctricas y Sistemas Especiales en Montevideo – Uruguay, Asunción – Paraguay y Caracas – Venezuela. Conferencista en Encuentro de Ingenieros de Mantenimiento en Santiago de Chile y Salt Lake City, Utah, USA.

- Simposios de Mantenimiento, Jornadas de Mantenimiento y Congreso Internacional de Ingeniería de Mantenimiento.
- Licenciado en Ingeniería Eléctrica (UMSS), Master en Administración de Empresas (UNIVALLE), y en proceso de culminación de Postgrados en Maestría en Ciencias y Técnicas de la Construcción (UMSS) y Doctorado en Ciencias Económicas y Administrativas (UNIVALLE).



ILUMINACIÓN LED

“AHORRA CON ESTILO; PÁSATE AL LED”

ROYAL ARROW LIGHTING

LED

- **Ahorro 90% de energía.**
- **Larga vida.**
- **Optima iluminación.**
- **Protege al medio ambiente.**



LED es la abreviatura en lengua inglesa para **Light Emitting Diode**, que en su traducción al español correspondería a Diodo Emisor de Luz.

Un LED consiste en un dispositivo que en su interior contiene un material semiconductor que al aplicarle una pequeña corriente eléctrica produce luz.

La luz emitida por este dispositivo es de un determinado color que no produce calor, por lo tanto, no se presenta aumento de temperatura como si ocurre con muchos de los dispositivos comunes emisores de luz.

PARÁMETROS QUE CARACTERIZAN EL FUNCIONAMIENTO DE UN LED

Eficiencia

Relación entre Intensidad luminosa emitida y la corriente eléctrica que produce dicha radiación.

Color

Depende de la frecuencia de la radiación y de los materiales empleados.

Directividad

Ángulo de observación de luz que permite el LED, respecto al eje geométrico.

Depende de la forma del encapsulado y de la existencia de lente.

Tensión directa

Es la diferencia de potencial que se produce en los terminales del LED cuando lo atraviesa la corriente de excitación.

Corriente Inversa

Es la máxima corriente que es capaz de circular por el LED cuando se le somete a polarización inversa.

Disipación de potencia

Es la fracción de la potencia que absorbe el LED y no transforma en radiación visible, disipándola al ambiente en forma de calor.

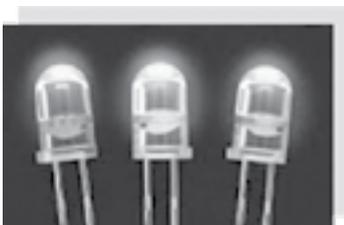


LA VIDA DEL LED ABARCA MAS DE 50000 HORAS, YA QUE NO TIENE FILAMENTOS, ESTE HECHO HACE QUE NO SE FUNDA COMO LO HACEN LAS BOMBILLAS TRADICIONALES

DIFERENTES TIPOS DE LED

DIP LED

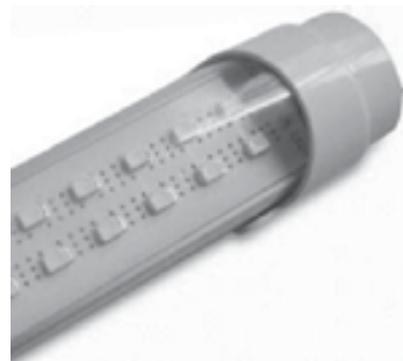
Se han utilizado y se utilizan en la mayoría de los electrodomésticos, ya sea como emisor o receptor de infrarrojos o como pilotos luminosos. Actualmente se están utilizando para señalización vial, como semáforos, consiguiendo el tan ansiado ahorro energético en las alcaldías.



SMD LED

Se trata de un LED encapsulado en una resina semirígida y que se ensambla de manera superficial. Este ofrece ciertas características muy interesantes para todo el mundo de la iluminación:

- Su encapsulado permite una gran superficie semiconductora, lo que proporciona una gran cantidad de luz mejorando la calidad del LED.



- El índice de reproducción cromática (CRI) es alto, de hasta el 80%. Esto quiere decir que reproduce los colores fielmente.
- Al no tener filamento, son resistentes a los golpes y es realmente complicado que se averíen. El tiempo estimado de vida útil de un LED SMD ronda las 50.000 horas, o lo que es lo mismo, casi 16 años funcionando 10 horas por día.

COB LED

El LED COB corresponde a las siglas "Chip on board" ("chip en la placa"), en el cual se han insertado multitud de LED's en un mismo encapsulado.

Esta es su apariencia:

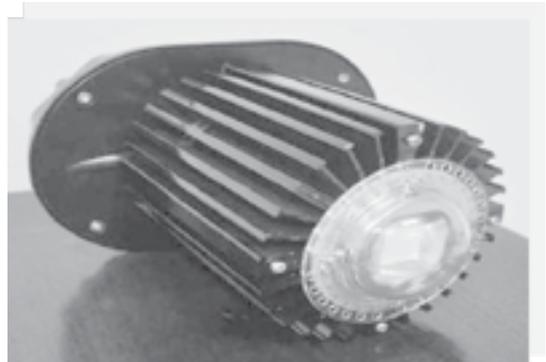


Este tipo de LED se está imponiendo poco a poco en el mercado por encima del SMD. El motivo principal es que nos proporciona más rendimiento lumínico: ésto quiere decir que con la misma potencia y tamaño, el LED COB aporta mas luz que el SMD.

Ventajas del LED COB:

- Al proporcionarnos mas luz, no necesitamos concentrar tanto el haz de luz para conseguir suficiente intensidad lumínica. De esta manera, hay muchos productos con este tipo de LED que emiten con un ángulo de apertura de hasta 160°.
- El LED COB tiene un mayor IRC (índice de reproducción cromática) que el SMD, por lo que conseguimos una luz de mayor calidad. En la mayoría de los casos, el IRC es mayor de 90.

Campanas industriales LED, La solución perfecta para naves industriales, también usadas en comercios.



Proyectores LED de exterior, que nos permiten disminuir drásticamente los altos consumos de los proyectores halógenos





"LA ILUMINACIÓN LED UTILIZA EL 90% DE SU CONSUMO PARA ILUMINAR Y EL 10% EN CALOR"

LOS LEDS, SUELEN TENER MEJOR EFICIENCIA CUANTO MENOR ES LA CORRIENTE QUE CIRCULA POR ELLOS, PORTANTO, TENEMOS QUE BUSCAR UN COMPROMISO ENTRE LA INTENSIDAD LUMINOSA QUE PRODUCEN Y LA EFICIENCIA.

BENEFICIOS DEL LED EN SALUD

Parpadeo:

Las Luces LED no muestran ningún parpadeo, los sistemas de visualización convencionales parpadean a 120 Hz (ciclos por segundo), el doble de la potencia típica en EE.UU.

Frecuencia de línea (60 Hz).

Incandescentes y lámparas fluorescentes trabajan en esas constantes, aunque es difícil para el ojo humano de percibirlos, estos causan dolencias comunes asociadas con el parpadeo, "dolores de cabeza, fatiga ocular y el malestar general de los ojos." De hecho, un estudio publicado por la universidad de iluminación, Investigación y Tecnología en 1989 encontró que la exposición de trabajadores a las luces sin parpadeo dio como resultado "una caída de más del 50 por ciento en las denuncias de fatiga visual y dolores de cabeza."

Zumbidos:

Las luces fluorescentes se caracterizan por emitir un sonido de zumbido molesto y perturbador. Y de hecho, el investigador John Ott descubrió que las luces fluorescentes y la contaminación del ruido asociado por balastos causan "déficits de irritabilidad, hiperactividad, y fatiga" los LED no producen tales zumbidos.

Emisión de UV:

Las luces LED no emiten radiación UV, y son, por tanto, seguras para el trabajo.

Las bombillas fluorescentes emiten una radiación UV, que puede causar envejecimiento prematuro y cáncer de piel. A excepción de los LED 's. La presencia de mercurio hace que la eliminación de todos los demás focos sea peligroso y requieran mucho tiempo.

Mercurio:

Las luces LED no contienen mercurio, por lo que pueden eliminarse de manera segura y sencilla. El mercurio es una sustancia extremadamente peligrosa y tóxica que existe en la mayoría de tipos de bombillas incandescentes fluorescentes y las llamadas lámparas ahorradoras. Claramente, las luces LED son las más seguras y a la vez la elección más inteligente para una iluminación elegante, eficiente y asequible.

BENEFICIOS DEL LED

- Bajo consumo de electricidad. El ahorro en el consumo de electricidad oscila entre el 70 y el 85%, dependiendo de la iluminación con la cual se compara.
- Alta duración. Los LED tienen una duración de más de 50,000 horas. Para una casa puede significar cambiar las bombillas cada 50 años.
- Color. La iluminación LED ofrece 16 millones de colores.
- Ahorro cable. Una instalación con iluminación LED puede hacerse con un cable de un calibre mucho menor al normal. En lugar de usar calibre 12 para iluminación se puede usar calibre 18.
- Otro beneficio es que no desgasta el cable eléctrico, a diferencia de las demás tecnologías.
- Luz fría. Una bombilla incandescente o ahorradora utiliza solamente el 10% de cada vatio para iluminar, el resto se va en calor, mientras la iluminación LED utiliza 90% para iluminar y solamente el 10% de calor.
- El aprovechamiento de la energía del LED es de aproximadamente un 90%, contra un 15% de la lámpara convencional en las mejores

condiciones. Con el LED, la totalidad de la energía se transforma en luz.

- La iluminación LED no calienta, a diferencia de todas las demás. Beneficios directos de esto: no desperdicia la energía en calor, calienta menos las áreas iluminadas (esto puede traducirse a ahorros en aire acondicionado y ambientes más frescos) y elimina peligros de quemaduras al tacto.
- Menos desperdicio de iluminación. La iluminación LED no tiene pérdidas por la reflexión, todos los demás sistemas de iluminación necesitan de reflectores para concentrar la luz al lugar donde queremos iluminar, lo que supone perder un 60% de efectividad, mientras que el LED no precisa estos sistemas y la luz puede ser dirigida a la zona que queremos iluminar con una eficiencia del 90%.
- Diseño. Por tener tanta durabilidad, color y otras ventajas permite utilizar la luz con más variedad de diseño y formas de instalación.
- Los LEDs de alta potencia. Pueden tener una duración de hasta 100.000 horas, ya que no tienen filamentos, este hecho hace que no se fundan como lo hacen las bombillas tradicionales. Estos dispositivos de estado sólido son muy resistentes a los golpes.
- Una lámpara LED se alimenta a baja tensión, favoreciendo así la reducción del consumo, la Rel.Potencia/luminosidad más extendida actualmente es de 90 lúmenes/1W, aunque la constante investigación en este campo esta permitiendo que esta relación aumente hasta los 150 lúmenes/1W a día de hoy.

ROYAL ARROW LIGHTING

Es líder en el mercado Europeo con más de 40 años en el sector de la iluminación, como fabricante y comercializador de lámparas y productos en tecnología LED.

El mercado mundial demanda cada vez sistemas de iluminación mas competentes y ecológicos para la conservación del medio ambiente, Royal Arrow Lighting Bolivia tiene la respuesta a esta demanda con la gama de productos LED, los cuales se caracterizan por su mejor equilibrio

entre cantidad de luz, consumo y ecología, esta última gracias a que por las características de nuestro producto, no produce emisiones de CO2 al medio ambiente y al ser una luz direccional evita la contaminación lumínica .

Todos nuestros productos están fabricados con los mejores componentes del mercado y bajo los mas altos estándares de calidad y normativa, contamos con certificaciones:



Royal Arrow
LEDintenso **lighting**
BOLIVIA

INFORMES Y CONSULTAS:

Showroom: Av. Ballivian nº 395 esq. Calle 10 (Calacoto).

Oficina: Edif. Mcal. de Ayacucho piso 7 OF. (714).
Teléfono/Fax: 00(591-2) 2200749.
Celular: 60161347 - 72000444 - 65596265.

Línea 3 de dirección

Línea 4 de dirección Teléfono/Fax: 00(591-2) 2200749 - 60161347

Mail:

ledroyalarrow@royalarrowledbolivia.com
alvaro.murillo@royalarrowledbolivia.com
ramiro.munoz@royalarrowledbolivia.com
flavia.villarroel@royalarrowledbolivia.com

web:

www.royalarrow-ledlighting.com

SEÑALES CEREBRALES ADQUIRIDAS MEDIANTE UN ELECTROENCEFALOGRAFO MODULAR PARA SISTEMAS BCI

Evelyn Diana Terán Mejía: dian_272@hotmail.com
Edwin Christian Bolívar Vilca: edw_bv@hotmail.com
Wilber Rony Bejar Quispe: wilber_1984@hotmail.com

UNIVERSIDAD TECNICA DE ORURO – ORURO, BOLIVIA

Facultad Nacional de Ingeniería, Ingeniería Electrónica.
Facultad De Ingeniería de Producción y Servicios, Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica

RESUMEN. Hoy en día, captar las señales cerebrales del cuerpo humano ha llegado a ser un gran avance dentro de la bioingeniería, gracias a estos procesos se benefician muchas personas con problemas en el cerebro. El proceso de captar la señal es un tema complejo, en primera instancia se hacía con la introducción de electrodos dentro del cerebro era demasiado riesgoso, pero con el avance tecnológico se ha conseguido captar tales señales desde la parte exterior del cerebro con ayuda de los electrodos, posterior a ello es posible realizar un instrumento de interfaz BCI para lograr interpretar lo que el cerebro y el cuerpo transmiten, y llegar al control de prótesis con el control mental. La construcción de los electrodos resulta ser muy eficiente debido a son a costo económico y permiten obtener señales con éxito.

La idea de mover dispositivos protésicos no por control manual, sino con el pensamiento ha fascinado a las investigaciones.

Palabras claves: análisis, modular, electroencefalógrafo, BCI, electrodos, interface.

I. INTRODUCCIÓN

ADQUIRIR las señales cerebrales y procesarlas es un trabajo que nace del viejo sueño de comunicarse con la mente sin tener que abrir la boca. Con referencia a trabajos realizados de adquisición de éstas, nosotros añadimos la construcción de los electrodos y una futura aplicación en sistemas BCI no invasivos.

Para entender mejor el funcionamiento del EEG, se deben aclarar algunos conceptos [1].

A. Señales cerebrales

El potencial de acción (también conocido como "impulso", "espiga" o "spike" en inglés) es una explosión de la actividad eléctrica creada por una corriente despolarizadora y señala que sucede un evento cuando la neurona transmite información por el axón lejos del cuerpo celular.

B. Electroencefalograma (EEG)

Un EEG ayuda a detectar anomalías en la actividad eléctrica cerebral midiendo las señales producidas por el cerebro. El procedimiento consiste en colocar electrodos con cables delgados que se pegan en el cuero cabelludo. Los electrodos detectan pequeñas cargas eléctricas que resultan de la actividad de las células del cerebro. La mayoría del tiempo las ondas del cerebro son irregulares. Generalmente existen 4 tipos [2]:

Señales Beta: Acontecen normalmente entre el rango de frecuencias de 14-30Hz y en ciertas ocasiones de actividad intensa llegan a 50 Hz. Estas ondas se presentan cuando las personas están alertas o ansiosas con los ojos abiertos, se presentan en la región parietal y frontal.

Señales Alpha: Ocurren a una frecuencia entre 7.5 y 13 Hz. Las ondas alfas son producidas cuando una persona esta consciente, relajada con los ojos cerrados. Las señales alfas terminan cuando la persona abre los ojos. La amplitud es más grande y notable en la región occipital.

Señales Theta: Son grandes en amplitud y de baja frecuencia entre los 3.5-7.5 Hz. Esta señal es anormal si se presenta en adultos en estado alerta; pero es normal si es observada en niños

pequeños. Estas ondas ocurren en región parietal y temporal.

Señales Delta: Tienen la amplitud más larga y la frecuencia es menor a 3.5 Hz es normal para niños menores de 1 año y en adultos en sueños profundos. Suelen ocurrir en la corteza independientemente de la actividad en la región baja del cerebro.

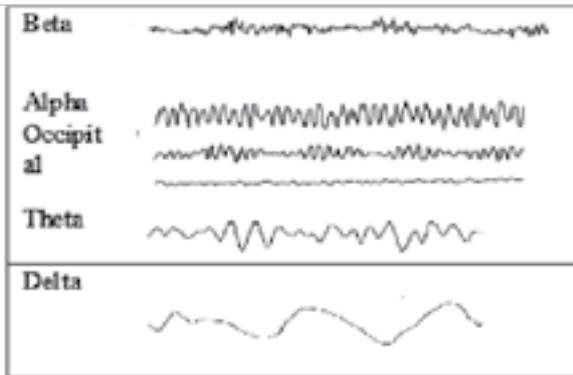


Fig. 1 Señales cerebrales

II. DESARROLLO DE CONTENIDOS

REGISTRO DE SEÑALES

Al registro le dimos la debida importancia y se realizaron las pruebas de adquisición de señales en una persona adulta mientras duerme y mientras está despierto, además una segunda prueba en un niño mientras duerme.

Electrodos [4]: Las señales bioeléctricas de la actividad cerebral se transmiten a través de iones en soluciones acuosas, luego estas señales se registran en aparatos con conductores sólidos, los electrodos son la interface entre estos 2 sistemas. En el presente trabajo los electrodos fueron construidos con un pequeño circuito de un tamaño aproximado de 2x2cm, y son del tipo activo, esto quiere decir que el circuito incluye un OPAM TL082, en configuración de seguidor, esta configuración, es la óptima, porque tiene baja impedancia a la salida y alta impedancia a la entrada. Es importante que los electrodos hagan buen contacto con la piel, lo mismo que se tomo en cuenta para la construcción de los electrodos.



Fig. 2 Vista lateral de los electrodos elaborados

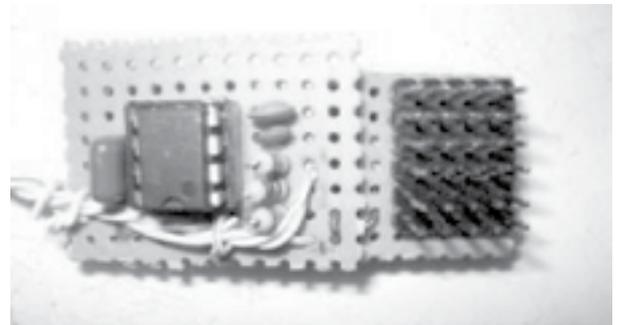


Fig. 3 Vista frontal de los electrodos elaborados

Módulo 1[5]: Se refiere a la recepción de señales cerebrales mediante sensores en forma electrodos que captan la actividad a partir de fuentes distintas del cerebro, incluido el ruido ambiental (por ejemplo, como 50Hz o 60Hz la actividad del poder de líneas) y los ruido biológicos (tales como la actividad desde el corazón, los músculos esqueléticos, y los ojos).

Etapa amplificación: Para la adquisición correcta de la señal del EEG se requiere construir un bioamplificador que acondicione la señal, amplificándola a la vez que elimina las señales de interferencia externas.

Etapa de filtrado: Una vez amplificada la señal de los electrodos, es necesario hacer un filtrado para eliminar los ruidos de la señal, por lo tanto se implemento un filtro pasa – bajos de tercer orden con frecuencia de corte $F_c = 59\text{Hz}$ [7]. En ciertas circunstancias es mejor conservar la señal original sin filtrado para no perder información, lo cual se hizo en algunas pruebas que se muestran a continuación.

Módulo 2: Digitalización y comunicación. El circuito de digitalización y comunicación esta construido en base al micro controlador

PIC18F4550, que incluye un conversor ADC de 8 bits de resolución y módulo de comunicaciones USB interno.

III. PRUEBAS Y RESULTADOS

La primera prueba se hizo en un varón adulto y sano de 26 años de edad durante el sueño y durante la vigía, los resultados obtenidos fueron los siguientes en cuanto a señal alpha y beta. El filtrado se lo puede realizar por software:



Fig. 4 Posición electrodos para capturar señales EEG de un adulto sano conservando la señal original

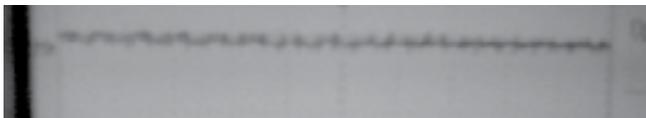


Fig.5 Señal Alpha ocurren a una frecuencia entre 7.5-13 Hz

Sistema BrainComputerInterfaces(BCI):

Las interfaces cerebro-computador, constituyen una tecnología que se basa en la adquisición de ondas cerebrales para luego ser procesadas e interpretadas por un ordenador mediante software.

Procesado del sistema BCI

Durante el proceso de transformación de la señal analógica se pierde algo de información suscitado por los siguientes factores: Errores en la medición, en el atempamiento y errores

debido a la duración de la medida. Un método de procesado es: Autoregressive Adaptive Parameters (AAR) [8] y [9]

El objetivo final al cual se desea llegar es el control de prótesis como brazos, manos robóticas, en este caso llegar al control de un brazo de 6gdl. Existen 2 tipos de dispositivos según el método de obtención de la señal, en este trabajo utilizamos los dispositivos no invasivos: El sensor se coloca de manera que no se realiza una intrusión sobre el cuerpo humano. Son los más utilizados en la tecnología BCI y con menos riesgos para el usuario que en los métodos invasivos debido a que no se efectúa ninguna intervención quirúrgica.

Cinemática del Robot EviBot.

Es necesario tomar en cuenta la cinemática de nuestro robot, debido a que es el estudio del movimiento con respecto a un sistema de referencia, este análisis es importante para lograr el control mental sobre el brazo.

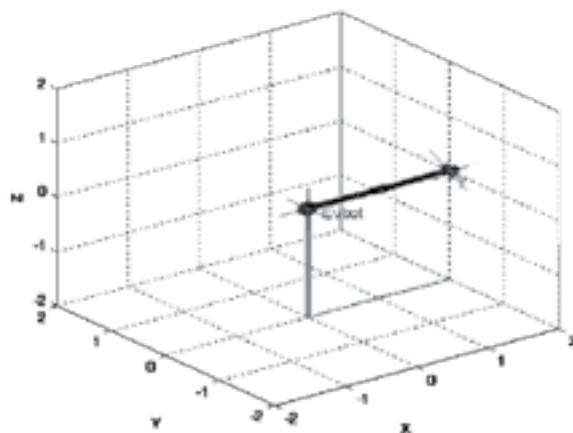


Fig.6 Simulación en MATLAB del movimiento del robot

IV. CONCLUSIONES

La finalidad de este trabajo, fue brindar un diseño y construcción de un dispositivo económico.

El aporte es la construcción de los electrodos que se basa en un circuito con componentes como el

TL082 de bajo costo y al alcance, presenta una impedancia mínima a la entrada de los electrodos y una impedancia alta a la salida.

Este es un proyecto en curso actualmente se encuentra en una fase preliminar. Aun así, en nuestros experimentos actuales tenemos un avance de tipo cualitativo de las señales. Nuestro objetivo es mejorar esta cifra profundizando en lo que es el análisis cuantitativo de las mismas.

Se hace necesario que los operacionales de entrada que funcionan como buffers tengan un elevado CMRR para disminuir el ruido, y obtener una mejor señal.

El trabajo a futuro al cual se desea llegar es el control de dispositivos electromecánicos.

RECONOCIMIENTOS

Al Ing. Avid Roman Gonzalez por su asesoramiento y la revisión del presente documento.

A los docentes y personas del área Ing. Wildor Ferrel, Ing. Lizardo Pari, Ing. Ulises Gordillo, Ing. Gustavo Guzmán y Dra. Maribel Terán.

Reconocer al Instituto de Bioingeniería (ABI-UNSA) Ing. Nancy Orihuela e Ing. Renee Condori.

V. REFERENCIAS

- [1] Devorkin M., Cardinalli D., Best & Taylor Bases y fisiología de la práctica médica, 13va Ed. Editorial Panamericana, Argentina 2003
- [2] Rohkamm, Neurología, 3ra Ed. Editorial Panamericana Argentina, 2011
- [3] Portable EEG Signal Acquisition System, Noor Ashraaf Noorazman, Nor Hidayati Aziz, disponible en <http://www.collegescienceinindia.com/feb2009/portableeeg.pdf>
- [4] Active Electrodes for OPEN EEG Project [online] <http://openeeg.sourceforge.net/>

[doc/hw/ae.html](http://openeeg.sourceforge.net/doc/hw/ae.html)

- [5] El sitio web del proyecto OPEN EEG [online] disponible en: <http://openeeg.sourceforge.net/doc/>
- [6] Datasheet INA 114, Amplificador de Instrumentation, Burr Brown Electronics, Texas USA
- [7] Delgado Lucy, Tesis de grado, Sistema Experto Análisis Electroencefalográfico
- [8] EEG Signal Processing for BCI Applications; Human – Computer Systems Interaction: Backgrounds and Applications 2, Advances in Intelligent and Soft Computing, 2012; Vol. 98, Part 1; pp. 571-591, DOI: 10.1007/978-3-642-23187-2_36.
- [9] Communication Technologies Based on Brain Activity; 2010 World Congress in Computer Science, Computer Engineering and Applied Computing – WORLDCOMP 2010; Las Vegas, Nevada, USA; July 2010; pp. 864-869.
- [10] System of Communication and Control Based on the Thought; IEEE International Conference on Human System Interaction – HSI'10; Rzeszow – Poland; May. 2010; pp. 275-280. Best Paper Award.

VI. BIOGRAFIAS



Evelyn Diana Teran Mejia,

nació en Oruro-Bolivia el 26 de Junio de 1990. Realizó sus estudios secundarios en el Colegio "Jesus Maria", Oruro, actualmente estudia en la Carrera de Ingeniería Electrónica, Facultad Nacional de Ingeniería, Universidad Técnica

de Oruro. Proyectos "Robot Soccer – CONEIMERA 2011", "Brazo Robótico- AAMIBOTS" y Robot con Kit Lego. Ponencias de callpaper en INTERCON 2012 y CONEIMERA 2012. Estudiante CCNA CISCO. Además es "Miembro IEEE" y "Organizadora del I Congreso Nacional de Ingeniería Biomedica".
Áreas de interés: Biomédica, Robótica y Sistemas de Comunicaciones (Inalámbricas).
e-mail: dian_272@hotmail.com

Edwin Christian Bolivar Vilca

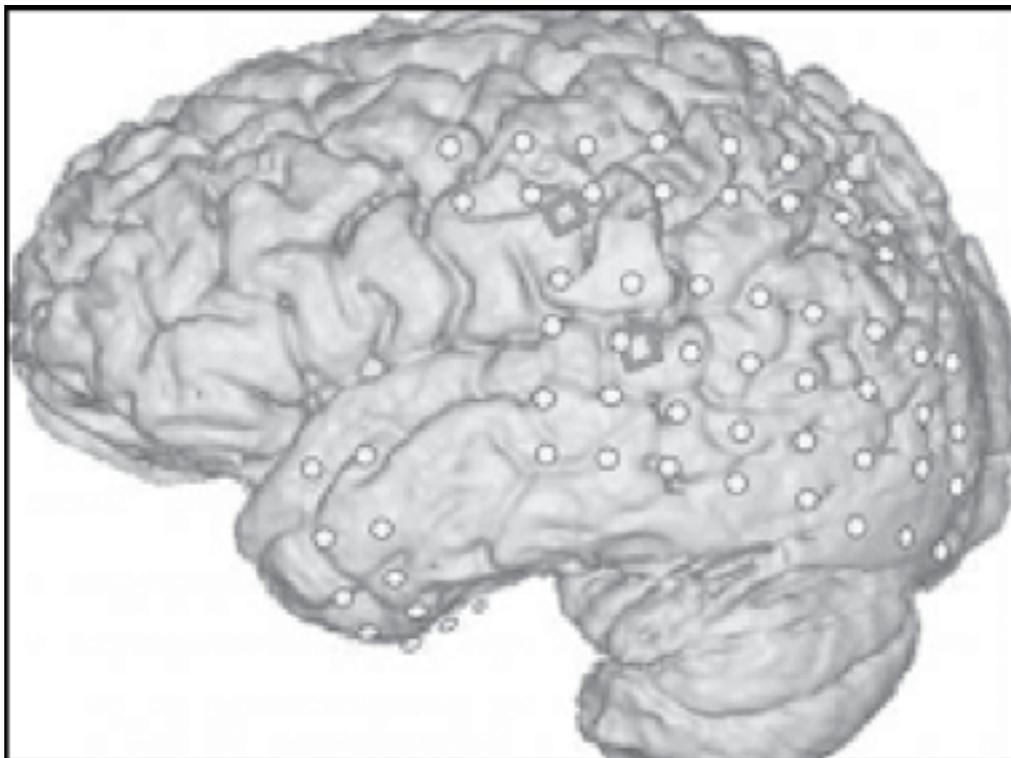


Estudiante Miembro IEEE. Organizador del "XVI CONGRESO INTERCON 2009". Proyectos "Robot Prototipo de Mano Controlada a Distancia- IV IBERO-AMERICAN STUDENT CONTEST- ISTECS", "Prótesis Electromecánica - XPOTRON 2012". Ponencia de callpaper en CONEIMERA 2012.
Áreas de Interes: Biomédica, Robótica y Electrónica de Potencia.

Wilber Rony Bejar Quispe



Miembro del IEEE. Organizador del "XVI CONGRESO INTERCON 2009". Proyectos "Robot Bípedo", "Robot Prototipo de Mano Controlada a Distancia- IV IBERO-AMERICAN STUDENT CONTEST - ISTECS", "Prótesis Electromecánica - XPOTRON 2012". Ponencia de callpaper en CONEIMERA 2012.
Áreas de Interes: Biomédica, Robótica y Control.



FUENTE DE CORRIENTE PARA CROMADO ELECTROLITICO

Matilde Callisaya Ticona, Néstor Mamani Villca

RESUMEN

En el presente trabajo se analizan las partes que constituyen un equipo de cromado, como son: la fuente de corriente directa que será tiristorizado, la cuba electrolítica, el electrolito y los electrodos. El equipo también incluye las partes mecánicas de maniobra para la puesta en marcha. Para la electrólisis del cromo es conveniente emplear corriente continua filtrada. No es conveniente emplear corriente rectificadora de media onda sin filtrar ya que los momentos en que la tensión es nula el ácido crómico ataca al cromo pasivándolo. Al pasivarse aumenta la resistencia eléctrica del cromo y disminuye la adherencia de las capas subsiguientes.

Se dará énfasis en el filtrado de la corriente directa que se obtiene de la red comercial o industrial a través de rectificadores tiristorizados. Se analizan dos tipos de filtro, como el L y el LC [1].

1. INTRODUCCIÓN

Los rectificadores controlados son usados para variar el valor promedio de la corriente directa aplicado a una carga electrolítica de cromado mediante tiristores entre la carga y una fuente de voltaje de corriente alterna, los tiristores se controlan por fase. Se aplican al control de velocidad de motores, a la alimentación de magnetos de potencia, en convertidores de entrada de las líneas de transmisión y procesos electroquímicos y electrometalúrgicos como es el caso en estudio.

La electroquímica es parte de la Fisicoquímica que estudia todos los fenómenos ocurridos durante la conversión mutua entre la energía eléctrica y la energía química.

La conversión de la energía eléctrica a energía química se denomina Electrólisis.

2.1. RECTIFICADOR MONOFÁSICO DE MEDIA ONDA CON CARGA ELECTROLÍTICA

Se introduce un diodo entre una fuente de voltaje senoidal y la carga electrolítica, el objetivo es hallar la respuesta de la corriente que no es senoidal pura, sin embargo es periódica y se puede representar por una serie infinita de funciones senoidales con frecuencias relacionadas.

En instalaciones pequeñas la inductancia puede ser despreciable, pero en instalaciones grandes se adiciona deliberadamente una inductancia, primero para reducir el contenido de armónicos de la corriente, y segundo para regular la corriente.

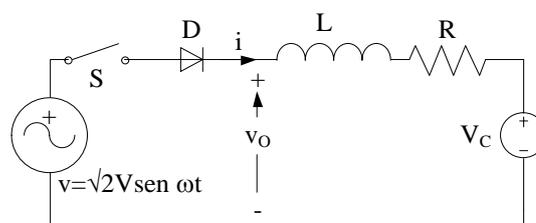


Figura 1. Rectificador de media onda

En el circuito de la figura 1 se cierra el interruptor S durante el semiciclo negativo, el diodo está conduciendo y mediante la ley de voltajes de Kirchoff.

$$v = v_L + v_R + v_C \quad (1)$$

$$\sqrt{2}V \text{ sen } \omega t = L \frac{di}{dt} + R i + V_C \quad (2)$$

La solución a la ecuación diferencial (2) está dada por:

$$i = \frac{\sqrt{2}V}{Z} \text{ sen}(\omega t - \phi) - \frac{V_C}{R} + A e^{-\frac{R}{L}t} \quad (3)$$

Donde α , es el ángulo desde la que se inicia la conducción, de la figura 2 se deduce que:

$$\text{sen } \alpha = \frac{V_C}{\sqrt{2}V} = m \quad (4)$$

$$\text{El ángulo de desfase es: } \phi = \tan^{-1} \frac{\omega L}{R} \quad (5)$$

$$\text{y la impedancia, } Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \quad (6)$$

Al hacer $\omega t=0$, $i=0$, de la ecuación (3), se tiene:

$$A = \left[\frac{V_C}{R} - \frac{\sqrt{2}V}{Z} \text{sen}(\alpha - \phi) \right] e^{\frac{R\alpha}{\omega L}} \quad (7)$$

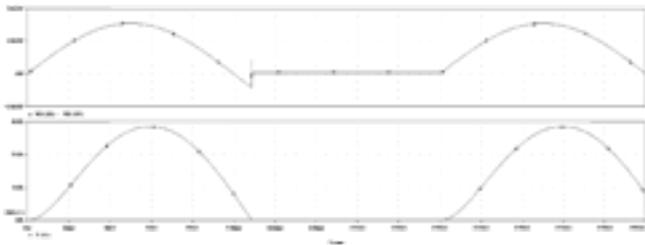


Figura 2. Formas de onda del rectificador de media onda $L=10\text{mH}$, a) $v_o(t)$ b) $i(t)$

La corriente se extingue nuevamente, $i=0$, en $\omega t=\alpha+\gamma$, que sustituido en la ecuación (3) se obtiene:

$$\frac{(m / \cos \phi) - \text{sen}(\alpha + \gamma - \phi)}{(m / \cos \phi) - \text{sen}(\alpha - \phi)} = e^{-\gamma / \tan \phi} \quad (8)$$

con datos de ω , L , y R , se puede determinar γ , mediante métodos numéricos, ya que es una ecuación trascendental.

La corriente promedio se determina por:

$$I_o = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\gamma} i d(\omega t) \quad (9)$$

Para un rectificador de media onda, con $V = 220$ Vrms, $R = 10 \Omega$, $V_C=7$ V, que se muestran en la figura 2 y 3, las gráficas de corriente para dos valores de inductancia: $L=10\text{mH}$, y 900mH .

Estas ondas de corriente se pueden analizar por medio de las series de Fourier que provee toda la información necesaria.

$$i = I_o + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(n\omega t) + b_n \text{sen}(n\omega t)] \quad (10)$$

De otra forma:

$$i = I_o + \sum_{n=1}^{\infty} [c_n \text{sen}(n\omega t - \phi_n)] \quad (11)$$

El factor de rizado de corriente será:

$$r_i = \frac{\sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{c_n}{\sqrt{2}} \right)^2}}{I_o} \quad (12)$$

Con PsPice, los armónicos de corriente son:

DC COMPONENT =	9.193642E+00	
HARMONIC NO	FREQUENCY (HZ)	FOURIER COMPONENT
1	5.000E+01	1.430E+01
2	1.000E+02	5.890E+00
3	1.500E+02	2.750E-01
4	2.000E+02	1.031E+00
5	2.500E+02	1.856E-01
6	3.000E+02	3.911E-01

De la serie, la corriente promedio es: $I_o = 9.19$ A y el factor de rizado de corriente se determina de:

$$r_i = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{\sqrt{14.3^2 + 5.89^2 + 0.27^2 + 1^2 + 0.18^2 + \dots}}{9.19} * 100$$

$$r_i = 129 \%$$

A continuación se muestran las curvas para $L=900$ mH

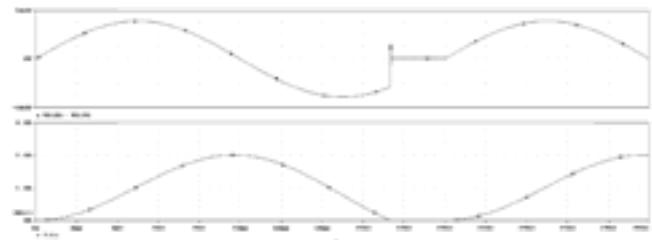


Figura 3. Formas de onda del rectificador de media onda: $L=900\text{mH}$, a) $v(t)$, $v_o(t)$ b) $i(t)$

Del cual la serie resulta:

HARMONIC NO	FREQUENCY (HZ)	FOURIER COMPONENT
1	5.000E+01	1.043E+00
2	1.000E+02	5.620E-02
3	1.500E+02	3.367E-02
4	2.000E+02	2.167E-02
5	2.500E+02	1.416E-02
6	3.000E+02	9.167E-03

La corriente promedio disminuye a $i_o = 0.93$ A y el factor de rizado, es $r_i = 78.79$ %

El rectificador de media onda con carga R-L-VC se caracteriza por la corriente discontinua que presenta y un alto contenido de rizado, no es apto para el cromado

2.2. RECTIFICADOR TRIFÁSICO EN PUENTE

El rectificador de la figura 4 es excelente para obtener una corriente de bajo rizado, debido a que el voltaje de la cuba de cromado es relativamente bajo, este efecto se puede despreciar, de modo que $V_C \approx 0$.

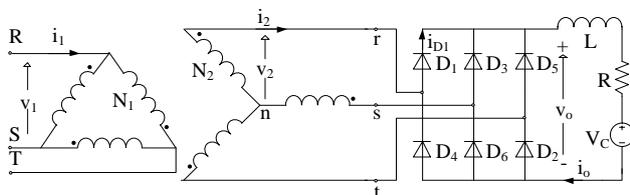


Figura 4. Rectificador trifásico de onda completa

El valor medio del voltaje de salida sobre la carga para un rectificador de p pulsos/ciclo, como:

$$\bar{V}_o = \frac{p}{2\pi} \int_{-\frac{\pi}{p}}^{\frac{\pi}{p}} \sqrt{2} \tilde{V}_2 \cos \omega t d(\omega t)$$

Integrando: $\bar{V}_o = \frac{\sqrt{2} p}{\pi} \tilde{V}_2 \sin \frac{\pi}{p}$ (13)

El valor eficaz del voltaje sobre la carga es:

$$\tilde{V}_o = \sqrt{\frac{p}{2\pi} \int_{-\frac{\pi}{p}}^{\frac{\pi}{p}} [\sqrt{2} \tilde{V}_2 \cos \omega t]^2 d(\omega t)}$$

Al integrar: $\tilde{V}_o = \tilde{V}_2 \sqrt{1 + \frac{p}{2\pi} \sin \frac{2\pi}{p}}$ (14)

Al cumplir que , la corriente i_o en la carga está aplanada como se muestra en la figura 5, esto permite determinar la corriente de carga por:

$$\bar{I}_o = \frac{\bar{V}_o}{R}$$
 (15)

Para hallar el valor medio en el diodo D1 se redibuja la corriente como se muestra en la figura 4.

Por definición: $\bar{I}_{D1} = \frac{1}{T} \int_0^{\delta T} \bar{I}_o dt = \delta \bar{I}_o$ (16)

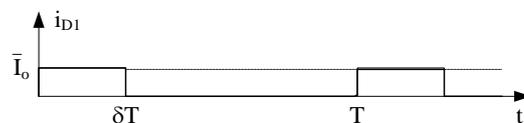


Figura 5. Formas de onda de la corriente en el diodo

Donde δ , es la fracción del periodo T que conduce el diodo. El valor eficaz de la corriente del diodo, es:

$$\tilde{I}_{D1} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{\delta T} \bar{I}_o^2 dt} = \sqrt{\delta} \bar{I}_o$$
 (17)

Se define el factor de utilización del transformador [5] pp.53 como:

$$TUF = \frac{m \tilde{V}_2 \tilde{I}_2}{\bar{V}_o \bar{I}_o}$$
 (18)

Donde m, es el número de fases y tomando en cuenta que el número de pulsos por ciclo es $p = 6$, y que en los cálculos asumiendo que no afectan los armónicos se toma en cuenta el voltaje eficaz fase-fase que es: como se muestra en la figura 5 donde se ven formas de onda de voltajes y corrientes.

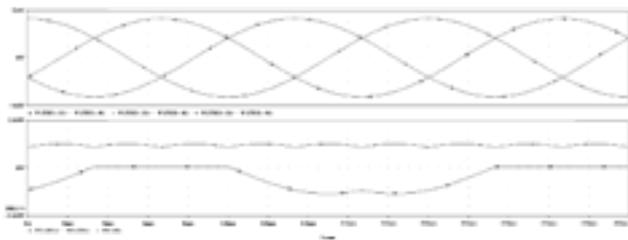


Figura 6. Formas de onda de voltajes: a) Voltajes de fase-fase, b) $v_o(t)$, $v_{D1}(t)$

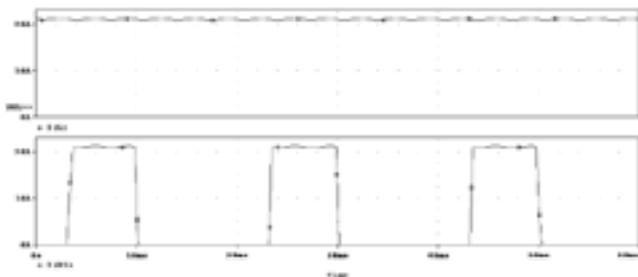


Figura 7. Formas de onda de corrientes del rectificador trifásico: c) $i_o(t)$, y d) $i_{D1}(t)$

El voltaje promedio de salida de (13) para $p = 6$, está dado por:

$$\bar{V}_o = \frac{6\sqrt{2}}{\pi} \sqrt{3} \tilde{V}_2 \sin \frac{\pi}{6} = 1.35047 \sqrt{3} \tilde{V}_2$$

El voltaje eficaz sobre la carga de (14) es:

$$\tilde{V}_o = \sqrt{3} \tilde{V}_2 \sqrt{1 + \frac{6}{2\pi} \sin \frac{2\pi}{6}} = 1.3516 \sqrt{3} \tilde{V}_2$$

Por definición, el voltaje eficaz de rizado, es:

$$\tilde{V}_{or} = \sqrt{\tilde{V}_o^2 - \bar{V}_o^2} = 0.0566 \sqrt{3} \tilde{V}_2 \quad (19)$$

el rizado de voltaje de salida es:

$$r_{V_o} = \frac{\tilde{V}_{or}}{\bar{V}_o} = \frac{0.0566 \sqrt{3} \tilde{V}_2}{1.3516 \sqrt{3} \tilde{V}_2} = 4.19 \%$$

Que resulta ser bastante satisfactorio para una gran mayoría de aplicaciones industriales como son: procesos de galvanoplastia, tracción eléctrica, soldadura, etc. Las fracciones de periodo que conducen el diodo y el bobinado secundario se deducen de la figura 5 que son:

$\delta = \frac{1}{3}$ y $\frac{2}{3}$, entonces el valor medio y eficaz de la corriente en el diodo es:

$$\bar{I}_{D1} = \frac{1}{3} \bar{I}_o \quad (20)$$

$$\tilde{I}_{D1} = \frac{1}{\sqrt{3}} \bar{I}_o \quad (21)$$

La corriente eficaz en el transformador es;

$$\tilde{I}_2 = \sqrt{\frac{2}{3}} \bar{I}_o \quad (22)$$

El factor de utilización del transformador:

$$TUF = \frac{m \tilde{V}_2 \tilde{I}_2}{\bar{V}_o \bar{I}_o} = \frac{3 \tilde{V}_2 \sqrt{\frac{2}{3}} \bar{I}_o}{1.35047 \sqrt{3} \tilde{V}_2 \bar{I}_o} = 1.047 \quad (23)$$

Para un rectificador trifásico de onda completa mostrado en la figura 4, de 3000 W de potencia de salida, 12 V de voltaje directo de salida y voltaje de línea del primario de 380 V.

La corriente de salida del rectificador a plena carga es:

$$\bar{I}_o = \frac{3000}{12} = 250 \text{ A}$$

con este dato, la corriente promedio del diodo es

$$\bar{I}_D = \frac{1}{3} \times 250 = 83.3 \text{ A}$$

el valor eficaz es: $\tilde{I}_D = \sqrt{\frac{1}{3}} \times 250 = 144.3 \text{ A}$

La resistencia de carga se puede calcular de la ley de Ohm:

$$R = \frac{\bar{V}_o}{\bar{I}_o} = \frac{12}{250} = 0.05 \Omega$$

Condición: $\omega_r L \gg R$, $6\omega L = 10R$ el filtro inductivo debe ser:

$$L = 10 \frac{0.05}{6 \times 2\pi \times 50} = 300 \mu\text{H}$$

Con $p = 6$, el voltaje eficaz en el secundario de (14) es:

$$\tilde{V}_2 = \frac{12}{1.3516\sqrt{3}} = 5.1 \text{ V}$$

Se toma el valor de \tilde{V}_2 , por las caídas de tensión en diodos, bobinados del transformador, filtro y conmutación de diodos.

La corriente eficaz en el bobinado secundario del transformador es: $\tilde{I}_2 = \sqrt{\frac{2}{3}} \tilde{I}_o = \sqrt{\frac{2}{3}} \times 250 = 204.1 \text{ A}$

La relación de vueltas del transformador está dado por:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\tilde{V}_1}{\tilde{V}_2} = \frac{380}{7} = 55$$

La capacidad del transformador es:

$$S_T = 3\tilde{V}_2\tilde{I}_2 = 3 \times 7 \times 204.1 = 4286 \text{ VA}$$

Los armónicos de la corriente de salida, son:

DC COMPONENT =	2.096324E+01	
HARMONIC	FREQUENCY	FOURIER
NO	(HZ)	COMPONENT
1	5.000E+01	4.307E-03
2	1.000E+02	1.010E-03
3	1.500E+02	7.466E-04
4	2.000E+02	4.043E-04
5	2.500E+02	3.897E-04
6	3.000E+02	1.216E-01

El factor de rizado de corriente es: $r_i = 0.0293 \%$

2.3 RECTIFICADOR CONTROLADO MONOFÁSICO PUENTE

Las configuraciones anteriores no pueden ser reguladas, sería posible la regulación a nivel del transformador, cambiando taps, a continuación se muestra

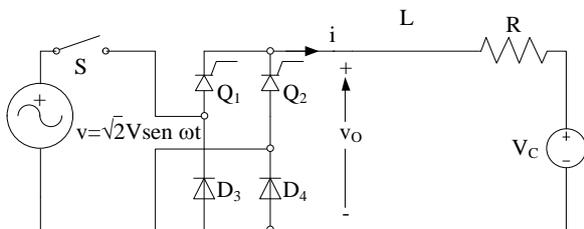


Figura 8. Rectificador controlado tipo puente

Para una tensión de alimentación alterna de 220 V y salida 7 V corriente directa para un factor de rizado del 3%, las formas de onda se muestran en

la figura 9.

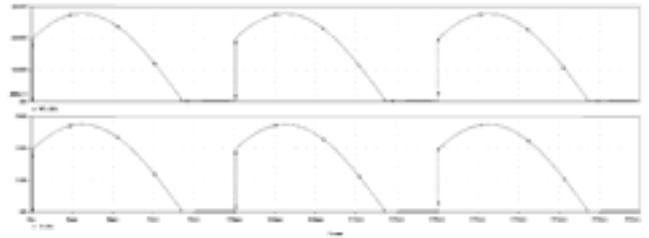


Figura 9. a) Voltaje de salida $v_o(t)$ y b) corriente de salida

El valor promedio del voltaje de salida es:

$$\bar{V}_o = \frac{\sqrt{2}V}{\pi}(1 + \cos \alpha) \quad (14)$$

Para un ángulo de disparo de $\alpha = 47^\circ$, $\bar{V}_o = 47\text{V}$ y para una resistencia de limitación de $R = 10 \Omega$ La corriente promedio será:

$$I_o = \frac{166.58 - 1.4}{10} = 16.52 \text{ A}$$

Para los tiristores y los diodos se deben calcular el valor medio y el valor eficaz para un ángulo de disparo de $\alpha = 0^\circ$, los cuales son:

$$I_o = \frac{\sqrt{2} \times 220 - 1.4}{10} = 19.66 \text{ A}$$

$$\bar{I}_Q = \frac{1}{2} \bar{I}_o = \frac{1}{2} \times 19.66 = 9.83 \text{ A}$$

$$\tilde{I}_{D1} = \sqrt{\frac{1}{2}} \bar{I}_o = \sqrt{\frac{1}{2}} \times 19.66 = 13.9 \text{ A}$$

El valor máximo de tensión que soportará el tiristor o el diodo, será: $\sqrt{2}V = 311\text{V}$
De la serie de Fourier se determina el factor de rizado de corriente:

DC COMPONENT =	1.479248E+01	
HARMONIC	FREQUENCY	FOURIER
NO	(HZ)	COMPONENT
1	5.000E+01	7.242E-05
2	1.000E+02	1.473E+01
3	1.500E+02	2.320E-05
4	2.000E+02	3.210E+00
5	2.500E+02	1.295E-05
6	3.000E+02	1.677E+00
7	3.500E+02	8.754E-06
8	4.000E+02	1.711E+00
9	4.500E+02	5.916E-06
10	5.000E+02	1.440E+00

$$r_v = 73.17\% = 0.7317$$

El rizado debe ser del 3 %, entonces se debe reducir a:

$$\frac{r_{vr}}{r_v} = \frac{3}{73.16} = 0.041$$

El filtro LC pasa bajo de la figura 10 y para el caso más desfavorable que es en circuito abierto y para un buen filtrado debe cumplirse que $2\omega L \gg 1/2\omega C$

Entonces se tiene [4]:
$$\frac{V_{or}}{V_o} = \frac{1}{4\omega^2 LC} = 0.041 \quad (15)$$

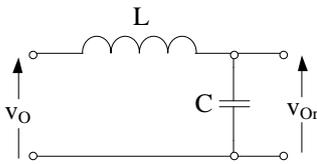


Figura 10. Filtro LC

Resulta:
$$LC = \frac{1}{4(2\pi 50)^2 0.041} = 100 \times 10^{-6}$$

Existe una inductancia crítica que asegura que la corriente sea continuada, bajo esta condición de

[4]:
$$L = \frac{\sqrt{2} R}{2\omega} \frac{V_{or}}{V_o} 3 = \frac{\sqrt{2} 10}{2 \times 2\pi \times 50} 0.73 \times 3 = 49.3 \text{ mH} \quad (16)$$

$C = 2000 \mu\text{F}$

Volviendo a la simulación, los resultados son:

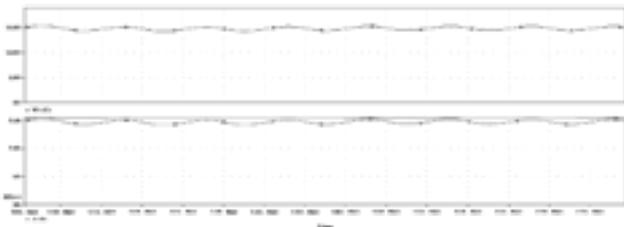


Figura 11. a) Voltaje de salida $v_o(t)$ y b) corriente de salida con filtro

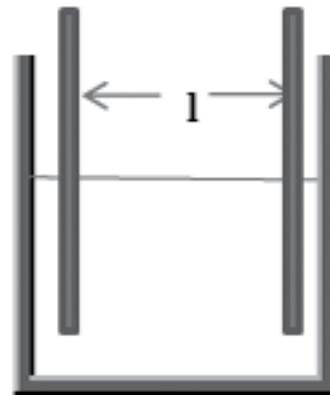
DC COMPONENT = HARMONIC NO	FREQUENCY (HZ)	FOURIER COMPONENT
1	5.000E+01	3.165E-03
2	1.000E+02	4.381E-01
3	1.500E+02	5.995E-04
4	2.000E+02	2.445E-02
5	2.500E+02	3.335E-04
6	3.000E+02	5.762E-03
7	3.500E+02	2.317E-04
8	4.000E+02	3.269E-03
9	4.500E+02	1.789E-04
10	5.000E+02	1.838E-03

El rizado de corriente, es $r_i = 2.11 \%$

3.1. LEYES FUNDAMENTALES DE LA ELECTROLISIS

Están basados en las leyes de Faraday las cuales son:

+ (libera) - (deposita)



Primera Ley de Faraday: La masa (m) de cualquier sustancia liberada o depositada en un electrodo es proporcional a la carga eléctrica (Q, esto es el número de Coulombs) que ha pasado por el electrolito.

$$m \propto Q \quad (17)$$

$$m = HQ \quad (H: \text{equiv. electroquímico}) \quad (18)$$

$$H = \frac{Eq - g}{F}$$

$$Q = I \times t \quad (19)$$

Donde:

$$H = \frac{Eq - g}{96500} \quad \therefore \quad Eq - g = \frac{\text{peso atómico}(A)}{\text{Valencia}(n)}$$

$$\text{Entonces: } H = \frac{A}{n \times 96500} \quad (20)$$

La masa depositada es:
$$H = \frac{A}{n \times 96500} \quad (21)$$

El rendimiento de corriente (η) es la relación que existe entre la masa práctica y la masa teórica.

Entonces la masa practica (m_p) es :

$$m_p = \eta \frac{A \times I \times t}{n \times 96500} \quad (22)$$

Segunda Ley de Faraday: indica que si se hace pasar una determinada cantidad de electricidad por un sistema que contiene dos o más celdas conectadas en serie y que contienen diferentes electrolitos y/o electrodos, entonces la relación entre las masas que se deposita o libera en los electrodos es proporcional a la relación que se da entre sus pesos equivalentes.

El más sencillo sistema de electrodeposición consiste en una solución que contiene el metal a depositar y el ánodo iguales. Se considera como ejemplo un baño ácido. Si entre los electrodos de tal baño se mantiene una definida fuerza electromotriz o voltaje con un rectificador controlado, a través de una solución pasa continuamente una corriente. La fuerza de tal corriente depende de la resistencia del baño y de la f.e.m. aplicada de acuerdo con la ley de Ohm. Así si la resistencia del baño es de 0,03 ohm y la f.e.m. es de 6 volt, es aplicada la intensidad.

$$i = \left(\frac{V}{s}\right) = \left(\frac{6}{0,03}\right) = 200 A$$

$$\text{Si se tiene } 1 V, \quad i = \left(\frac{1}{0,03}\right) = 33 A$$

$$\text{Y si se tiene } 0,1 V, \quad i = \left(\frac{0,1}{0,03}\right) = 3,3 A$$

En otras palabras considerando el baño ideal, puede fluir a través de la solución una corriente determinada incluso pequeña si una diferencia de potencial (d.d.p.), también pequeña, es mantenida entre ánodo y cátodo, para el caso ideal se encuentra:

1. Para que una corriente pase a través de una solución no es necesaria ninguna mínima, determinada diferencia de potencial.
2. La corriente que pasa sigue la ley de Ohm

Dichas condiciones son aproximadamente alcanzadas siempre si:

1. Los ánodos son prontamente atacados por la solución durante la electrolisis
2. Los productos de la corrosión anódica son completamente solubles en la solución
3. La composición de la solución es siempre uniforme

4. La densidad de corriente es tal que no produce una apreciable cantidad de hidrógeno en los cátodos, de oxígeno en los ánodos
5. El metal del cátodo no es muy diferente en composición, estructura y propiedades electroquímicas del metal que debe ser depositado. Los efectos de causas distintas de tales condiciones son considerados separadamente.

Por tanto, el objeto de dilucidar el mecanismo real de la electrodeposición en relación a la corriente, es necesario primero aclarar el concepto de un factor fundamental el llamado potencial de electrodo. Téngase presente que por electrodo entendemos ahora el sistema metal solución.

Todas las sustancias inmersas en un líquido manifiestan una cierta tensión de solución, que asume el nombre de tensión electrolítica de solución cuando dichas sustancias son capaces de formar iones. En otros términos, refiriéndonos a los metales, se define tensión electrolítica de solución de un metal la fuerza de la cual éste tiende a pasar en solución al estado de ión, está fuerza es análoga a una presión del tipo de la osmótica dada por las partículas de un soluto en una solución.

Ahora veamos lo que ocurre sumergiendo un metal en una solución de una sal suya.

Un cierto número de iones positivos tenderá a pasar en solución bajo influencia de la tensión electrolítica de solución del metal y esta propiedad será más o menos grande según la naturaleza fisicoquímica del metal mismo, por otra parte, este proceso de ionización es obstaculizado por los iones metálicos que se encuentran ya en la solución y que tienden a abandonar la solución para depositarse sobre el metal, tendencia que es medida por la presión osmótica del líquido.

El intercambio de las partículas cargadas no dura indefinidamente, puesto que bien pronto se establece un equilibrio entre los dos tipos de cargas opuestas. Se pueden presentar tres casos:

1. La tensión electrolítica de solución P del metal es mayor que la presión osmótica π de los iones del metal en la solución. En tal caso se encuentra un fenómeno análogo al de una masa salina sumergida en una solución de la misma sal no saturada, es decir la masa se disuelve. El metal por tanto, cede cationes, es la tendencia de los iones a separarse del metal, de ello resulta que, en definitiva, la solución se carga positivamente mediante los cationes recibidos y el metal se carga negativamente, ver figura 12.

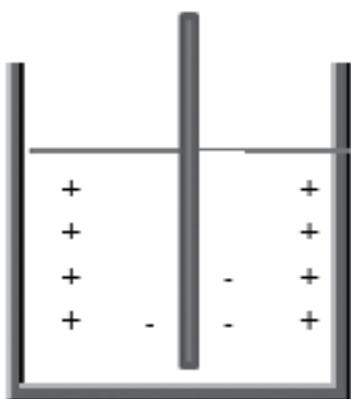


Figura 12. Tensión eléctrica mayor a la presión osmótica

2. La tensión electrolítica de solución P del metal es menor que la presión osmótica π de los iones del metal en solución. Aquí la tendencia de los iones a abandonar la solución prevalece y por consiguiente, el metal se carga positivamente respecto a la solución. Ver figura 13.

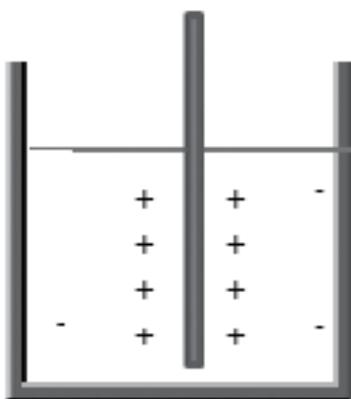


Figura 13. Tensión eléctrica menor a la presión osmótica

3. La tensión electrolítica de solución P del metal es igual a la presión osmótica π de los iones del metal en solución. En este caso, siendo la tendencia de los iones superarse del metal exactamente compensada por su tendencia a abandonar la solución, no se originan intercambios de partículas cargadas y por esto no hay ninguna diferencia de potencial entre metal y solución, ver figura 14.



Figura 14. Tensión eléctrica igual a la presión osmótica

Con estas consideraciones pensando que el proceso de intercambio de iones entre un metal y una solución de una sal suya, Nernst planteó la fórmula relativa al potencial de electrodo

$$E = E^{\circ} - \left(\frac{RT}{nF}\right) \times 2,303 \log Q \quad (23)$$

Dónde: E° es el potencial normal, R es la constante molar de los gases, T es la temperatura absoluta; F, el valor numérico de Faraday y Q es la misma función de las concentraciones de los reaccionantes y productos de la reacción que aparece en la constante de equilibrio.

Esta ecuación se aplica igualmente bien a una semirreacción de reducción o a la reacción total de la pila. A 25°C, midiendo los potenciales en voltios, la ecuación toma la forma

$$E = E^{\circ} - (0,05916 \log Q/n) \quad (24)$$

3.2. APLICACIÓN DE LA ELECTRÓLISIS AL CROMADO

3.2.1. PROPIEDADES DEL CROMADO.- El cromo resiste muy bien la acción corrosiva, lo mismo como electrodeposición de acabado (cromado decorativo) que como electrodeposición adecuada para conferir a determinadas piezas propiedades de dureza (cromado duro).

En primer caso el cromo se deposita sobre superficies brillantes, generalmente de Niquel, como una finísima capa de barniz transparente. El depósito es generalmente de 0,00025-0,0050 mm con un tiempo de electrodeposición de 2 a 5 minutos, posee un característico aspecto brillante que confiere a las piezas una notable transparencia y les confiere una buena protección.

En el cromado duro, llamado también de espesor o industrial, el objeto que se persigue es de carácter fisicomecánico, a fin de hacer que ciertas piezas sean aptas para sostener determinados esfuerzos tales como pernos, árboles de motores, etc.

Las piezas cromadas conservan su brillo por mucho tiempo, los ácidos corrientes no lo atacan excepto los Ácidos Clorhídrico, Sulfúrico y Oxálico.

3.2.2. ELECTROLITOS.- Para evitar que se escamen los depósitos de Cromo es preciso llenar las siguientes condiciones.

- Presencia de ácidos o de anhídridos crómicos
- Presencia de una sal trivalente de cromo, por ejemplo, el sulfato triple de cromo
- Presencia de un cromicromato.

Se empleará por ejemplo un baño compuesto de:

Agua	50L
Oxido Crómico	1 a 2,5 kg
Ácido Sulfúrico	1 a 2,5 kg
Sulfato crómico	1 a 2,5 kg
Anhídrido Crómico	12,5 kg

A un rango de temperatura de 30°C a 45°C, se necesita una corriente de 10 amperios por decímetro cuadrado de superficie catódica, con una tensión de 3,5 a 6 voltios.

3.2.3. MARCHA DE LA ELECTROLISIS.- La calidad del depósito depende en gran parte de la temperatura del baño debe operarse entre 30 y 40°C, si se aumenta la temperatura de los baños para hacer más rápida la operación, pero para obtener depósitos brillantes es preciso trabajar con baños más diluidos, incluso por precaución se debe trabajar a esas temperaturas porque durante el cromado se desarrolla calor y la temperatura del baño tiende a subir.

Los depósitos deben realizarse sobre superficies pulidas, debido a su dureza característica, es inatacable por los abrasivos y resultaría difícil de pulir después.

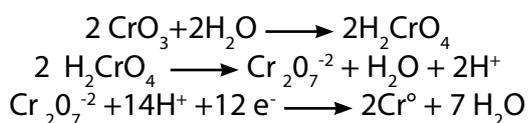
3.2.4. ÁNODOS.- Los ánodos más convenientes son las de Plomo (mejor las de peróxido de plomo). Su superficie será del doble de la del cátodo y se coloca a regular distancia. En muchos casos conviene tener a mano unos ánodos suplementarios al objeto de llevar la acción electrolítica a los puntos más distantes de los ánodos fijos. Un ánodo que esté trabajando bien debe tener un color grisáceo de óxido de plomo. Si el ánodo tiene un color amarillento es que se ha formado una capa de cromato de plomo debido a que hay poca densidad de corriente. Conviene sacar los ánodos del electrolito cuando no esté en operación.

3.2.5. REACCIÓN ANÓDICAS Y CATÓDICAS.- En el curso de la electrólisis, parte del contenido de cromo hexavalente de la solución es reducido en el cátodo a la forma trivalente; aunque en el ánodo tiene lugar cierto grado de oxidación, éste no es de ningún modo completo, por lo que durante el funcionamiento normal se acumulan en la solución compuestos de cromo trivalente, esto es, sulfato de cromo, $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$, y dicromato crómico, $\text{Cr}_2(\text{Cr}_2\text{O}_7)_3$. Aunque parte se pierde por "arrastre", no debe permitirse que su concentración llegue a ser excesiva, puesto que

los compuestos de cromo trivalente tienen el efecto de estrechar los límites de las condiciones de trabajo de la solución de cromado brillante y de disminuir su conductibilidad. Por otra parte, una moderada concentración de cromo trivalente parece incrementar algo el poder de penetración de la solución.

El proceso de cromado decorativo convencional con baños de cromo hexavalente (Cr+6), se lleva a cabo en tanques que contienen soluciones con óxido crómico (Acido crómico anhidro, CrO3). Ahora bien aunque existen diferentes teorías sobre el mecanismo de reacción para la formación del depósito de Cromo hexavalente, este se puede resumir en los siguientes pasos

Reacción de reducción de Cromo:



Si fuese necesario reducir el contenido en sulfato, esto se efectúa mejor por adición de hidróxido bórico, Ba(OH)₂ · 8 H₂O.

3.2.6. CELDAS ELECTROLÍTICAS.- Son depósitos que contienen las soluciones galvánicas, las cuales son preparadas en las mismas, estas tinas pueden ser de: PVC, plástico, fibra de vidrio, hierro recubierto con fibra de vidrio, hierro esmaltado, etc., dependiendo mucho de la capacidad y del tipo de solución (ácido o base a contener).

3.2.7. VOLTAJE.- El voltaje está determinado por la configuración de la cuba y los electrodos. Lo que hay que controlar es la intensidad. De cualquier manera el voltaje suele estar por debajo de los 7 voltios.

3.2.8. CÁLCULO DE TIEMPO DE DEPOSICIÓN DEL CROMO EN UNA PIEZA:

Pieza cilíndrica de las siguientes dimensiones:
Longitud= 1 m=10 dm
Diámetro= 4 cm=0,4 dm

Las condiciones de electrolisis son:

El rendimiento de corriente (η) = 90%
Densidad de corriente (D)= 10 amp/dm²
Espesor (e) = 0,0005 mm =0,00005 cm

• El Área de la pieza a ser cromada es:
 $A = L \times \pi \times \phi$ entonces :

$$A = 10 \text{ dm} \times 3,1416 \times 0,4 \text{ dm} \therefore A = 12,56 \text{ dm}^2 = 1256 \text{ cm}^2$$

• Tomando en cuenta que la densidad de corriente es la relación entre la intensidad de corriente y área tenemos que: $I = D \times A$

$$I = 10 \frac{\text{amp}}{\text{dm}^2} \times 12,56 \text{ dm}^2 \therefore I = 125,6 \text{ amp}$$

• La masa depositada será: $m = \delta \times A \times e$

$$m = 7,19 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 1256 \text{ cm}^2 \times 0,00005 \text{ cm}$$

$$\therefore m = 0,4515 \text{ g}$$

• Tomando en cuenta la primera Ley de Faraday y la deducción de la formula

$$t = (m \times n \times \frac{96500}{\eta \times A \times I})$$

• Tenemos que el tiempo de deposición necesaria es:

$$t = \frac{(0,4515 \times 6 \times 96500)}{(0,9 \times 51,996 \times 125,6)} \therefore t = 49,48 \text{ s}$$

3.2.9. TAMAÑO DE LA CELDA ELECTROLÍTICA

Para las dimensiones de la celda electrolítica se debe tomar en cuenta el tamaño del material a recubrir, **una propuesta de tamaño de la cuba electrolítica**, para las dimensiones de un cilindro anteriormente expuesto en el ejemplo de cálculo de tiempo de deposición se podría utilizar las siguientes dimensiones:

Longitud: 1,5 m; Ancho: 1m; Profundidad 0,5 a 0,8 m

3.2.10. Colocación de las piezas y electrodos en el baño galvánico.

Aunque de forma general, la densidad de la corriente utilizada en un determinado proceso galvánico puede calcularse, dividiendo la intensidad de la corriente utilizada entre al área de la pieza:

$$D = I/A$$

Donde: I= Intensidad de la corriente en amperes.
A= Área de la pieza en D_m

La distribución real de la densidad de corriente puede ser muy diferente de unas zonas a otras de la pieza colocada en el baño, y con ello producirse una capa de grosor diferente (e incluso defectuoso), en cada una, si no se tienen en cuenta ciertos factores geométricos que garantizan la igualdad de la densidad de corriente en todas la áreas de la pieza. Entre esos factores geométricos están:

1. Similitud entre el relieve de la pieza y forma de los electrodos.
2. Posición de los electrodos con respecto a la pieza.
3. Distancia entre los electrodos y la pieza.
4. Profundidad de inmersión de la pieza en el baño.
5. Modo en que se cuelgan las piezas dentro del baño. En las figuras 15, 16 y 17 se muestran esquemas que ilustran la influencia de algunos de estos factores en la continuidad de la capa depositada.

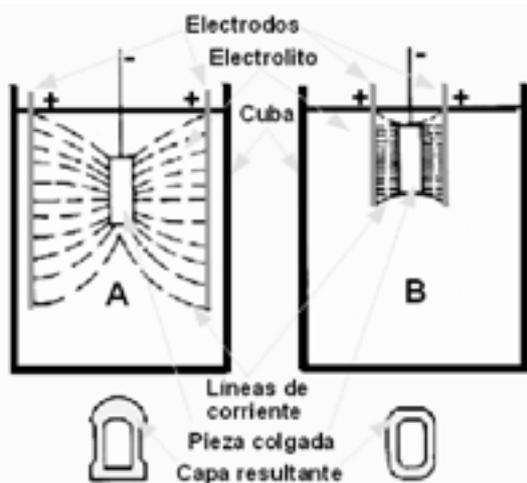


Figura 15. Influencia del tamaño y colocación de los electrodos así como de la profundidad de inmersión de la pieza en el espesor de la capa de recubrimiento

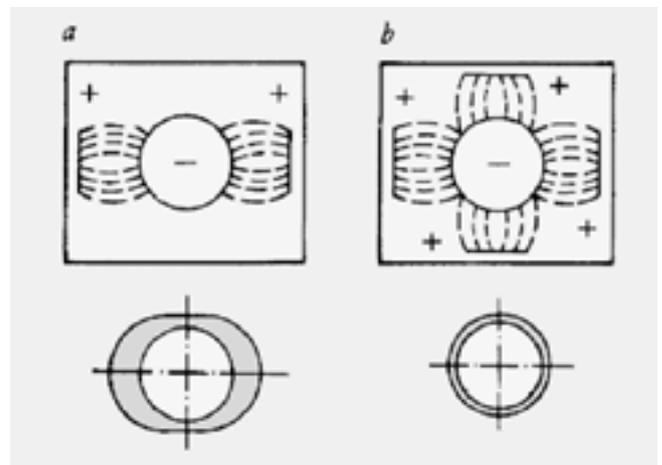


Figura 16. Influencia de la colocación de los electrodos en relación con una pieza cilíndrica sobre la distribución de la capa de recubrimiento.

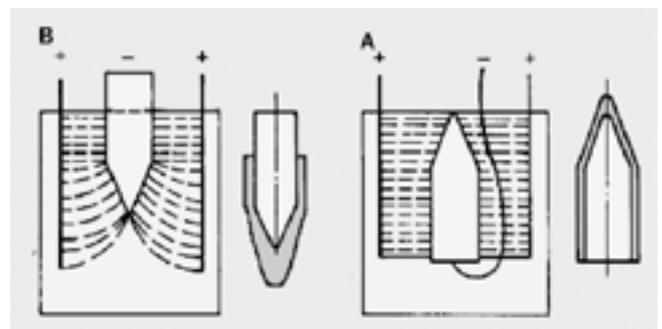


Figura 17. Influencia de la forma de colgar la pieza sobre la distribución de la capa de recubrimiento en el borde filoso.

Observe la figura 15, en ella se han representado dos variantes de colocación de la pieza y los electrodos, en una cuba galvánica.

Con la disposición de la parte A, cuyo resultado se muestra abajo, el espesor de la capa de recubrimiento obtenida es muy desigual en las diferentes zonas de la superficie de la pieza. Debido a la longitud y separación excesiva de los electrodos, así como a la gran profundidad de inmersión de la pieza, las líneas de corriente pueden llegar desde muchas direcciones a algunas partes de ella, esto produce una densidad de corriente desigual que genera capas de espesor variable.

En la parte B el problema ha sido resuelto, se han acortado los electrodos y acercado a la

pieza, además se ha reducido la profundidad de inmersión. Con esta nueva disposición, toda la superficie de la pieza recibe la misma densidad de corriente, y la capa se produce continua y homogénea como se muestra abajo.

En la figura 16 se muestra la influencia de la disposición de los electrodos (ánodos) sobre la distribución de la capa de recubrimiento para una pieza cilíndrica. En la parte a, la colocación es incorrecta, el problema se ha resuelto en el dibujo b.

En la figura 17 se puede ver la influencia del modo de colgar la pieza en la distribución de la capa en el caso de bordes agudos. En la parte A se produce un incremento excesivo en el borde, con el colgado mostrado en la parte B el problema se resuelve.

4. CONCLUSIONES

- Los resultados de simulación indican que el rectificador monofásico de media onda no se adecúa para la aplicación en electrólisis, presenta un elevado factor de rizado. Al contrario el rectificador trifásico de onda completa entrega una corriente de un rizado de corriente bastante bajo, por tanto excelente para la electrólisis, la desventaja es que la regulación de corriente necesita de electrónica de control que puede encarecer los costos.
- El rectificador controlado monofásico en puente incluido el filtro se muestra como el mejor equipo de alimentación de corriente para una cuba electrolítica, se ha evitado el uso del transformador y controlando el ángulo de disparo por modulación de ancho de pulso es posible regular la corriente y con el filtro LC se ha visto que el rizado de corriente es bastante aceptable para la electrólisis.
- Las leyes de la electrólisis nos dan la cantidad de sustancia que puede ser liberada por una corriente determinada y no nos dan la indicación del voltaje necesario, el cual es empleado para producir una corriente dada

determinada, con el amperaje, la potencia necesaria para el proceso, es decir la energía eléctrica necesaria.

- Debido a que el cromado es muy sensible a la distribución de densidad de corriente, se debe distribuir de manera adecuada el o los ánodos para que se crome lo mejor posible, el problema suele ser el tamaño de las cubas, que cuando son pequeñas la diferencia de distancia entre los puntos más cercanos al ánodo y los más lejanos son significativos.

En este trabajo se dan los lineamientos a seguir para hacer el montaje de una cuba electrolítica, y se muestra además la posible disposición de los electrodos y los comentarios y recomendaciones que servirán para evitar posibles fallas al momento de la puesta en marcha.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] N. Mamani V. *Electronica Industrial*, UMSA, 2009.
- [2] S.B. Dewan, A. Straughen, *Power Semiconductors Circuits*, Jhon Wiley and Sons, 1975.
- [3] E. Figueres A., J. M. Benavent G., *Simulación de Circuitos Electrónicos de Potencia con Pspice*, Alfaomega, Universidad Politecnica de Valencia, 2001.
- [4] G. Herranz. A. *Electrónica Industrial I y II, Circuitos de Potencia*, 2da Edición Madris, 1990.
- [5] M. H. Rashid, *Electrónica de Potencia, Circuitos, Dispositivos y Aplicaciones*, 2da. Edición, Prentice Hall, 1993.
- [6] D. Rubner, *Métodos Modernos y Prácticos de Dorado, Plateado, Niquelado, Cromado y Metalizaciones diversas*, tomo I,II y III.
- [7] Perry, *Manual de Ingeniero Químico*.
- [8] <http://www.monografias.com> > Ingeniería
- [9] <http://www.todoexpertos.com> > Ciencias e Ingeniería > Química
- [10] <http://www.puch-avello.com/t1225-cromado-electrolitico>
- [11] O. J., Suarez Garcia, *Obtención y caracterización electroquímica y estructural de recubrimientos de cromo decorativo a*

partir de soluciones de cromo trivalente. Trabajo de grado presentado para optar al título de: Maestría en Materiales y Procesos. Universidad Nacional de Colombia.2010

BIOGRAFIAS

Matilde Callisaya Ticona

Licenciada en Química Industrial, docente de la Facultad de Tecnología en la carrera de Química Industrial

Néstor S. Mamani Villca

Ingeniero Electricista, docente de la Facultad de Tecnología en las carrera de Electricidad y Electromecánica, docente de la Facultad de Ingeniería, UMSA, proyectista autorizado en Instalaciones de Gas Domiciliarios, Multifamiliares e Industriales, INFOCAL.



CURSO LÍNEAS DE TRANSMISIÓN
ING. FELIX MEZA ROSSO
14 - 15 DE DICIEMBRE



Presentación del curso: Ing. Félix Meza, Reynaldo Castañón y Oscar Eulate



Ing. Félix Meza en plena exposición



VISTA DE LOS PARTICIPANTES



Alejandra Trujillo obsequiando la Chamarra del CIEE al expositor



El expositor respondiendo las consultas



VISTA GLOBAL DE TODOS LOS PARTICIPANTES

PODEROSA MORENADA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA SANTA BÁRBARA - Diciembre 2012



La alegría de la Banda, previo a la Gran Entrada

Moises Montecinos y Gervacio García



Los pasantes 2012 encabezando la Fiesta



La belleza de las Chinas Morenas



Bloque femenino Santa Bárbara



Los guías de la comparsa

FRATERNIDAD EDEL-SANTA BÁRBARA
DICIEMBRE 2012
LOCALIDAD DE PALOS BLANCOS



Gallardas y bellas participantes



Ing. Héctor Maldonado acompañado de las Bellas Chinas



Las entusiastas morenas de EDEL



Listos para la Gran Entrada



Bloque de morenos bailando con alegría



Morenos y morenas en pleno baile



Los cabecillas de la fraternidad



Fraternos posando para la posteridad



V COMPETENCIA NACIONAL DE DESTREZA DE LINIEROS COMPAÑÍA ELÉCTRICA SUCRE S.A. 11 AL 12 DE DICIEMBRE 2012



Ing. Alfredo Deheza, acompañado de su personal y participantes



Cuadrillas que participaron



El Jurado Calificador, inaugurando la Competencia



Vista del Escenario de la competencia



1er. Lugar: Liniero de Oro SEPSA



2do. Lugar los Anfitriones Liniero de Plata CESSA



3er. Lugar: Liniero de Bronce EDEL-SAM



Liniero de Bronce: Cuadrilla de SEYSA

REHABILITACIÓN COMPLEJO METALÚRGICO KARACHIPAMPA

Ramiro Choque Chino, Edgar Fernández Herrera

I. ANTECEDENTES

El Complejo Metalúrgico de Karachipampa (CMK), que utiliza el procesos Kivcet para la fundición de concentrados de plomo-plata, fue terminado de construir el año 1983, desde entonces la planta no entró en operación, debido a la falta de un suministro regular de concentrados.

A partir de D.S. 21060 del 29 de agosto de 1985, el Complejo Metalúrgico de Karachipampa se encuentra bajo la administración de la COMIBOL. El año 2005 COMIBOL suscribe un contrato de riesgo compartido con la empresa Atlas Precious Metals Inc (APMI) para la puesta en marcha de la planta.

Al no cumplir con los términos contractuales, COMIBOL cierra el contrato con la empresa APMI, y El 23 de enero del 2011 APMI devuelve a COMIBOL la planta de Karachipampa.

A partir de febrero del 2011, COMIBOL inicia el proyecto de rehabilitación de CMK, con el propósito de iniciar operaciones productivas en dicha planta, con personal técnico netamente boliviano

II. TECNOLOGÍA INSTALADA EN EL COMPLEJO METALÚRGICO DE KARACHIPAMPA

El Complejo Metalúrgico de Karachipampa fue construido para el tratamiento de concentrados de plomo-plata con el propósito de producir plomo metálico y plata de alta pureza.

El flujograma tecnológico a emplearse en el transcurso del funcionamiento de la planta comprende tres secciones, las cuales son:

1. Fundición

- a. Proceso de fusión Kivcet
- b. Proceso de reducción Horno Eléctrico
- c. Tratamiento de gases de fundición

2. Refinación

Procesos Pirometalúrgicos:

- a. Proceso de Licuación
- b. Proceso Harris
- c. Proceso Colcord (Descobrado)
- d. Proceso Parkes (Desplatado)
- e. Proceso Kroll-Betterton (Deszincado, desbismutado)
- f. Proceso Peñarroya (Mata y Speiss de cobre)

Procesos Hidrometalúrgicos

- a. Proceso de Arseniato de calcio
- b. Proceso de Estannato de calcio
- c. Proceso de Antimoniato blanco

3. Metales Preciosos

- a. Proceso de segregación
- b. Proceso Junker
- c. Proceso de Copelación
- d. Procesos de Electrólisis

En cada una de estas secciones se realizan diferentes operaciones unitarias que permiten en la primera sección fundir el concentrado, obtener plomo metálico, polvos y escoria; luego se pasa a la segunda sección de refinación del plomo de obra producido hasta obtener plomo refinado y el tratamiento de los subproductos hasta obtener productos finales y finalmente la tercera sección para recuperar su contenido de plata y su posterior refinación hasta alcanzar plata de alta pureza.

III. FASE DE MONTAJE

En fecha 1 de julio de 1979, se inicia las primeras labores con de movimiento de tierras, excavaciones y nivelaciones. El proyecto entra en ejecución, con las construcciones civiles e inicio de montaje de equipos y maquinarias por parte del Consorcio Klockner – Sidech y otros contratistas y subcontratistas, el 9 de septiembre de 1979.

Datos de construcción y montaje:

- Duración del montaje: 52 meses
- Mano de obra empleada: 4.628.721 horas/hombre

Principales trabajos efectuados:

- Obras civiles: 206.703 m³ excavaciones
20.132 m³ hormigón
1.135 t acero
- Montaje estructuras: 3.728 t estructuras
25.468 m tuberías
4.337 m² refractarios
- Montaje eléctrico: 261.193 m cable eléctrico
537 motores
327 tableros

El 17 de enero de 1984 se concluye oficialmente con la construcción de obras civiles y montaje de maquinarias y equipos.

IV. FASE DE REHABILITACIÓN

En febrero de 2011 la COMIBOL inicia los trabajos de rehabilitación del Complejo Metalúrgico de Karachipampa, para lo cual realiza los siguientes trabajos:

A. Trabajos realizados y diagnóstico inicial de equipos

Como cualquier proyecto, los equipos montados del Complejo Metalúrgico de Karachipampa, deben pasar por una etapa de pre-commissioning, donde se planificaron los trabajos de evaluación de las instalaciones, verificando que las mismas cumplen las especificaciones de diseño y montaje. Por otra parte como la planta no entró en operación y estuvo parada por 28 años, los trabajos de pre-commissioning no son suficientes para la puesta en marcha, se tuvieron que realizar y planificar trabajos de mantenimiento correctivo, previas pruebas de evaluación y diagnóstico, tanto mecánico, eléctrico y de los sistemas de control y automatización, debido a la degradación por tiempo que sufrieron los diferentes equipos, tales como: Oxidación, degradación

de lubricantes, degradación de materiales plásticos, etc. Finalmente se programan trabajos de rehabilitación de equipos de combustión, modificaciones e instalación de nuevos equipos y/o sistemas adicionales.

Como apoyo técnico, en marzo de 2011 COMIBOL contrata una empresa extranjera "Zincobre", quienes realizan una auditoría técnica y evaluación de los equipos y trabajos realizados a la fecha. A la conclusión del contrato Zincobre elabora un informe de recomendaciones y observaciones que deben ser solucionados para la puesta en marcha, en dicho informe desacreditan la funcionalidad del Horno Kivcet, planteando un rediseño del mismo. El personal técnico de EMK juntamente con expertos nacionales, analiza las observaciones y rechaza el rediseño del Horno Kivcet, garantizando su correcta operación con los ajustes técnicos necesarios, por lo que COMIBOL cierra el contrato con Zincobre.



Fig. 1. Diagnóstico de alineación de ejes motor-compresor.



Fig. 2. Mantenimiento de interruptores de Media Tensión 6.6KV

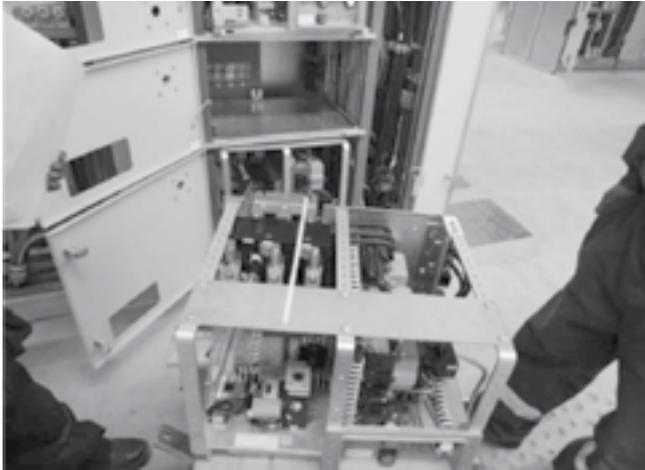


Fig. 3. Revisión y corrección de conexiones en MCC y circuitos de mando automático.



Fig. 4. Instalación de Autómatas programables, migración y cambio tecnológico de sistemas de control.



Fig. 5. Instalación y montaje de sistema de descargas de concentrados.

B. El mantenimiento y los trabajos de preparación de puesta en marcha

Para conseguir y garantizar el éxito de la puesta en marcha, COMIBOL contrata una empresa nacional "Therconsult", para evaluar y asesorar los trabajos de readecuación, mantenimiento y organización del complejo metalúrgico, bajo 20 actividades a desarrollar tanto en mantenimiento como en procesos; las actividades intervenidas para el mantenimiento fueron:

1. Certificación de los trabajos de mantenimiento realizados previo a la consultoría.
2. Efectuar el diagnóstico de los diferentes equipos mecánicos y eléctricos.
3. Asesoramiento en elaboración de protocolos, procedimientos y registros.
4. Verificación de la disponibilidad de las fuentes de suministro de: Energía eléctrica, gas, natural, agua, materia prima, etc.
5. Asesoramiento en el proceso de contratación de personal y programas de entrenamiento.
6. Asesoramiento en la selección de equipos de diagnóstico para mantenimiento mecánico y eléctrico.
7. Planificación de la puesta en marcha.
8. Asesoramiento en la determinación de la logística de repuestos críticos.
9. Asesoramiento en la estandarización de repuestos de equipos y maquinarias.
10. Evaluación de los sistemas de control y automatización de CMK

C. Gestión de suministro de servicios

Como parte de las tareas de readecuación del CMK para su puesta en marcha, la unidad de mantenimiento ha realizado las gestiones técnicas para poder contar con los principales servicios de:

1. Energía Eléctrica: Para una demanda de 8MW
2. Gas Natural: Para un consumo de 2,3 MMPCD
3. Agua: Para un consumo de 10 l/s

Para lo cual se tuvieron que cumplir las normativas actuales que exigen las instancias reguladoras de dichos servicios;

donde principalmente se tuvieron que afrontar trabajos de readecuación, modificaciones e implementaciones en los diferentes sistemas.

V. GESTIÓN DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

A. Introducción.

La potencia instalada del sistema de media tensión del Complejo Metalúrgico Karachipampa es 16.45 [MVA] que constituye: 6 transformadores de potencia 6,6/0,4 KV, 1 un transformador para el horno eléctrico DEMAG de 6,6/0,123 KV, 1 un transformador para el Horno de inducción Junker de 6,6/0,3-0,6-0,9 KV, 2 motores compresoras de 600 KW 6,6 KV, 1 un motor compresora de oxígeno de 1100 KW 6,6 KV y 1 un grupo generador de emergencia de 1,65 [MVA] 6,6 KV.

En baja tensión constituye de 537 motores de 380 V, 327 gabinetes industriales, 261.193m de conductores eléctricos.

B. Antecedentes.

La Sociedad del Complejo Metalúrgico Karachipampa (SCMK) solicitó la provisión de energía eléctrica a ENDE, la cual para este fin proyectó la instalación de una turbina a gas en la localidad de Karachipampa adyacente a la planta de CMK.

Con la finalidad de estudiar la alimentación de energía eléctrica a la subestación, se reunieron en fecha 14 mayo de 1980 representantes de ENDE, SCMK-ENAF, KHD y ASEA donde presentan dos alternativas:

1. Tendido de la línea directa S/E Potosí - S/E SCMK. Derivación y corte de la línea Potosí-Sucre a la subestación eléctrica de SCMK para posibilitar doble ingreso de alimentación a la sub-estación eléctrica del Complejo.
2. ENDE presenta alternativa de instalar una turbina a gas natural, con capacidad de 20 MVA con transformador de potencia de 10 MVA cada uno, tensión de 69/6.6 KV.

Conglomerando el suministro de energía eléctrica al complejo mediante la turbina, línea Sucre-S/E Karachipampa y la línea Potosí- S/E Karachipampa.

El año 1980 se decidió definitivamente que la instalación de la Sub-Estación eléctrica se efectuara de manera conjunta entre ENDE y SMCK, que contempla dos alimentadores más una turbina de generación para darle mayor seguridad en el suministro de energía eléctrica.

El compromiso asumido por ENDE, para el suministro de energía eléctrica en los puntos de entrada en 69 KV y alternativa en 6,6 KV.

En el año 1981-1982, en sociedad accidental ENDE y SCMK/ENAF instalaron la sub-estación eléctrica para el Complejo, con la inversión de las partes que se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 1. Porcentaje de inversión en el montaje de S/E Karachipampa.

EMPRESAS	APORTE \$us	PARTICIPACIÓN %
SCMK/ENAF	705.669,73	67,14 %
E.N.D.E.	345.397,00	32,86 %
Total inversión	1.051.066,73	100,00 %

Posteriormente el año 1994, COMIBOL transfiere a ENDE la sub estación, repuestos y terreno por la suma de 645.540,91 \$us. Quedando la planta de Karachipampa sin conexión a una sub estación eléctrica.

C. Gestión técnica para el sumisito de energía eléctrica.

Uno de los elementos principales para el objetivo de la puesta en marcha de la planta es el suministro de energía eléctrica. La Empresa Metalúrgica Karachipampa (EMK) toma la decisión de formar parte del S.I.N. y ser suministrado de energía eléctrica como consumidor No Regulado.

Un nuevo consumidor no regulado debe cumplir los requerimientos establecidos en la Resolución y Normas Operativas siguientes:

1. SSDE 179/2006 – Procedimiento para Constituirse en Consumidor No Regulado.
2. Condiciones de Desempeño Mínimo del SIN Resolución AE N° 110/2011.
3. Norma Operativa No. 8 – Sistema de Medición Comercial.
4. Norma Operativa No. 10 – Transacciones Económicas de Agentes del MEM que operan fuera del STI.
5. Norma Operativa No. 11 – Condiciones Técnicas para la Incorporación de nuevas instalaciones al SIN.
6. Norma Operativa No. 17 – Protecciones.
7. Norma Operativa No. 20 – Habilitación de Agentes para operar en el Mercado Eléctrico.
8. Norma Operativa No. 25 – Conexiones entre Agentes del Mercado Mayorista.
9. Norma Operativa No. 27 – Boleta de Garantía para Consumidores no Regulados que operan en el Mercado SPOT.

Conforme a los puntos 3.1, 3.2 y 3.3 de la Norma Operativa N° 11, la EMPRESA debe presentar al CNDC, información técnica de sus instalaciones y los estudios eléctricos que demuestren la compatibilidad de su conexión en la subestación donde realizará su conexión al sistema, con las instalaciones existentes en su área de influencia; según el siguiente detalle:

Los estudios que la EMPRESA debe presentar al CNDC según el numeral 3, inciso d) Instalaciones de Consumidores no Regulados, del Anexo 1 de la Norma Operativa N° 11, son los siguientes:

1. Flujos de potencia (en máxima, media y mínima generación, para dos años, es decir si el proyecto ingresará el año 2011, deberá presentar la información correspondiente para el 2011 y 2012.
2. Cortocircuitos, para máxima generación de los años 2011 y 2012.
3. Coordinación de la protección.
4. Generación de Armónicas y Efecto Flicker.

Los estudios de flujos de carga deben mostrar

que el abastecimiento a la demanda de la EMPRESA, no ocasiona sobrecargas ni problemas de voltajes en la red que afecten el suministro a otros Agentes del MEM en el área de influencia.

Los estudios de cortocircuito deben demostrar que los niveles de corto circuito no superan las capacidades de interrupción de los interruptores pertenecientes a la EMPRESA.

Los estudios de protecciones deben mostrar la correcta coordinación de las protecciones de sobrecorriente de la EMPRESA con la de los Agentes en el área de influencia.

Estas empresas, deben manifestar en forma escrita su conformidad respecto a la coordinación de protecciones.

Los estudios de Armónicas y Efecto Flicker realizados, deben demostrar que los procesos industriales de la EMPRESA no generarán interferencia y fluctuaciones de voltajes en el SIN, superiores a los rangos establecidos en las Normas internacionales IEEE519 y IEEE141, respectivamente.

Señales SCADA Según el Anexo 3 de la Norma Operativa N° 11, instalaciones iguales o superiores a 5MVA, deben enviar señales para el sistema SCADA del CNDC.

En el año del 2011 por gestiones de CMK, se obtuvo la Resolución AE N° 485/2011. Tramite: Habilitación de consumidor No Regulado (otorgado por la AE).

Posteriormente la Asamblea legislativa Plurinacional aprobó la Ley N° 211. Donde modifica el inciso c) del artículo 16 e inciso a) del artículo 19 de la Ley de Electricidad N°1604.

c) Podrá suscribir contratos de compra-venta de electricidad con otros Generadores y Distribuidores, con sujeción a la presente ley.

a) Planificar la operación integral del sistema Interconectado Nacional, con el objetivo de satisfacer la demanda mediante una operación

segura confiable y de costo mínimo, priorizar en el marco de lo establecido en la Constitución Política del Estado, el abastecimiento a los consumidores domiciliarios y entidades que presenten servicios públicos de salud, educación, seguridad ciudadana y transporte público.

Por la presente modificación de la ley de electricidad y decisiones ejecutivas, decide formar parte del SIN como consumidor **Regulado** por la empresa distribuidora **SEPSA**, cumpliendo la Norma Operativa N°8, 11 y 17 mediante una consultora de servicios para el estudio - ensayos eléctricos con amplia colaboración y contribución en los estudios eléctricos por la Empresa Distribuidora **SEPSA**.

Antes de energizar todo los equipos de media tensión se efectuó las pruebas o ensayos eléctricos en los equipos, las cuales son: Pruebas y laboratorio del aceite dieléctricos de los transformadores, pruebas eléctricas en los transformadores, purificado - des gasificado y adición de inhibidor en los transformadores, mantenimiento y pruebas eléctricas en los interruptores de media tensión, ajuste (seteo) y pruebas de funcionamiento de los diferentes relés de protección, pruebas eléctricas de todo los transformadores de corriente y transformadores de tensión, pruebas de alto voltaje en todo los alimentadores cables de media tensión, etc. concluyendo que los resultados de los equipos de media tensión y equipos en baja tensión se encuentran en condiciones **ACEPTABLES** aptos para entrar en servicio; por otra parte existieron algunos equipos inaceptables que fueron rehabilitados o sustituidos y otros serán intervenidos por especialistas para su rehabilitación.

En fecha 1 de noviembre del 2012, se efectúa la prueba de campo de los relés de protección y posterior conexión al SIN en presencia de la CNDC, SEPSA, EGSA y CMK.



Fig. 6. Ajuste de los relés de protección en celdas de MT de CMK.

Obteniendo la autorización de la CNDC y SEPSA se fueron energizando todo los equipos de media tensión, realizando las pruebas en vacío y algunos bajo carga en coordinación y comunicación de los trabajos a realizar a la empresa distribuidora SEPSA.



Fig. 7. Pruebas de campo de los relés de protección, conforme el estudio de la coordinación de protección S/E EGSA

Los tres motores de media tensión constituían un sistema de arranque directo, para el cumplimiento de las Condición de Desempeño Minino y no afectar negativamente a los niveles de seguridad y confiabilidad del Sistema Interconectado Nacional, se implementó tres arrancadores suaves de media tensión Marca: ABB, para atenuar la corriente de arranque y la caída de tensión en el sistema.

VI. DEMANDA MÁXIMA DEL COMPLEJO METALÚRGICO KARACHIPAMPA

Al no contar CMK con información de la demanda [MW] para su operación, se efectuó el estudio de la demanda máxima con el objetivo principal proyectado para el desarrollo del estudio, basado esencialmente en presentar las cargas, los factores, cálculos de la demanda y determinar la Demanda Máxima de todo el sistema eléctrico que comprende el Complejo.

La Demanda Máxima y la curva diaria son datos imprescindibles para la planta, teniendo proyectado a corto plazo la conexión al Sistema Interconectado Nacional e iniciar las respectivas condiciones exigidos por el Comité Nacional de Despacho de Carga (C.N.D.C.) y la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad.

El presente estudio también se determina la cantidad de carga conectada a cada transformador, potencia activa, potencia reactiva y factor de potencia. Facilitando la verificación del dimensionamiento de los equipos eléctricos que compone cada alimentador.

Tabla 2. Demanda máxima del CMK

ALIMENTADOR	Dmax (KW)	Dmax (KVA)	Dmax (KVAR)	Cosp
Transformador "T A"	954,63	1117,79	581,49	0,85
Transformador "T B"	996,50	1178,32	628,83	0,85
Transformador "T D"	376,13	443,03	234,10	0,85
Transformador "T E"	589,08	685,34	350,25	0,86
Transformador "T G"	578,56	680,51	358,28	0,85
Transformador KIVCET	2000,00	2000,00	0,00	1,00
Transformador JUNKER	460,00	460,00	0,00	1,00
Motor compresora 3631	560,00	629,21	286,89	0,89
Motor compresora 3632	560,00	629,21	286,89	0,89
Motor compresora Oxigeno 01.10	990,00	990,00	0,00	1,00
	8064,90	8813,41	2726,73	0,92

La demanda máxima del CMK es de 8,064 [MW], corroborando que los conductores, barras, interruptores de potencia, CTs, PTs y transformadores se encuentran apropiadamente bien dimensionados.

Tabla 3. Demanda máxima en operación del CMK

ALIMENTADOR	Dmax (KW)	Dmax (KVA)	Dmax (KVAR)	Cosp
Transformador "T A"	954,63	970,00	171,99	0,98
Transformador "T B"	996,50	1020,00	217,69	0,98
Transformador "T D"	376,13	380,00	54,09	0,99
Transformador "T E"	589,08	600,00	113,95	0,98
Transformador "T G"	578,56	600,00	158,96	0,96
Transformador KIVCET	2000,00	2000,00	0,00	1,00
Motor compresora 3632	560,00	629,21	286,89	0,89
Motor compresora Oxigeno 01.10	990,00	1020,00	245,56	0,97
	7044,90	7219,21	1249,14	0,98

La demanda en operación normal de CMK será 7,044 [MW], porque un motor de 600 KW esta en STAND BY y el transformador de Horno Junkers entra funcionamiento cada dos semanas por un periodo de 16 horas continuos.



Fig. 8. Curva de carga diario de CMK, correspondiente a la tabla 3.

VII. PLANIFICACIÓN DE LA PUESTA EN MARCHA

Previamente a la puesta en marcha del Complejo Metalúrgico Karachipampa, se deben contar con el personal operativo entrenado y capacitado para realizar las operaciones correspondientes. Es fundamental contar con los procedimientos operativos, control de operaciones, recursos y cronograma de puesta en marcha, la misma que debe estar elaborado conforme a cada proceso o sistema. En cuanto a la preparación del mantenimiento, el personal de mantenimiento debe estar capacitado para afrontar los diferentes problemas generados. Es importante contar con procedimientos de control, tales como:

Procedimientos para el análisis de los trabajos, programación y preparación del trabajo, control y verificación del sistema y procedimientos generales para las tareas de mantenimiento.

VIII. PUESTA EN MARCHA

La Empresa Metalúrgica Karachipampa (EMK), inicia sus actividades operativas el 10 de noviembre del presente año, con la recepción y almacenamiento de concentrados, cuyo origen proviene de Minera San Cristóbal, con quienes se acuerda un contrato de suministro de materia prima de 10.000t. Con esta carga inicial se tiene programado dar inicio al encendido del horno principal de fundición (Horno Kivcet - Eléctrico), y de esta forma dar inicio al proceso de fundición

DATOS BIOGRÁFICOS



Ramiro Choque Chino, Nacido en Oruro el 17/03/1983. Ingeniero Electrónico mención Industrial, Universidad Técnica de Oruro, Facultad Nacional de Ingeniería, Bolivia. Maestría es

Automatización Industrial, Universidad Católica Santa Teresa de Ávila, SEASFundación San Valero, España. Desempeñó las funciones como Jefe de la División de Instrumentación y Electrónica en el proyecto del Complejo Metalúrgico de Karachipampa a cargo de la empresa Atlas Precious Metals Inc.; a partir del 2011 mantiene las funciones de Responsable de la División de Instrumentación y Automatización en el mismo proyecto bajo la dirección de COMIBOL; el 2012 cumple las funciones de Coordinador de Mantenimiento. Actualmente ejerce la función de Responsable General de Mantenimiento. Ha participado en varios cursos y seminarios tecnológicos de Automatización Industrial. Participó en calidad de expositor en el 8vo Congreso Boliviano de Ingeniería Mecánica-Electromecánica 2012, ciudad de Potosí.

Áreas de interés: Automatización industrial, instrumentación y control de procesos industriales, mantenimiento industrial.

e-mail: ing_ramiro_ch@hotmail.com

y posterior procesos de refinación, hasta la obtención de los productos y subproductos finales.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] COMIBOL – Karachipampa, documentos históricos y datos técnicos de montaje.
- [2] Edgar Fernandez, E.M.K., Informes de gestión técnica para el suministro de energía eléctrica para el Complejo Metalúrgico de Karachipampa.
- [3] Ramiro Choque, E.M.K., Informes de gestión técnica de mantenimiento para preparación de puesta en marcha del Complejo Metalúrgico de Karachipampa.
- [4] Therconsult SRL, Informes técnicos de asesoramiento en trabajos de preparación para la puesta en marcha del Complejo Metalúrgico de Karachipampa.



Edgar Fernández Herrera, Nacido en La Paz el 21/01/1980. Ingeniero Eléctrico mención Potencia, Universidad Técnica de Oruro, Facultad Nacional de Ingeniería, Bolivia.

Desempeñó las funciones como Responsable de la División de Mantenimiento Eléctrico en el proyecto del Complejo Metalúrgico de Karachipampa a cargo de la COMIBOL; el 2012 cumple las funciones de Coordinador de Mantenimiento Eléctrico-Instrumentación.

Actualmente ejerce la función de Encargado de Mantenimiento Eléctrico. Áreas de interés: Sistemas de media tensión, coordinación de protecciones en MT y BT, mantenimiento de sistemas eléctricos en MT y BT.

e-mail: fernandezhedgar@hotmail.com

COORDINACIÓN DE RELÉS DE SOBRECORRIENTE MEDIANTE EL USO DE ALGORITMOS GENÉTICOS EN REDES RADIALES DE DISTRIBUCIÓN

Gonzalo Oscar Eulate Choque - Daniel Saúl Celis Laguna

RESUMEN.- El presente artículo presenta la coordinación de la protección de relés de sobrecorriente de tiempo inverso en redes radiales de distribución, empleando algoritmos genéticos.

Abstract.- This paper presents the protection coordination in radial distribution networks of the time overcurrent relays reverse, using genetic algorithms.

Palabras Clave. Protecciones eléctricas, relés de sobrecorriente, algoritmos genéticos.

I. INTRODUCCIÓN

La variación de los parámetros de la red de distribución involucra el cambio en el ajuste de la coordinación de las protecciones.

Tomando en cuenta la cantidad de alimentadores en el nivel de media tensión con que cuentan las empresas de distribución, esta tarea puede ser realizada en un tiempo mínimo utilizando técnicas de optimización y un software que permite realizar las simulaciones de la coordinación de las protecciones así como evaluar diferentes alternativas.

En el presente artículo se plantea el proceso de la coordinación de las protecciones en redes radiales de distribución de los relés de sobrecorriente de tiempo inverso, utilizando la técnica heurística de los algoritmos genéticos.

II. RELES DE SOBRECORRIENTE DE TIEMPO INVERSO.

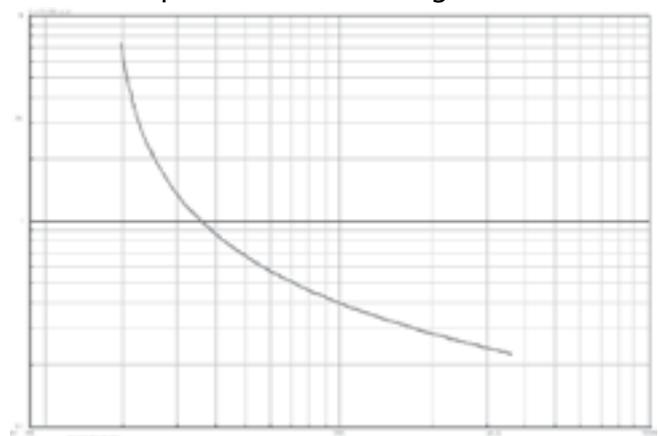
El relé de protección es un dispositivo lógico, que detecta una falla en el sistema eléctrico y aísla la parte del sistema en falla de manera automática, considerando algún criterio de detección como es la comparación de una o

varias señales de entrada con respecto a una referencia, tomando en cuenta que su operación se manifiesta cuando los valores de la entrada se desvían de la referencia. Un problema asociado con este tipo de relés, es el cálculo del ajuste de las protecciones que involucra una gran cantidad de esfuerzos destinados a la automatización de la solución de este problema.

Los relés de tiempo inverso tienen la característica de que el tiempo para operación es inversamente proporcional a la magnitud de la corriente observada. El funcionamiento de un relé de sobrecorriente depende de las siguientes variables:

- El nivel de corriente mínima de operación (o corriente de pickup TAP), que es aquel valor que produce el cambio de estado de relé.
- La característica de tiempo de operación (DIAL), es decir la forma en que el relé responde en cuanto al tiempo, tal como se presenta en la figura N° 1.

Figura N° 1: Curva de Relé de Sobrecorriente de Tiempo Inverso (escala logarítmica).



Fuente: Software Digsilent Curva Inversa Estándar IEC.

Existen varios tipos de curvas de tiempo inverso, en las que las características se modelan mediante expresiones matemáticas, bajo la norma IEC y las normas ANSI/IEEE. En el presente trabajo se

utilizaran las curvas de tiempo inverso estándares de la norma IEC. La ecuación matemática que modela la característica de tiempo inverso es la siguiente:

$$t_{operacion} = \frac{a}{M^b - 1} \times DIAL \quad \dots 1)$$

Donde:

a y b = son constantes de forma.

M = es la relación entre la corriente observada (de falla) por el relé y la corriente de arranque.

DIAL = es el factor de escala para un determinado tipo de curva.

Tabla N° 1: Constante de forma para ecuación exponencial según norma IEC

Tipo de Curva	a	b
Tiempo inverso estándar	0.15	0.02
Muy inversa	13.5	1
Extremadamente inversa	80	2
Tiempo inverso largo	120	1

Fuente: Carlos J. Zapata y German E. Mejía [1].

III. COORDINACIÓN DE RELES DE SOBRECORRIENTE EN UN SISTEMA RADIAL.

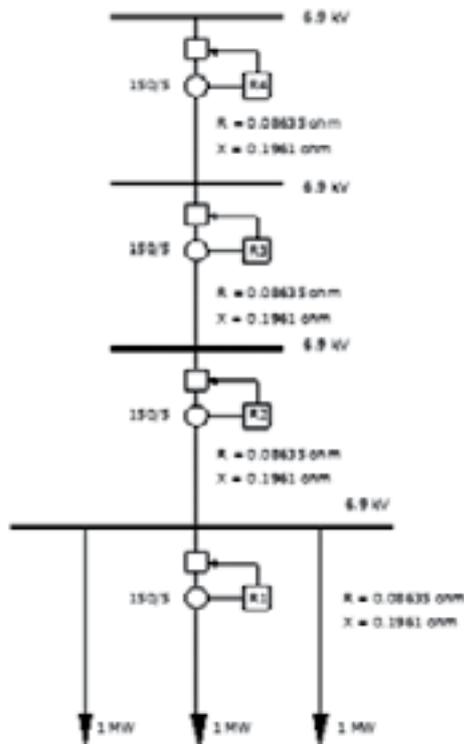


Figura N° 2: Sistema Eléctrico Radial de Prueba [1].

En una red radial la corriente de cortocircuito disminuye a medida que se aleja de la fuente, la característica de tiempo inverso es conveniente para ofrecer la operación rápida ante fallas en la zona propia del relé y respaldo a los relés ubicados aguas abajo, como se muestra en la figura N° 2 para la coordinación de los relés, estos se enumeran del final de la red radial en dirección de la fuente de suministro de energía eléctrica (en dirección aguas arriba). A continuación se presenta el algoritmo de coordinación:

Paso 1.

Ajustar la corriente de arranque.

$$I_{arranque} = K I_{carga} \quad \dots 2)$$

La $I_{arranque}$ es mayor a la I_{carga} por un factor K que toma en cuenta las variaciones de la carga, su crecimiento, etc.

El rango de valores de K es $1.0 \leq K \leq 2.0$, el valor adoptado en el presente trabajo es de 1.50.

Paso 2.

Se selecciona el valor del DIAL para el relé N° 1, que se encuentra al final de la red de distribución, considerando el nivel de corriente de falla.

$$t_{11} = t_{min} \quad \dots 3)$$

$$M_{11} = \frac{I_{falla_1}}{I_{arranque_1}} \quad \dots 4)$$

Paso 3.

En dirección aguas arriba, seleccionar el ajuste del Dial del siguiente relé, reemplazando los siguientes valores en la ecuación característica del relé:

$$t_{i-1} = t_{i-1-1} + t_{margen} \quad \dots 5)$$

$$M_{i-1} = \frac{I_{falla_{i-1}}}{I_{arranque_i}} \quad \dots 6)$$

t_{margen} = tiempo de espera para que la falla seas detectada y aclarada por los equipos de protección de la subestación aguas abajo. Varía

entre 0.1 y 0.5 segundos, valor asumido en el presente trabajo de 0.3 segundos.

Los tiempos de operación de cada relé son calculados de acuerdo a la siguiente expresión:

$$t_{ij} = \frac{a \times DIAL_i}{M_{ij}^b - 1} \dots 7)$$

Donde:

a y b = constantes de la tabla N° 1.

DIAL = es el factor de escala para un tipo de curva dado.

Paso 4.

Con el ajuste del Dial seleccionado, calcular el tiempo propio reemplazando los valores de la corriente de arranque y la corriente de falla en la ecuación característica del relé y retornar al paso 3 hasta llegar al relé "n".

I_{falla_i} = es la mayor corriente de falla que circula por el relé y corresponde a la falla en la barra "i".

t_{ij} = es el tiempo de operación del relé ubicado en "i" para una falla en "j". Si $i < j$, es un tiempo de respaldo, de lo contrario es un tiempo propio ($i=j$).

En el caso de la existencia de varias ramas con relés temporizados aguas abajo del relé "i", entonces se debe seleccionar $t_{i-1-i-1}$ como el mayor de los tiempos propios de dichos relés.

III.1 ALGORITMOS GENÉTICOS.

Los algoritmos genéticos, son algoritmos de búsqueda basados en el mecanismo de selección natural y teoría genética Goldberg (1989) [2].

Los algoritmos genéticos son métodos adaptativos que son usados para resolver problemas de búsqueda y optimización. Están basados en el proceso genético de los organismos vivos. A lo largo de las generaciones, las poblaciones evolucionan en la naturaleza de acorde con los principios de la selección natural y la supervivencia de los más fuertes, postulados por el biólogo Charles Darwin (1859) [3], [4].

El Algoritmo Genético Simple, también denominado Canónico, se representa en el pseudo código de algoritmos genéticos [5]. Como se verá a continuación, se necesita una codificación o representación del problema, que resulte adecuada al mismo. Además se requiere una función de ajuste o adaptación al problema, la cual asigna un número real a cada posible solución codificada. Durante la ejecución del algoritmo, los padres deben ser seleccionados para la reproducción, a continuación dichos padres seleccionados se cruzarán generando dos hijos, sobre cada uno de los cuales actuará un operador de mutación. El resultado de la combinación de las anteriores funciones será un conjunto de individuos (posibles soluciones al problema), los cuales en la evolución del Algoritmo Genético formarán parte de la siguiente población.

Existen cinco factores que influyen en el desempeño de un algoritmo genético:

- El método de la representación de las soluciones (como son codificados los cromosomas).
- Una técnica para la generación de una población inicial de posibles soluciones (por lo general se utiliza un proceso aleatorio).
- Una función de evaluación que nos mida la calidad de las soluciones, clasificando las soluciones en términos de su aptitud.
- Un conjunto de operadores genéticos que alteran la composición genética de los individuos de la población a través de las generaciones.
- Configuración de los valores de los parámetros del algoritmo (tamaño de la población, probabilidad de cruzamiento, probabilidad de mutación, criterio de parada, etc.).

PROCEDURE ALGORITMOS GENÉTICOS

```
begin
    t ← 0
    Inicializar P(t);
    Evaluar P(t);
    while (no termina la condición) do
    begin
```

```
recombinar P(t) para crear C(t);  
evaluar C(t);  
seleccionar P(t+1) de P(t) y C(t);  
t ← t+1;  
end  
end
```

A. OPERADORES GENÉTICOS.

La gran mayoría de las variantes de los algoritmos genéticos utilizan como operadores genéticos la selección, cruza y mutación.

B. OPERADOR DE SELECCIÓN.

La contribución de la selección en el funcionamiento de un algoritmo genético es concentrar la búsqueda de la solución óptima en las regiones prometedoras del espacio de búsqueda.

Si el tipo de selección es muy exigente, la búsqueda terminará prematuramente y si el tipo de selección es muy débil, el algoritmo convergerá lentamente a la solución. En general se recomienda comenzar con una presión selectiva baja y utilizar una presión selectiva alta a medida que avanza en el número de generaciones [2].

Las principales alternativas propuestas para este operador son; selección proporcional (método de la ruleta), Selección por muestreo estocástico universal, selección por ranking, selección por torneo.

C. OPERADOR DE CRUZAMIENTO (CROSSOVER).

El proceso de búsqueda es realizado en fases consecutivas de explotación y exploración. Por un lado, la selección dirige la búsqueda hacia áreas prometedoras y por el otro, los operadores de combinación pretenden explorar el espacio del problema generando nuevas soluciones a partir de las existentes, introduciendo un componente de innovación al proceso [2], [4].

El cruzamiento o cruza es una operación de combinación sexual de cromosomas entre dos

individuos. La idea es segmentar a los padres en dos o más fracciones para después intercambiar las partes para formar los nuevos individuos. Las principales variantes para este operador son las siguientes:

Cruzamiento en un punto.

Se selecciona un punto de corte que corresponde a una posición al azar entre 1 y la longitud del cromosoma y se intercambian los segmentos análogos de las dos cadenas.

Cruzamiento en dos puntos.

Se eligen dos puntos de corte al azar y se intercambian los segmentos medios de ambas cadenas, se considera a los extremos de la cadena como sitios contiguos.

Cruzamiento uniforme.

Para cada posición de bit de una cadena a generar, se elige aleatoriamente se elige el bit de la misma posición de alguna de las cadenas generadoras.

D. OPERADOR DE MUTACIÓN.

El operador de mutación, que proporciona un elemento de aleatoriedad en la vecindad de los individuos de la población.

El principal objetivo de este operador, es promover una variación mediante saltos aleatorios en el espacio de búsqueda [2], [4]. Una forma típica de la mutación consiste en decidir con una probabilidad determinada para cada gen del nuevo individuo si se altera o no el valor que presenta.

E. CRITERIO DE CONVERGENCIA DE APTITUD.

Puede suceder que existan soluciones equivalentes o cuasi equivalentes a un problema, que obtengan valores de aptitud similares. En ese caso, es probable que no haya una solución que se imponga en la población (y el criterio de terminación por convergencia de identidad nunca se cumpla) [2], [4]. Este criterio no espera a que la población se componga mayoritariamente de una sola solución, sino que finaliza la ejecución del algoritmo cuando los valores de aptitud de un determinado porcentaje de las soluciones son iguales, o difieren en un pequeño porcentaje. Por

ejemplo, cuando el 90% de las soluciones tenga valores de aptitud que no difieran en más de un 1%.

F. MANEJO DE RESTRICCIONES.

Por lo general en problemas de optimización sujeto a restricciones, los operadores genéticos generan descendientes no factibles. Para corregir este problema, se han propuesto varias técnicas que puedan tomar en cuenta las restricciones en los algoritmos genéticos. Estas técnicas pueden ser clasificadas en los siguientes métodos:

- Método de Rechazo o Eliminación.
- Método de Reparación.
- Método de Penalización.

El método de rechazo consiste en eliminar los cromosomas generados que no cumplan las restricciones.

El método de reparación consiste en tomar cromosomas no factibles y mediante algún procedimiento de reparación, introducir nuevamente este cromosoma en el conjunto de soluciones factibles.

El método de penalización, es la técnica más utilizada para problemas con restricciones. Esta técnica transforma un problema restringido en un problema no restringido penalizando las soluciones no deseadas [2], [4].

G. CLASIFICACIÓN DE FUNCIONES DE PENALIZACIÓN.

Existen entonces métodos destinados a contemplar la existencia de restricciones en el problema:

Se modifica la función de adaptación, agregándoles términos o factores que tengan en cuenta si la solución cumple las restricciones. En caso de no cumplirlas, disminuye el valor de la aptitud de la solución considerada, de modo que otra con similar aptitud que si cumpla la restricción, tenga mejores probabilidades de sobrevivir.

Penalizaciones Estáticas.

Las penalizaciones no cambian con la cantidad de generaciones.

Penalizaciones Dinámicas.

Las funciones de penalización cambian con las generaciones, de acuerdo a un esquema prefijado. En general, al principio las penalizaciones son suaves o inexistentes, aceptando cualquier solución.

Conforme avanza la cantidad de generaciones, se van poniendo más restrictivas y cerca del final de la corrida, solo aceptan soluciones que cumplan todas las restricciones, penalizando severamente a las demás.

Penalizaciones Adaptativas.

Uno o más factores de las funciones de penalización cambian de acuerdo al progreso de la corrida, de acuerdo a la cantidad de soluciones factibles que se encuentran en la población, y la cantidad de generaciones restantes.

En forma general la función de adaptación [2] que toma en cuenta las restricciones es la siguiente:

$$G = w_1F + w_2f_2 + w_3f_3 \dots 8)$$

Donde:

F = Es la función de evaluación original.

f_2 y f_3 = Son las funciones asociadas a las restricciones del problema.

w_1, w_2 y w_3 = Son los pesos que pueden tomar valores de acuerdo al tipo de penalización a utilizar.

IV. IMPLEMENTACION DE LOS ALGORITMOS GENETICOS EN LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN

A. REPRESENTACIÓN.

La función objetivo está representada de acuerdo a la siguiente expresión:

$$F_{min} = \sum_1^4 t_{op} \dots 9)$$

Restricciones:

$$DIAL_1 < DIAL_2 < DIAL_3 < DIAL_4 \dots 10)$$

$$t_{op\ i+1} - t_{op\ i} \leq t_{margen} (0.3\ seg) \dots 11)$$

Donde:

t_{op} = es el tiempo de operación del relé y es calculado con la ecuación 7. Las variables corresponden a los valores de ajuste del Dial de los cuatro relés que se encuentran en el rango de 0.1 al valor de 1, en valores de ajuste de 0.05.

B. FUNCIÓN DE APTITUD.

La función de aptitud corresponde a la función que toma en cuenta las restricciones de la expresión 11 y también considera la penalización estática. Se presenta a continuación la función de aptitud utilizada en el presente trabajo:

$$F_{min} = \sum_1^4 t_{op} + w_1 + w_2 \dots 12)$$

Donde:

La función de penalización w_1 toma el valor de 10 cuando no se cumple con la restricción 10.

La función de penalización w_2 toma el valor de 3 cuando no se cumple con la restricción 11.

C. OPERADORES GENÉTICOS.

Criterio de Selección.

Para la selección de los individuos que pueden ser utilizados para la generación de la siguiente descendencia, se ha utilizado el método de Ranking, además permite que los mejores individuos pasen siempre a la siguiente generación. Se considera que el elitismo es muy importante para conseguir resultados satisfactorios.

Operador de Cruzamiento.

Se ha utilizado el cruce lineal de Wright [2], [4], este tipo de operador de cruzamiento, toma dos individuos "a" y "b" como progenitores, para generar tres descendientes "c", "d" y "e", la forma de generación es la siguiente:

$$pob_c = \alpha \times pob_a + (1 - \alpha) \times pob_b \dots 13)$$

$$pob_d = (1 + \alpha) \times pob_a - \alpha \times pob_b \dots 14)$$

$$pob_e = \alpha \times pob_a + (1 + \alpha) \times pob_b \dots 15)$$

Donde:

α = Es un valor aleatorio que varía entre 0 y 1.

D. SUSTITUCIÓN DE LA POBLACIÓN.

Para la inserción de individuos en la siguiente generación, se ha utilizado la inserción elitista, es

decir los mejores individuos pasan a ser miembros de la población de la siguiente generación [2]. Se ha considerado que en cada generación el 40% de la población sea reemplazada por una población generada en forma aleatoria. El 40% de la población a ser reemplazado corresponde a los individuos con un menor valor de aptitud que resultan después de la evaluación de aptitud.

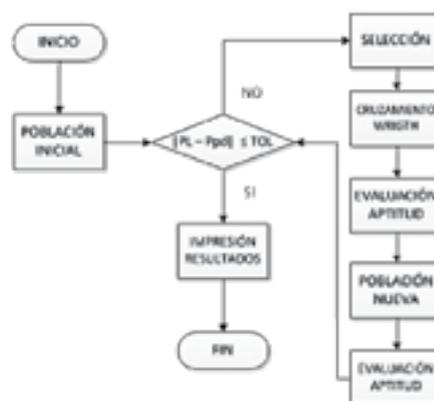
E. CRITERIO DE TERMINACIÓN.

El criterio de terminación corresponde a la cantidad de generaciones, en los casos de estudio analizados se han utilizado como máximo una cantidad de 100 generaciones.

F. FUNCIONAMIENTO.

A continuación se presenta el diagrama del flujo genético. Se ha realizado un programa en el software Matlab. El software Matlab presenta la gran ventaja de que se puede realizar la programación en forma matricial y dispone de herramientas que permiten el tratamiento matricial. El programa fue escrito en el software Matlab. El software Matlab [6], [7] que proviene de la abreviatura de laboratorio de matrices, es un software matemático que ofrece un entorno de desarrollo integrado, con un lenguaje de programación propio (lenguaje M). el software Matlab integra análisis numérico, cálculo matricial, proceso de señal y visualización gráfica en un entorno completo donde los problemas y sus soluciones son expresados del mismo modo en que se escribirían tradicionalmente, sin necesidad de hacer uso de la programación tradicional programa de cálculo numérico.

Figura N° 2: Flujo Genético.



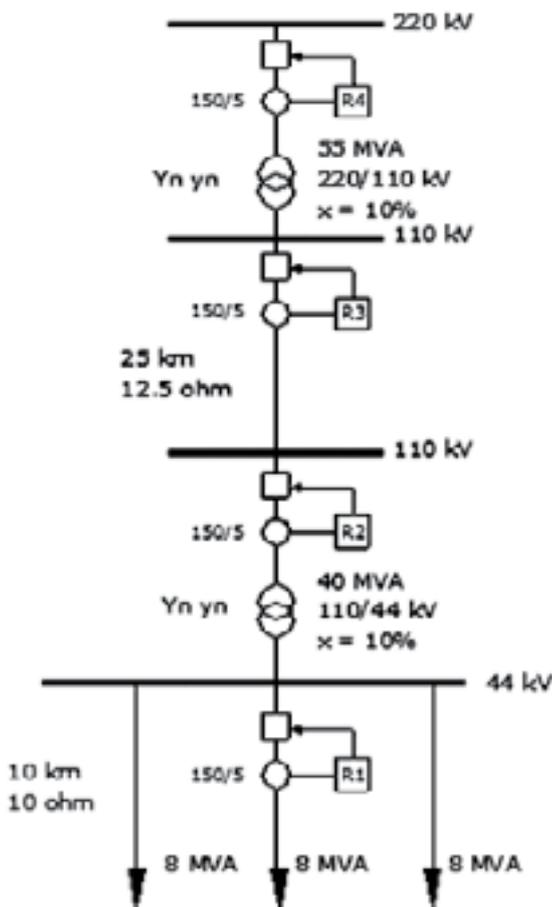
Fuente: Elaboración propia.

V. CASOS DE ESTUDIO

A. Caso 1.

El primer caso de estudio analizado corresponde al presentado por Carlos J. Zapata y German E. Mejía [1], donde se propone el uso de programación lineal para el procedimiento de coordinación de protecciones de sobrecorriente. Este procedimiento será comparado con el realizado con algoritmos genéticos. En el software Power Factory de Digsilent se ha dibujado la red de la figura N°3 [1], el cual es empleado para la obtención de las corrientes de cortocircuito en las diferentes barras del sistema eléctrico de prueba.

Figura N° 3: Sistema Eléctrico de Prueba.



Fuente: Carlos J. Zapata – German E. Mejía [1].

Para el análisis de coordinación de protecciones se ha modelado en el software Digsilent Power Factory, tomando en cuenta los relés de sobrecorriente con característica de tiempo inverso 7SJ512.

Tabla N° 2: Corrientes de Cortocircuito.

Corrientes de cortocircuito		
Nodo	Tensión (kV)	Ifalla (A)
O	220	5,774.50
A	110	2,887.75
B	110	1,840.82
C	44	2,452.06
D	44	1,247.71

Fuente: Software Digsilent – Elaboración propia.

Tabla N° 3: Corrientes de Carga.

Corrientes de Carga	
Relé	Icarga (A)
1	104.972
2	125.967
3	125.967
4	62.983

Fuente: Software Digsilent – Elaboración propia.

Tabla N°4:

Datos de los Relés - Elaboración Propia

Relés	
Curva	IEC inversa estándar
In	5
Dial	0.1 a 1 en pasos de 0.05
Iarranque	0.4 a 4 In en pasos de 0.05

Fuente: Carlos J. Zapata – German E. Mejía [2].

Los resultados de la coordinación de protecciones obtenidos mediante algoritmos genéticos, se presentan en (columna 2) la tabla 5, los cuales son comparados con los tiempos de disparo mostrados en [1] (columna 5).

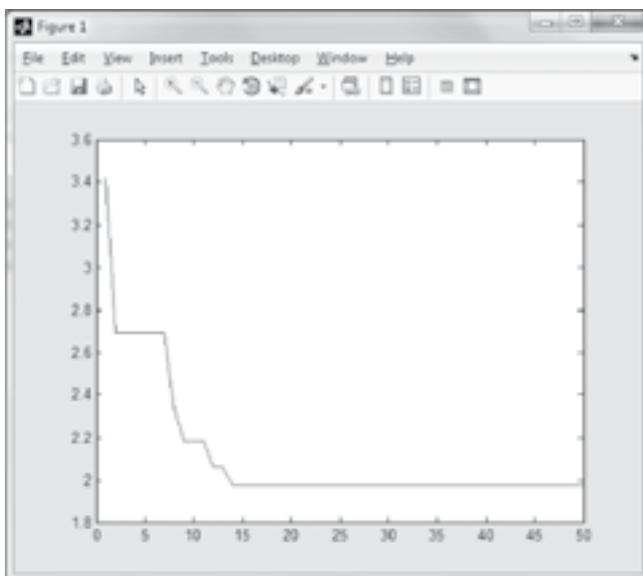
Tabla N°5: Resultados del Ajuste de Protecciones.

DIAL	Tiempo disparo	Tiempo Respaldo	Margen seg	Tiempo disparo [1]
0.10	0.2480			0.2480
0.15	0.4508	0.6271	0.379	0.4573
0.25	0.6245	0.7514	0.301	0.6320
0.40	0.6530	0.9987	0.374	0.5724

Fuente: Algoritmos Genéticos - Software Matlab.

Los resultados obtenidos en [1] presentan el inconveniente de que el valor para el ajuste del DIAL del relé 4 (valor de 0.35) tiene un margen de operación entre los relés 3 y 4 de 0.249 segundos (tiempo menor al establecido en la propuesta de solución), obtenidos mediante programación lineal, por lo cual el dial del relé 4 debe llevarse al siguiente valor discreto por arriba de 0.35, que corresponde a 0.4, inconveniente que no se presenta al utilizar algoritmos genéticos para la coordinación

Figura N° 4: Comportamiento de la Función Objetivo en función al número de generaciones.



Fuente: Algoritmos Genéticos – Matlab.

El comportamiento de la función objetivo que se presenta en la figura N° 4, muestra que son necesarias pocas generaciones para la convergencia del problema de optimización (mínimo de la suma de los tiempos de operación de los relés).

B. Caso 2.

Adicionalmente se ha realizado la coordinación de protecciones, tomando en cuenta el ajuste del Dial de pasos en 0.01, con el propósito de mejorar los tiempos de respuestas de los relés y evitar que los equipos se encuentren mayor tiempo sometido a las corrientes de falla.

En la siguiente tabla se presentan los resultados de la coordinación de protecciones:

Tabla N° 6: Resultados del Ajuste de Protecciones.

DIAL	Tiempo disparo	Tiempo Respaldo	Margen seg
0.10	0.2480		
0.14	0.4208	0.5853	0.337
0.24	0.5995	0.7213	0.301
0.37	0.6042	0.9243	0.325

Fuente: Algoritmos Genéticos - Software Matlab.

VI. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos mediante la heurística de los algoritmos genéticos, validan la coordinación de las protecciones de los relés de sobrecorriente de tiempo inverso. Los valores de ajuste de Dial presentados en la tabla N° 5, corresponden a los valores óptimos que considera los estados de carga y valores de cortocircuito presentados en la tabla N° 2.

A diferencia del uso de programación lineal (donde las variables utilizadas en el proceso de automatización son de carácter continuo), el uso de los algoritmos genéticos permite el uso de valores discretos o continuos, por lo general los valores de ajuste del valor del Dial varían de forma discreta (0.01, 0.05, etc.).

Para problemas de coordinación donde se deben tomar en cuenta condiciones particulares, los algoritmos genéticos permiten ampliar el análisis del cumplimiento de las restricciones (restricciones operativas por ejemplo), mediante el tratamiento de las penalizaciones. Así también mediante el uso de los algoritmos genéticos es posible buscar soluciones con varios objetivos propuestos (función multiobjetivo).

VI. BIBLIOGRAFIA

[1] Zapata Carlos, Mejía German, "Coordinación de relés de sobrecorriente en sistemas radiales utilizando Programación Lineal", Scientia et Technica N° 22, octubre 2003.

[2]. Goldberg David E, "Genetic Algorithm in Search Optimization, and Machine Learning", Addison-Wesley publishing company, inc. New York. U.S.A. January 1989.

[3] Aldana Debernardi Yamil, "Restauración de Sistemas Eléctricos de Potencia Utilizando Algoritmos Genéticos", Tesis de Maestría en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Eléctrica Opción Potencia, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior De Ingeniería Mecánica y Eléctrica, México D.F., noviembre 2003, 188 páginas.

[4] Will Adrian, "Algoritmos Genéticos y Optimización Heurística", apuntes de clases. Grupo de Aplicaciones de Inteligencia Artificial Universidad Nacional de Tucumán, 290 páginas.

[5] Raffo Luca Eduardo, Edgar Ruiz Lizama, "Optimización por Computación Evolucionaria", Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial, Vol. (8)2: pp 61-68, diciembre 2005, 8 páginas.

[6] García de Jalón J., José Ignacio Rodríguez, Jesús Vidal, "Aprenda Matlab 7.0 como si estuviera en primero", Madrid, diciembre 2005, 136 páginas.

[7] González de Durana J. M., "Introducción a Matlab", Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, EUITI e ITT, UPV-EHU VITORIA-GASTEIZ, 26 de enero 2004, 53 páginas.

VI. BIOGRAFIA



Gonzalo Oscar Eulate Choque

Ingeniero Electricista, Docente Universidad Mayor de San Andrés, Trabaja en el Departamento de Planificación de la Empresa Electricidad de La Paz S.A., áreas de interés: Regulación de Electricidad, Inteligencia Artificial, Sistemas Eléctricos de Distribución, Senior Member IEEE. Estudios de Postgrado en Administración de Empresas, Planificación, Protección de Redes de Distribución, Métodos Numéricos de la Simulación y Modelación, Análisis de los Regímenes de las Redes de Distribución, Economía Informática, Maestría en Ingeniería del Software.

Email: geulate@gmail.com



Daniel Saúl Celis Laguna

Ingeniero Electricista - Universidad Mayor de San Andrés, Diplomado en Educación Superior, miembro IEEE. Actualmente se desempeña como Ingeniero de Análisis de Perdidas de Energía en la Empresa Electricidad de La Paz S. A.

Sus áreas de interés son: Análisis de transitorios electromagnéticos, Sistemas de Potencia, Sistemas de Control, Simulación Digital.

Email. d.celis@hotmail.com

LA COMPAÑÍA PHOENIX CLOSURES REBAJA LOS COSTOS Y AUMENTA EL TIEMPO PRODUCTIVO DE MÁQUINAS CON EL SISTEMA DE VISIÓN DE OMRON

CI-CONTROL LTDA.

EL DESAFÍO

Identificar y corregir unos defectos en revestimientos de tapas

LA SOLUCIÓN

El sistema de visión FZ3 de Omron
Controladores programables de Omron
Terminales de interfaz operador de Omron

EL RESULTADO

- El tiempo de inactividad se redujo
- Ahora pueden detectarse pequeños matices en los revestimientos
- La programación del sistema es más sencilla
- Es más fácil capacitar a los empleados para usar el sistema

Para mejorar el control de calidad y eliminar el desperdicio, este fabricante importante de tapas moldeadas por inyección actualizó su tecnología de visión. Sus sistemas de visión anteriores no tenían la acuidad visual para resolver el problema de esta aplicación.

Cuando empezó a tener dificultad para identificar y corregir los defectos en sus revestimientos de tapas, Phoenix Closures lanzó un importante proyecto para solucionar el problema, identificando al proveedor de productos de automatización industrial más competente que le pudiera proporcionar un sistema de visión e inspección llave en mano para sus operaciones cotidianas.

“Habíamos estado trabajando con sistemas de visión desde hacía varios años y habíamos probado varios fabricantes y sistemas de visión”, dijo el Sr. Merle Smith, ingeniero principal encargado de proyectos en Phoenix. Estos esfuerzos fueron poco exitosos.

Phoenix formó un equipo corporativo encargado de los sistemas de visión que incluía a personal técnico y de producción de todos los sitios de la compañía. Este equipo fue encargado de escoger al proveedor de sistemas de automatización o visión con el cual Phoenix debería trabajar de ahora en adelante. “Hicimos un análisis de nueve proveedores de sistemas de visión diferentes y luego escogimos al proveedor que nos pareció el mejor de todos”, dijo el Sr. Smith. “Desde todos los puntos de vista —servicio, ventas, experiencia y fuerza de la compañía, al igual que los aspectos técnicos— Omron sobresalió claramente”.

EL DESAFÍO

Para poder determinar cuál de los sistemas de visión de Omron resolvería sus desafíos de inspección principales—detectar defectos en moldeo y revestimientos de tapas—, Phoenix



tuvo que considerar varios factores. Muchas de estas líneas de montaje de empaques o tapas son blancas sobre blanco, lo cual hace difícil detectar los defectos. Otro problema era el de los revestimientos de aluminio, que se usan en muchas tapas y cuyas propiedades reflectantes dificultan la detección de imperfecciones.

LA SOLUCIÓN

“Trabajamos con Omron y determinamos que el sistema de visión a color FZ3 podría resolver nuestros mayores problemas de aplicaciones”, dijo el Sr. Smith. “Hoy en día, el FZ3 es nuestro estándar —lo usamos en todas las aplicaciones— para detectar toda clase de defectos.”

La compañía Automation Solutions of America (ASA), cuya sede se encuentra en Elgin, en el estado de Illinois, actuó como consejero principal durante la construcción e integración del nuevo sistema.

“Gracias a ASA y Omron, encontramos todo lo que necesitábamos en un mismo lugar”, dijo el Sr. Smith.



“No solamente usamos el sistema de inspección y visión FZ3, sino que también usamos controladores programables e IHM de Omron. El

hecho de tener un sólo proveedor de tecnología fue una gran ventaja para nosotros, en cuanto al ahorro de tiempo y a la simplificación de las comunicaciones. Le dijimos a Omron lo que queríamos y ASA lo construyó. Hicimos unas pruebas para asegurarnos de que todo estaba funcionando como lo habíamos planeado y luego estábamos listos para empezar. No vamos a especificar otra pieza de equipo de automatización sin un sistema de inspección y visión FZ3 en la línea de montaje”,

EL RESULTADO

Según el Sr. Smith, lo primero que notó fue una disminución significativa de las quejas por parte de los clientes. “No tenemos el mismo número de quejas de clientes que teníamos en estas líneas de montaje antes de instalar el sistema de visión FZ3”. Nuestro tiempo de inactividad también se redujo desde que instalamos los nuevos sistemas de visión. En la compañía Phoenix, las tapas son moldeadas y luego revestidas. Las tapas moldeadas luego van a una máquina de revestimiento; si no hay defectos, las tapas siguen siendo moldeadas y revestidas. Si los defectos se detectan pronto, Phoenix puede parar el proceso de moldeo, hacer cualquier ajuste que se necesite y luego seguir rápidamente con la producción.

“El tiempo de inactividad nos estaba matando en cuanto a costos. Ahora sabemos con anticipación si algo está fallando en el proceso de moldeo. En vez de esperar a tener quejas y tener que parar la línea de montaje para determinar lo que pasó, lo sabemos inmediatamente.

Con el sistema de visión de Omron, hemos podido detectar defectos en los revestimientos —defectos que no sabíamos que existían hasta que el sistema empezó a señalarlos—”, dijo el Sr. Smith. Los sistemas FZ3 con capacidad de discriminación de colores que usa Phoenix detectan pequeños matices en los revestimientos que antes no podían detectarse.

“No solamente podemos diagnosticar lo que está pasando sino que podemos dirigirnos a nuestros

proveedores de materia prima basado en la información que recolectamos". Según el Sr. Smith, además de esta capacidad adicional, la programación del sistema es más fácil al igual que la capacitación de los empleados encargados de ella.

El Sr. Smith da un ejemplo revelador de la razón por la cual Phoenix está tan satisfecha de su nuevo sistema de visión. "Construimos recientemente un sistema FZ3 en un carrito portátil que podemos acercar a una línea de montaje para realizar inspecciones de calidad cuando sea necesario. Tuvimos una queja que pudimos asociar a una línea de montaje sin sistema de visión e inspección. Teníamos que inspeccionar 1.6 millones de tapas. Con el sistema de visión, pudimos verificar estas tapas en apenas unos días. Hubiéramos tardado tres meses, 24 horas al día, para inspeccionar tantas tapas manualmente".



INFORMES Y CONSULTAS



REPRESENTANTES DE:

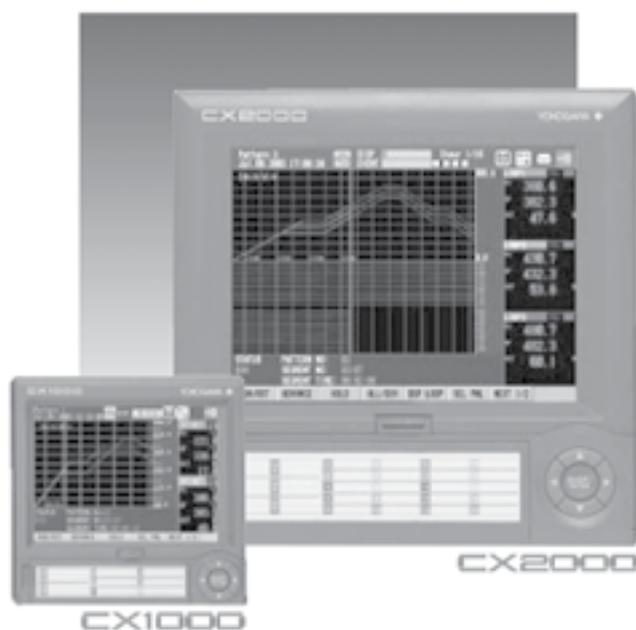
OMRON
AUTOMATION & SAFETY

Av. Alemania calle 16 N° 3105
Telf.: (591-3) 3436795 - 3431308 • Fax: (591-3) 3436795
E-mail: info@ci-control.com • ventas@ci-control.com
www.ci-control.com
Santa Cruz - Bolivia

REGISTRADORES Y CONTROLADORES

YOKOGAWA 

Ing. Percy Aro – TRITEC S.R.L.

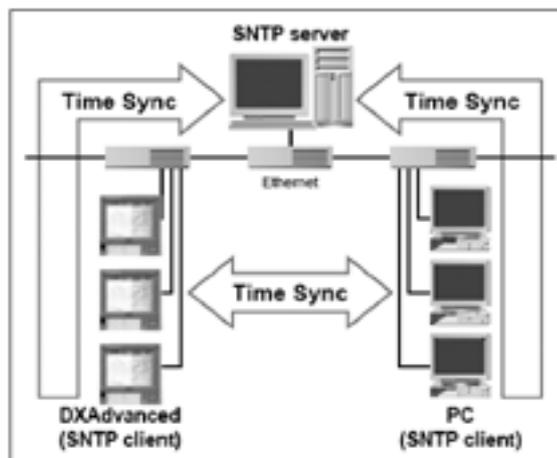
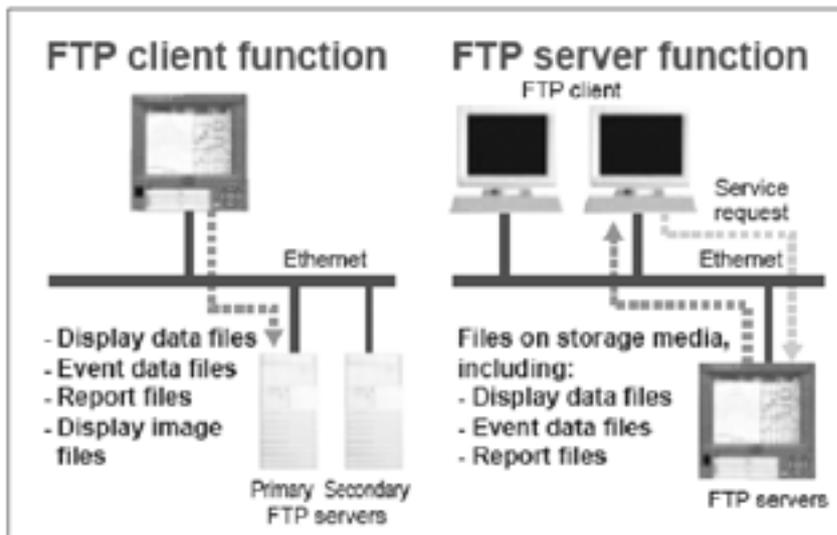
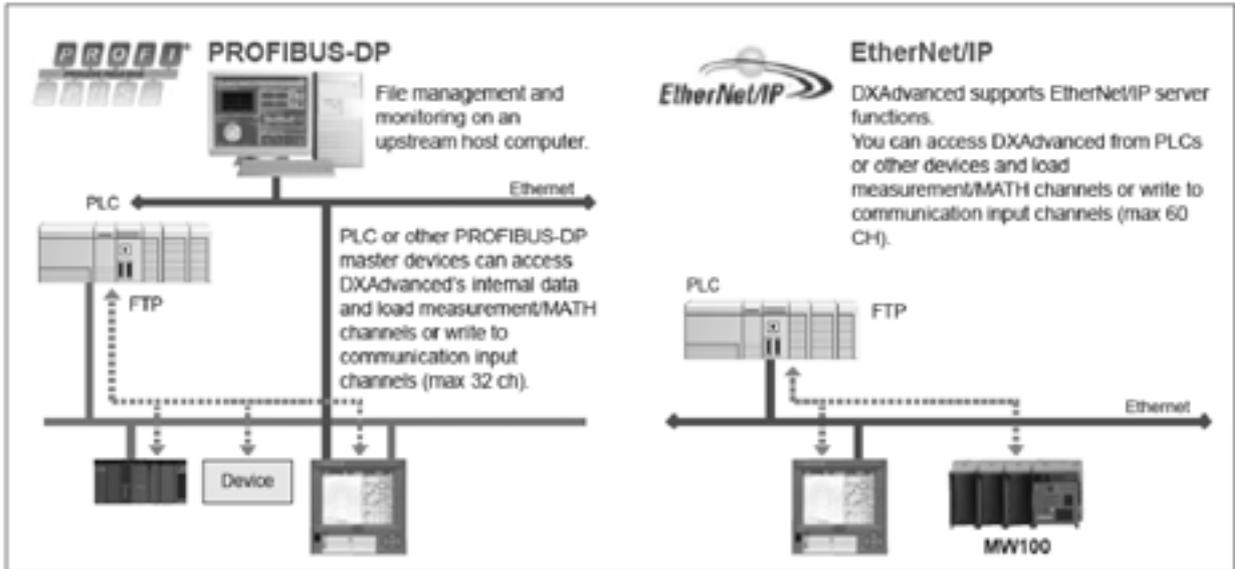


Los registradores DAQSTATION DX1000/2000, despliegan los datos en tiempo real en una pantalla LCD (5.5" DX1000 y 10.4" DX2000) y almacena la información en una tarjeta de memoria tipo CF (disponible hasta 1GB) o una memoria tipo USB. Tiene la capacidad de administrar (DX2048 hasta 48 entradas análogas y hasta 12 virtuales con funciones matemáticas /MB1; DX1012 hasta 12 entradas análogas y hasta 12 virtuales con funciones matemáticas /MB1)

Los controladores DAQSTATION CX1000/2000 a parte de las funciones de registro es posible hacer lazos PID múltiples (CX2020, hasta 6 lazos de control, 20 canales análogos y hasta 12 canales virtuales con funciones matemáticas /MB1) con todas las funciones de auto-sintonía para el cálculo de los

valores del PID.

Estos equipos pueden ser integrados en una red vía ETHERNET, en el cual facilita la información para interacción con: e-mail, monitoreo mediante un navegador WEB y transferir archivos usando FTP (para escrituras a servidores). La comunicación integrada es MODBUS TCP/IP y opcionalmente puede ser dotado de PROFIBUS DP y Modbus RTU (RS485).

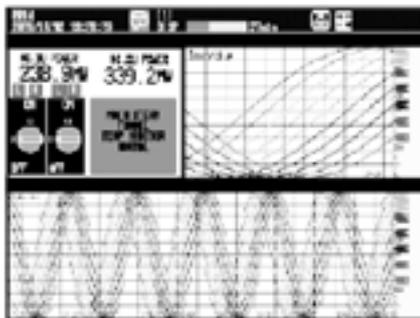


El DX1000 puede tener de 2 a 12 canales de registro y el DX2000 de 4 a 48, los tipos de entrada que acepta son:

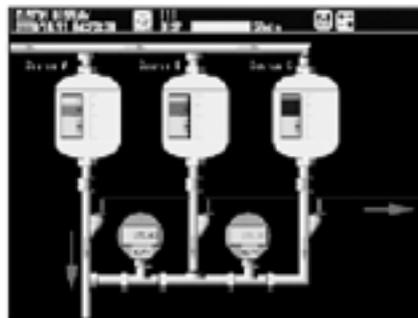
Tipo de entrada	Rango	Rango de medición
DCV	20 mV	-20.000 to 20.000 mV
	60 mV	-60.00 to 60.00 mV
	200 mV	-200.00 to 200.00 mV
	2 V	-2.0000 to 2.0000 V
	6 V	-6.000 to 6.000 V
	1-5V ⁶	-0.800 to 5.200 V
	20 V	-20.000 to 20.000 V
TC	50 V	-50.00 to 50.00 V
	R ¹	0.0 to 1760.0°C 32 to 3200°F
	S ¹	0.0 to 1760.0°C 32 to 3200°F
	B ¹	0.0 to 1820.0°C 32 to 3308°F
	K ¹	-200.0 to 1370.0°C -328 to 2498°F
	E ¹	-200.0 to 800.0°C -328.0 to 1472.0°F
	J ¹	-200.0 to 1100.0°C -328.0 to 2012.0°F
	T ¹	-200.0 to 400.0°C -328.0 to 752.0°F
	N ¹	-270.0 to 1300.0°C -454 to 2372°F
	W ²	0.0 to 2315.0°C 32 to 4199°F
	L ³	-200.0 to 900.0°C -328.0 to 1652.0°F
	U ³	-200.0 to 400.0°C -328.0 to 752.0°F
RTD	WRe ⁴	0.0 to 2400.0°C 32 to 4352°F
	Pt100 ⁵	-200.0 to 600.0°C -328.0 to 1112.0°F
DI	JPt100 ⁵	-200.0 to 550.0°C -328.0 to 1022.0°F
	DCV input	OFF : less than 2.4 V ON : more than 2.4 V
	Contact	Contact ON/OFF

*1 R, S, B, K, E, J, T, N: IEC584-1 (1995), DIN IEC584, JIS C 1602-1995
 *2 W: W-5% Re/W-26% Re (Hoskins Mfg. Co.), ASTM E988
 *3 L: Fe-CuNi, DIN43710, U: Cu-CuNi, DIN43710
 *4 WRe: W-3%Re/W-25%Re (Hoskins Mfg. Co.)
 *5 Pt100: JIS C 1604-1997, IEC 751-1995, DIN IEC751-1996 JPt100:
 JIS C 1604-1989, JIS C 1606-1989 Measuring current: i = 1mA.
 *6, para entrada de 4-20mA se usa una resistencia.

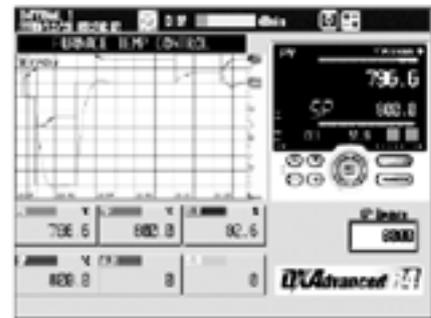
El archivo de datos almacenado puede ser convertido a Lotus1-2-3, Excel, o ASCII, facilitando el procesamiento en una computadora común. Las formas de presentación de datos registrado pueden ser personalizadas mediante una configuración muy intuitiva.



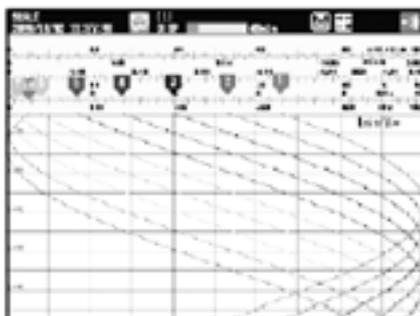
Example Concurrent placement of screens with different time axes. Long-duration trends and nearly high-speed monitor displayed simultaneously.



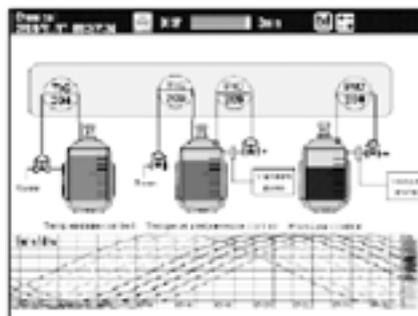
Create more intuitive overview monitors by adding bitmaps.



By using faceplate screens of controllers and other devices, you can design intuitive screens to fit your application.



For example, you can customize a scale with an informative bitmap.



Ex. Display customized for an application



Add any of the DXAdvanced components.

Tabla de precisiones en función al tipo de entrada aplicada.

Input	Range	Measurement accuracy (digital display)		Max. resolution of digital display
		A/D integration time: 16.7ms or more	A/D integration time: 1.67ms (fast sampling mode)	
DCV	20 mV	$\pm(0.05\%$ of rdg + 12 digits)	$\pm(0.1\%$ of rdg + 40 digits)	1 μ V
	60 mV	$\pm(0.05\%$ of rdg + 3 digits)	$\pm(0.1\%$ of rdg + 15 digits)	10 μ V
	200 mV	$\pm(0.05\%$ of rdg + 3 digits)	$\pm(0.1\%$ of rdg + 15 digits)	10 μ V
	2 V	$\pm(0.05\%$ of rdg + 12 digits)	$\pm(0.1\%$ of rdg + 40 digits)	100 μ V
	6 V	$\pm(0.05\%$ of rdg + 3 digits)	$\pm(0.1\%$ of rdg + 15 digits)	1 mV
	1-5 V	$\pm(0.05\%$ of rdg + 3 digits)	$\pm(0.1\%$ of rdg + 15 digits)	1 mV
	20 V	$\pm(0.05\%$ of rdg + 3 digits)	$\pm(0.1\%$ of rdg + 15 digits)	1 mV
	50 V	$\pm(0.05\%$ of rdg + 3 digits)	$\pm(0.1\%$ of rdg + 15 digits)	10 mV
TC (Excluding RJC accuracy)	R	$\pm(0.15\%$ of rdg + 1°C) However, R, S:	$\pm(0.2\%$ of rdg + 4°C) However, R, S:	0.1°C
	S	$\pm 3.7^\circ\text{C}$ at 0 to 100°C $\pm 1.5^\circ\text{C}$ at 100 to 300°C B:	$\pm 10^\circ\text{C}$ at 0 to 100°C $\pm 5^\circ\text{C}$ at 100 to 300°C B:	
	B	$\pm 2^\circ\text{C}$ at 400 to 600°C Accuracy at less than 400°C is not guaranteed.	$\pm 7^\circ\text{C}$ at 400 to 600°C Accuracy at less than 400°C is not guaranteed.	
	K	$\pm(0.15\%$ of rdg + 0.7°C) However, $\pm(0.15\%$ of rdg + 1°C) at -200 to -100°C	$\pm(0.2\%$ of rdg + 3.5°C) However, $\pm(0.15\%$ of rdg + 6°C) at -200 to -100°C	
	E	$\pm(0.15\%$ of rdg + 0.5°C)	$\pm(0.2\%$ of rdg + 2.5°C)	
	J	However,	However,	
	T	$\pm(0.15\%$ of rdg + 0.7°C) at -200 to -100°C	$\pm(0.2\%$ of rdg + 5°C) at -200 to -100°C	
	L			
	U			
	N	$\pm(0.15\%$ of rdg + 0.7°C) However, $\pm(0.35\%$ of rdg + 0.7°C) at -200 to 0°C Accuracy at less than -200°C is not guaranteed.	$\pm(0.3\%$ of rdg + 3.5°C) However, $\pm(0.7\%$ of rdg + 3.5°C) at -200 to 0°C Accuracy at less than -200°C is not guaranteed.	
W	$\pm(0.15\%$ of rdg + 1°C)	$\pm(0.3\%$ of rdg + 7°C)		
WRe	$\pm(0.2\%$ of rdg + 2.5°C) However, $\pm 4^\circ\text{C}$ at 0 to 200°C	$\pm(0.3\%$ of rdg + 10°C) However, $\pm 18^\circ\text{C}$ at 0 to 200°C		
RTD	Pt100	$\pm(0.15\%$ of rdg + 0.3°C)	$\pm(0.3\%$ of rdg + 1.5°C)	
	JPt100			

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PRINCIPALES.

Voltaje de alimentación: 90 a 250 VAC en 50 o 60 Hz, opcional 24VDC/AC.

Consumo:

- 38 VA @ 240 VAC con el LCD apagado.
- 54 VA @ 240 VAC Normal.
- 100 VA @ 240 VAC Máximo.
- Memoria interna de almacenamiento: Seleccionable de 80 a 200 MB.
- Resolución de la pantalla: 640 x 480 pixels (VGA) DX2000 / 320 x 240 pixels (VGA) DX1000.
- Intervalos de muestreo: 125ms, 250ms y 25ms.
- Límites de temperatura de aplicación: 0 a 50°C.
- Límites de humedad de aplicación: 20 a 80%R.h. sin condensación.
- Niveles de vibración soportable: 10 a 60Hz, $\leq 0,2$ m/s².
- Funciones matemáticas, opcional /MC1.
- Grado de protección: NEMA 4X/IP66

INFORMES Y CONSULTAS

Percy Omar Aro Jiménez

GERENTE - INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL



- ▶ **OFICINA MATRIZ COCHABAMBA:**
Av. Oquendo # N-0452 Edif. Santa María, Piso 4
Telf.: (591)(4) 4256993 - 4500905
Telf./Fax: (591)(4) 4250981, Casilla: 1935
E-mail: cochabamba@tritecbolivia.com
- ▶ **OFICINA REGIONAL SANTA CRUZ:**
Av. Monseñor Rivero # 21, Edif. San Nicolás,
Piso 3 Oficina 3D
Telf./Fax: (591)(3) 3369764
E-mail: santacruz@tritecbolivia.com
- ▶ **OFICINA REGIONAL LA PAZ:**
Av. Mariscal Santa Cruz
Edif. Cámara Nacional de Comercio, Piso 6 Of. 601
Telf.: (591) (2) 2900833 - Tel. Fax: (591) (2) 2900834
E-mail: lapaz@tritecbolivia.com

www.tritecbolivia.com

SUPRESOR DE SOBRETENSIONES TRANSITORIAS SINETAMER

Ramiro Valdez Bahoz

ENERGY CONTROL SYSTEMS es una empresa Norteamericana (U.S.A.) que únicamente fabrica supresores contra sobretensiones transitorias o transientes de sobrevoltaje.

SINETAMER es la marca de los supresores fabricados por Energy Control Systems para toda Latinoamérica.



“we ARE the standard”

Un mantenimiento de clase mundial tiende a buscar la eliminación de las razones de fallas y es en ese ámbito en el cual SINETAMER juega un papel fundamental.

Un 80% de las razones de fallas en nuestras industrias se deben a los transientes de sobrevoltaje ya sean estos de origen externo (descargas atmosféricas, maniobras de la red eléctrica, etc.) o de origen interno (conmutación de contactores, conexión y desconexión de cargas inductivas o capacitivas, etc.).

Si bien los transientes de sobrevoltaje de acuerdo a su origen se diferencian en magnitud, son perturbaciones con las que día a día se debe lidiar y que en la mayoría de los casos nos obligan a realizar un mantenimiento correctivo de emergencia.

Un transiente de sobrevoltaje, también definido como una elevación de tensión y de corriente en un tiempo muy corto (orden de los mili y nanosegundos), ocasionado por una descarga atmosférica ocasionará fallas catastróficas en nuestros equipos e instalaciones dañando irreversiblemente a PLC's, Variadores de Frecuencia, Arrancadores Suaves, Servidores, etc.

En cambio un transiente de sobrevoltaje ocasionado en nuestras propias instalaciones ocasionará confusiones de software y bloqueos inexplicables, funcionamientos erráticos, reducción del tiempo de vida, disparo inexplicable de protecciones y poco a poco irán perforando la aislación de nuestros componentes y equipos ocasionando su daño irreparable.

Como consecuencia de las Sobretensiones Transitorias, los costos por mantenimientos correctivos y paradas prolongadas en procesos productivos son tan elevados que evitarlos representa un ahorro considerable para nuestras Industrias. Pérdidas de equipos prioritarios en nuestras Empresas muchas veces implican el hecho de que no se tengan los repuestos, no sean fáciles de conseguir e incluso haya que importarlos.

En ocasiones se realizan grandes inversiones en maquinaria y equipos para modernizar nuestras industrias, mejorarlas u optimizar nuestros procesos pero muy pocas veces se realizan inversiones para proteger adecuadamente a esta maquinaria o a estos equipos.

Muchas veces hemos escuchado la frase “Ahora las cosas ya no duran como antes, ya no las fabrican igual”, pero cada año la tecnología va avanzando a pasos agigantados proporcionándonos nuevas soluciones que no son malas ni menos duraderas que las de años atrás, simplemente el hecho es que se ven afectadas porque cada día nuestras redes son más contaminadas y día a día las saturamos más sin considerar las condiciones para las cuales fueron diseñadas.

Día a día el uso de microprocesadores en las industrias, telecomunicaciones, hospitales, etc. se va incrementado constantemente y el cambio de discos duros, circuitos integrados, fuentes de poder y otros se torna en una actividad cotidiana

de mantenimiento que, como ya mencionamos, trae consigo numerosos gastos. Es por eso que sería ideal contar con una energía de alta calidad. Así mismo debemos tener presente que las protecciones habituales como UP's, estabilizadores, transformadores, etc. no son eficientes ni suficientes contra las sobretensiones transitorias.

Si logramos proteger a nuestros equipos y evitar que sean propensos a daños ocasionados por sobretensiones transitorias, se aminoran los gastos por mantenimientos correctivos garantizando de esta manera que al no tener paradas en procesos productivos las metas en torno a la producción tampoco se verían afectadas y de ser el caso podrían ser incrementadas. Es por eso que la inversión en Supresores contra sobretensiones transitorias se recupera rápidamente con los beneficios obtenidos con su implementación.

CARACTERÍSTICAS DE UN SUPRESOR SINETAMER



SINETAMER es un Supresor que frente a una Sobretensión Transitoria presenta una baja impedancia, la cual permite que por fenómeno eléctrico (Ley de Ohm), llegue a él antes que al resto de los equipos. De esta manera se logra proteger a nuestros equipos evitando que las sobretensiones lleguen a ellos.

Como sabemos, la energía no se crea ni destruye, se transforma. En el caso de los transientes de sobrevoltaje esta se transforma en energía calorífica o térmica. Dicho calor, al llegar a los elementos que componen el supresor los va deteriorando afectando a su tiempo de vida y limitándolo en función de la actividad transitoria a la que sea sujeta el Supresor. SINETAMER frente a este inconveniente se considera líder en el mercado mundial ya que incorpora una resina que es capaz de disipar hacia la atmósfera el calor que llega a los componentes del Supresor logrando los siguientes beneficios:

- Los componentes de un Supresor SINETAMER alargan su tiempo de vida, por ende alargando el tiempo de vida del supresor ofreciendo una garantía de entre 15 y 25 años dependiendo del modelo.
- Los componentes del Supresor quedan aislados del medio ambiente, la humedad, el polvo y los gases.
- El calor se disipa dándole a sus componentes un ambiente fresco.
- Los componentes ya no se sueltan ante medios de operación de alta vibración.

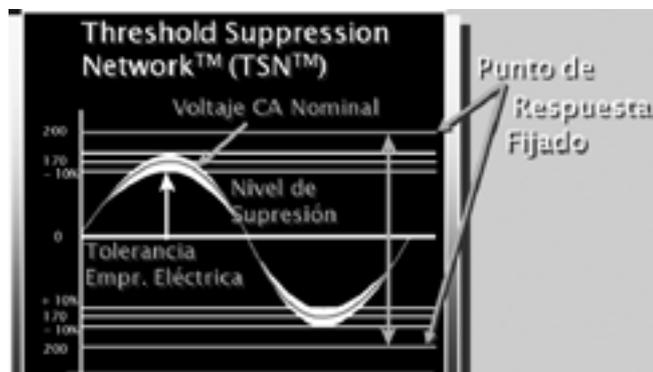


SINETAMER al no ser un equipo degradable en el tiempo mantiene inalterable su voltaje de corte garantizando una protección adecuada y segura en el tiempo.

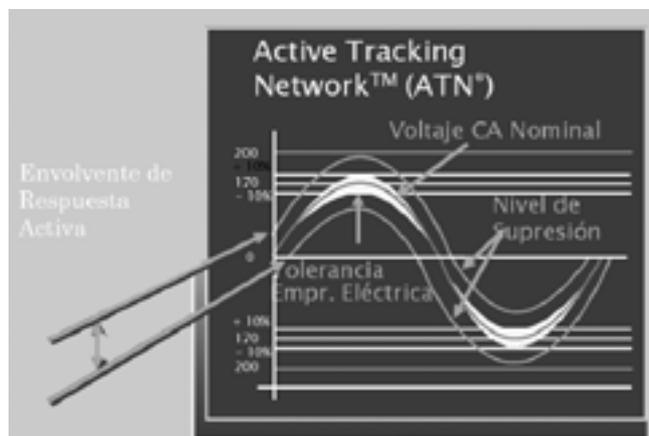
El voltaje residual de SINETAMER, después de haber actuado frente a una Sobretensión Transitoria, se encuentra detallado en las hojas técnicas de cada modelo y probado en modernos laboratorios.

SINETAMER cuenta con dos tecnologías de Supresión:

- Tecnología de Umbral Fijo

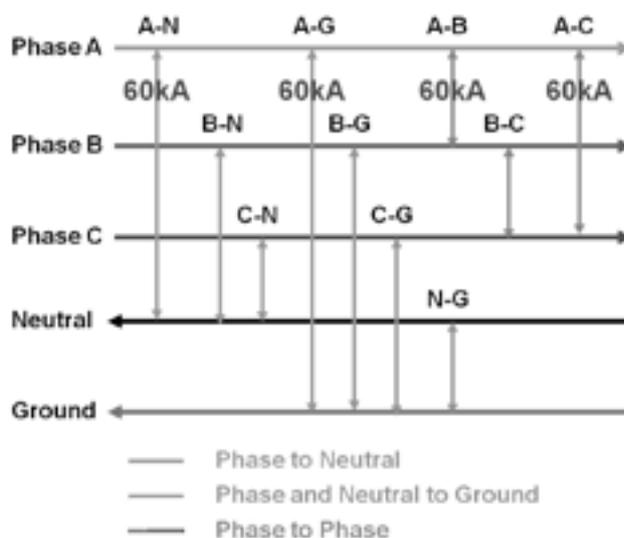


- Tecnología de Rastreo de la Onda Senoidal



Ideal para proteger equipo electrónico sensible

SINETAMER cubre todos los caminos por los cuales podríamos tener una sobretensión, es decir 10 modos de protección en un Sistema Trifásico en Estrella.



Todos los modelos de SINETAMER tienen un tiempo de respuesta menor o igual a 1 nanosegundo.

SINETAMER cuenta con las siguientes certificaciones internacionales:

- ISO 9001:2008
- ANSI C62.72-2007
- UL1449 3ra EDICIÓN
- UL1283

SINETAMER al ser un disipador y no un descargador a tierra, para garantizar su funcionamiento no requiere un valor de resistencia de tierra.

SINETAMER no requiere protecciones adicionales para su instalación ya que cuenta con fusibles térmicos y de corriente incorporados.

Caja de Plástico ABS de alta resistencia, UL94V
Los modelos SINETAMER vienen con led's súper brillantes de señalización, uno por cada fase.

Por sus características SINETAMER no viene en módulos compactos RIEL DIN y pueden ser instalados en cualquier posición.

La mayoría de los modelos de supresores SINETAMER vienen con cables para conexión incorporados.

SINETAMER logra proporcionar seguridad, estabilidad, eficiencia y garantía frente a sobretensiones transitorias.

AUTOR



RAMIRO VALDEZ BAHUZ

Nacido en la ciudad de Oruro, realizó sus estudios en la Facultad Nacional de Ingeniería, dependiente de la Universidad Técnica de Oruro, cursando la Carrera de Ingeniería Eléctrica con una mención en Sistemas Eléctricos de Control. Especialista en diseño de protecciones internas contra sobretensiones transitorias. Actualmente se desempeña en la Empresa Electrored Bolivia SRL ocupando el cargo de Asesor y Soporte Técnico.

Contacto: www.electrored.com.bo • E-mail: ramiro-valdez@electrored.com.bo
Telf./Fax: 2462046



AHORRO SOSTENIBLE DE ENERGÍA

ABB - BOLIVIA



Las centrales eléctricas de ciclo combinado como la que se muestra pueden beneficiarse de las soluciones industriales de ABB para la eficiencia energética.

Las soluciones de ABB para la eficiencia energética industrial están permitiendo ahorros energéticos cada vez mayores en la industria.

CHRIS STUBBS – *La eficiencia energética y sus correspondientes implicaciones medioambientales constituyen una preocupación para la base industrial mundial.*

Hay una importante capacidad de mejora; sin embargo, muchas empresas aún tienen que aplicar tecnologías de ahorro de energía a sus operaciones. ABB ha diseñado un nuevo procedimiento comercial para mejorar la eficiencia energética en la industria que ayuda a los clientes a utilizar la energía eléctrica eficazmente y a aumentar la productividad industrial de forma sostenible. Aplicando este método, ABB ha identificado ahorros de energía de entre el 5 y el 20 por ciento en un amplio abanico de industrias y servicios públicos, incluyendo las de aire y gases comprimidos, refrigeración y HVAC, sistemas de refrigeración por agua, ciencias de la vida, hierro y acero, minerales y minería, papel y pasta de papel, producción de electricidad, alimentación y bebidas e industria química.

Apoyándose en el profundo conocimiento de la energía y la automatización que tiene ABB, los clientes pueden conseguir ahorros de energía reales.



1 El Extended Automation System 800xA de ABB aumenta la eficiencia energética, la utilización de recursos, el ahorro de energía y la eficacia de los operarios

Es bien sabida la preocupación de gran parte de la industria por la mejora de la eficiencia energética. Los organismos públicos y la investigación pública y privada han demostrado que existen grandes posibilidades de ahorro de energía en la mayoría de los sectores industriales y de las partes del mundo. Y sin embargo, a pesar del atractivo comercial de estas oportunidades

Ya existe la tecnología que permite mejoras sustanciales de la eficiencia energética industrial en la mayoría de los sectores

de ahorro de energía, las empresas no están poniendo en servicio proyectos de ahorro energético y, por lo tanto, no están alcanzando todo su potencial para reducir el consumo de energía. ABB ha tenido en cuenta las barreras reales para la aplicación con el fin de diseñar soluciones de diseño viables que superen muchos de los obstáculos existentes.

El proceso para llevar a cabo la mayoría de las mejoras empresariales es secuencial:

reconocimiento de la necesidad de actuar, identificación de los problemas, planificación de las medidas de mejora, y diseño e implantación de las soluciones detalladas. Solo entonces podrá conseguir una empresa el ahorro de energía.

En particular, incluso en regiones donde durante muchos años ha sido importante la reducción del consumo de energía y de las emisiones de dióxido de carbono (como en el norte de Europa), muchas organizaciones todavía no han pasado de la identificación inicial de los problemas (lo que se denomina auditoría energética). Los gobiernos y las compañías de servicios públicos han financiado la realización de auditorías energéticas como medio para iniciar y fomentar el ahorro de energía, pero no parece que vayan a ponerse en marcha pronto las medidas siguientes. ¿Por qué?

RECHAZO POR MIEDO A LO DESCONOCIDO

Por ejemplo, los ingenieros de una planta petroquímica están muy familiarizados con la tecnología de la actividad principal y la maquinaria correspondiente. Esos ingenieros son muy competentes para comprender la manera en que pequeños cambios que se realicen en los equipos, las condiciones y los parámetros del proceso industrial influirán en la fiabilidad de la planta, la calidad del producto, la regularidad y el volumen de producción.

Gracias a años de experiencia, confían en la realización de modificaciones en las actividades claves de la planta y confían igualmente en la precisión de las predicciones acerca del resultado de dichas modificaciones. Pero no existe el mismo nivel de confianza en otros aspectos, como los sistemas internos de calderas, generación de vapor y electricidad, enfriamiento de agua, gas combustible y otros sistemas auxiliares no esenciales. En consecuencia, mientras que la actividad principal funciona con una puesta a punto muy afinada, los sistemas auxiliares suelen estar trabajando casi igual que cuando

entraron en servicio hace 20 o 30 años. Además, se ha prestado siempre muy poca atención al rendimiento de los procesos auxiliares y se efectúan muy pocas mediciones que permitan a los técnicos y operarios supervisar realmente ese rendimiento.



2 Los accionamientos de ABB de baja tensión mejoran la eficiencia del proceso, reducen el consumo de energía y mejoran la productividad

PREMIO REPARTIDO

El ahorro de energía, si bien importante en su conjunto, raramente se concentra en algunos proyectos, medidas de mejora o ubicaciones de una planta compleja.

Accediendo a recursos de ABB, las empresas y organismos pueden superar sistemáticamente las barreras para la ejecución de proyectos de ahorro de energía.

El premio del ahorro de energía está muy repartido entre 50, 100 o más intervenciones discretas. Las plantas de procesos complejos consumen muchos recursos; esas empresas abordan con frecuencia procesos de proyectos de inversión para obtener ideas por medio de un proceso de investigación costado inicialmente y mediante un proceso de ejecución del proyecto

muy bien controlado. La naturaleza repartida de los proyectos de ahorro energético conduce a una posición en la que el "premio" no se corresponde con el esfuerzo de aplicar el proceso de proyecto de inversión 50, 100 o más veces. En consecuencia, no se suelen ejecutar proyectos de ahorro energético.

LAGUNAS DE CAPACIDAD

Un efecto de la concentración de la atención en la tecnología y los procesos de fabricación claves de una empresa es que existe mucha menos competencia en las ajustadas compañías manufactureras actuales para apoyar tecnologías no fundamentales. Es poco probable encontrar ingenieros energéticos bien capacitados en la mayoría de las empresas de fabricación. Con una falta de conocimientos en ingeniería energética dentro de la propia empresa, la capacidad de las compañías para llevar a cabo proyectos de ahorro energético se reduce considerablemente y, una vez más, dejan de realizarse proyectos de ahorro energético.

ASIGNACIÓN DE RECURSOS SESGADA

Empresas, inversores y mercados se centran principalmente en aumentar los ingresos. Esta atención se reparte en dos funciones dentro de las empresas de fabricación. Los departamentos de ventas se centran tanto en el crecimiento de la cuota de mercado como en la mejora de los precios del producto, y los departamentos de producción buscan el crecimiento de la producción, para aumentar la cuota de mercado (suponiendo que el mercado es estático o creciente). Desde el punto de vista de la ingeniería esto lleva a centrarse en la producción de la planta y la eliminación de los cuellos de botella, y no es preciso mucho tiempo para asignar el capital de forma preferente a proyectos que ayuden a conseguir este resultado, aunque haya proyectos de más rendimiento en áreas de reducción de costes tales como la eficiencia energética. De nuevo dejan de realizarse proyectos de ahorro de energía.

FLUJO DE INFORMACIÓN

Es raro que se efectúen cambios en las actividades comerciales o en las instalaciones de producción si no es posible demostrar a los accionistas que los cambios prometidos con la inversión se han producido realmente. La frase “no se puede controlar lo que no se puede medir” se traduce perfectamente en “nosotros no invertiremos cuando no se pueda medir.” Una mejora implica que el rendimiento después de la inversión será mejor que antes de ella, lo que, a su vez, implica que debe ser posible medir el rendimiento. Con una medición deficiente o inexistente en muchas compañías eléctricas y de servicios, las oportunidades de los proyectos no alcanzan una primera fase y no llegan a ejecutarse.

El programa de ABB depende del apoyo de una gestión corporativa y general de la estrategia comercial global: asociación para proporcionar un ahorro real de energía a los clientes.



3 cpmPlus Energy Manager de ABB ofrece las herramientas que ayudan a reducir los costes de la energía, mejorar su eficiencia y controlar las emisiones de dióxido de carbono

Pero el ahorro energético industrial no se debe a falta de tecnología. De hecho, la Agencia Internacional de la Energía publicó en 2009 un informe sobre eficiencia energética en el sector petroquímico que puso de manifiesto que existe un potencial para mejorar la eficiencia energética en un 35% en todo el sector petroquímico mediante la adopción de la tecnología de mejores prácticas existentes y de otras

tecnologías como la combinación de calor y electricidad y el reciclado de plásticos [1]. Ya existe la tecnología que permite mejoras sustanciales de la eficiencia energética industrial en la mayoría de los sectores → 1–2. El problema es que no se está aplicando.

SUPERACIÓN DE BARRERAS

La respuesta de ABB a las cuestiones presentadas más arriba es ofrecer una manera completamente diferente de realizar proyectos de ahorro energético en la industria. Accediendo a recursos de ABB, las empresas y organismos pueden superar sistemáticamente las barreras para la ejecución de proyectos de ahorro de energía.

Rechazo por miedo a lo desconocido

ABB garantiza un resultado económico de los proyectos de energía que asegura al cliente una mejora EBITDA (ingresos antes de intereses, impuestos, depreciación y amortización) mensurable. ABB dispone de los amplios conocimientos técnicos necesarios para asumir el riesgo del rendimiento de las soluciones que aplica, superando así la cuestión del rechazo por miedo a lo desconocido. Esto incluye especialistas en energía, profesionales de la gestión del cambio, directores de proyecto, proyectistas y planificadores, ingenieros de proceso y especialistas en ingeniería funcional.

Con una falta de conocimientos en ingeniería energética dentro de la propia empresa, la capacidad de las compañías para llevar a cabo proyectos de ahorro energético se reduce considerablemente.

Premio repartido

ABB incorporará múltiples proyectos e intervenciones menores en un proyecto mayor que crea visibilidad y relevancia. Al integrar las intervenciones individuales en un solo contrato más grande el cliente ya no tiene que ejecutar un proceso de proyecto “potente” con muchos proyectos pequeños, sino que puede centrarse en proyectos relacionados con su propia

Con una falta de conocimientos en ingeniería energética dentro de la propia empresa, la capacidad de las compañías para llevar a cabo proyectos de ahorro energético se reduce considerablemente.

producción y dejar que ABB se preocupe por el detalle de cada una de las intervenciones que buscan el ahorro de energía.

Lagunas de capacidad

ABB tiene una gran experiencia en la optimización energética profunda para sistemas eléctricos y térmicos, así como una capacidad demostrada para incorporar en la industria soluciones llave en mano. Al igual que sucede con la solución a la barrera de rechazo por miedo al riesgo, la experiencia técnica de ABB se utiliza para superar las lagunas de capacidad en las empresas de los clientes. Los equipos de ABB están respaldados por metodologías, herramientas y software adecuados. Sus soluciones son pragmáticas, y tienen en cuenta las condiciones precisas para trabajar en un ambiente de planta operativa activa.

Asignación de recursos sesgada

Cuando no se disponga de capital para proyectos de ahorro de energía, ABB financiará los programas energéticos, normalmente para más de cinco años, con modelos de ahorros compartidos. La relación de ABB con organizaciones financieras internacionales permite la creación de nuevos modelos de financiación para proyectos de ahorro de energía, superando la carencia de capital del cliente para este tipo de proyectos.

Flujo de información

ABB es propietaria de las tecnologías de medición más avanzadas del mundo y de un sofisticado sistema de gestión de la energía llamado cpmPlus Energy Manager. Medición y verificación (M&V) es un requisito esencial para toda

La evaluación por ABB de la eficiencia energética industrial de la acería integrada de Arcelor Mittal en Fos-sur-Mer se ha centrado en áreas clave de la planta:

- Planta de hornos de oxígeno básico (BOF)
- Altos hornos
- Estufas de Cowper
- Central eléctrica
- Planta de sinterización
- Laminación en caliente

Se identificaron cincuenta y tres posibilidades distintas de ahorro de energía

- Un ahorro de electricidad estimado de hasta 4,3 millones de euros (5,3 millones de dólares)/año
- Otros ahorros en gas de hasta 6 millones de euros (7,4 millones de dólares)/año

Se aprobaron tres oportunidades para su ejecución inmediata.

- Oportunidades sin inversión de capital
- Ahorro de energía de 120.000 euros (149.000 dólares)/año; amortización < 1 año

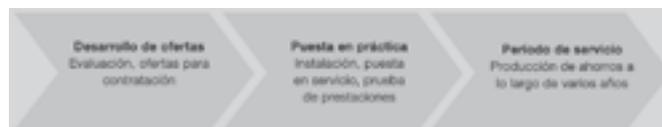
Se desarrollaron 4 especificaciones de proyectos

- Ahorros de energía de 1,9 millones de euros (2,4 millones de dólares)/año
- Amortización media de 1 año

"Estamos muy satisfechos con los resultados, ya que ABB ha definido muy claramente dónde se puede ahorrar energía y cómo conseguirlo. Valoramos mucho el trabajo realizado. Es más que una simple auditoría."

- J. Van Lishout, Flat Carbon Europe

4 Acería integrada de ArcelorMittal en Fos-sur-Mer



5 El propósito de ABB es llevar a cabo proyectos reales, importantes para ahorrar energía; sin su puesta en práctica no se conseguirán los ahorros.

contratación basada en las prestaciones. El módulo de base de cpmPlus Energy Manager de ABB permite a los clientes y a ABB registrar e informar en tiempo real sobre datos de energía y de producción y proporciona datos de mediciones no discutibles sobre los que se fundamentan los pagos relacionados con las prestaciones ➔ 3.

ENTREGA DE SOLUCIONES LÍDERES DEL MERCADO

El método de ABB para las soluciones de eficiencia energética industrial está abriendo nuevos caminos en la industria. Tras examinar las

causas originales de la falta de ejecución de las miles de ideas sobre ahorro energético ya identificadas por los equipos de estudio internos y externos en miles de plantas industriales, ABB ha diseñado un nuevo enfoque comercial para mejorar la eficiencia energética en la industria. Las primeras entregas de este tipo de proyectos deben abrir el camino en la segundamidad de 2012 y demostrarán el valor de la capacidad de ABB para pensar con originalidad → 4.

PROGRAMA DE CONTRATACIÓN DE RENDIMIENTO ENERGÉTICO DE ABB

El programa de ABB depende del apoyo de una gestión corporativa y general de la estrategia

Cuando no se disponga de capital para proyectos de ahorro de energía, ABB financiará los programas energéticos, normalmente para más de cinco años, con modelos de ahorros compartidos.

comercial global: asociación para proporcionar un ahorro real de energía a los clientes. Tras la formalización de un acuerdo marco para la prestación de servicios energéticos, los equipos de consultoría de ABB se comprometerán con los gerentes de las instalaciones siguiendo la iniciativa establecida por un comité conjunto ABB-Cliente de dirección del programa.

El procedimiento es flexible y aspira a establecer un número controlable de proyectos que proporcione ahorros considerables de energía → 5. Durante la fase de desarrollo de la propuesta, acometemos una breve evaluación inicial (de una o dos semanas) para preparar un abanico de oportunidades. Esto proporciona a todas las partes una visión de las oportunidades de ahorro de energía existentes, de su valor y de las tecnologías y soluciones aplicables para alcanzarlas. La evaluación es deliberadamente de carácter general, fijándose en tanta cantidad de ahorro energético para los clientes como sea posible, lo que conduce normalmente a la identificación de un ahorro de entre el 5 y el 20 por ciento del consumo total de energía.

Cuando se desarrolla la oferta del contrato para la planta mejoramos nuestra evaluación hasta la "calidad de inversión", aprovechando la gran experiencia de ABB en energía y automatización.

Una vez ejecutado el contrato para el rendimiento de la instalación, ABB diseñará, obtendrá y elaborará las mejoras acordadas con el cliente (Ejecución). La empresa pondrá en servicio los sistemas y llevará a cabo las pruebas básicas y de rendimiento, de acuerdo con los protocolos contratados de Medición y verificación (M&V).

Donde el procedimiento de ABB difiere de la mayoría es que, tras la Ejecución, la compañía sigue participando durante el periodo de servicio, cuando se producen los ahorros. El modelo de contrato de ahorros compartidos asegura que los objetivos a largo plazo son comunes; ABB y el cliente están igualmente interesados en la obtención de un ahorro energético real a largo plazo. Gracias a su experiencia, ABB ha proporcionado ahorros de energía a una gran variedad de industrias y compañías de servicios públicos. Apoyándose en la experiencia en consultorías y en el conocimiento en materia de energía y automatización que tiene ABB, los clientes pueden conseguir ahorros de energía reales.

REFERENCIA

- [1] Saygin, D., Patel, M. K., Tam, C., Gielen, D. J. (2009). Chemical and Petrochemical Sector: Potential of best practice technology and other measures for improving energy efficiency. OCDE/AIE. Consultado el 10 de julio de 2012 en http://www.iea.org/papers/2009/chemical_petrochemical_sector.pdf

Power and productivity
for a better world™

ABB

Sánchez Bustamante # 275
entre 8 y 9 Calacoto
TEL: 591 2 2788181 Int: 225
FAX: 591 2 2788182
Web: www.abb.com.bo
La Paz - Bolivia

La dependencia entre diversos sistemas añade complejidad a los problemas de calidad eléctrica. Su PC / los Pcs trabajan bien, pero la red no funciona, por lo que nadie puede reservar un vuelo o archivar un informe de gastos. El proceso está funcionando correctamente, pero el sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado se ha apagado y la producción debe interrumpirse. Los sistemas imprescindibles para la empresa están repartidos por toda la instalación, por lo que los problemas de calidad eléctrica pueden ocasionar que algunos se detengan en cualquier momento.

Y seguramente sucederá en el peor momento posible. ¿De dónde proceden los problemas de calidad eléctrica? La mayoría se originan dentro de las instalaciones. Puede deberse a problemas con:

- Instalación: conexión incorrecta a tierra, cableado inadecuado o distribución subdimensionada.
- Funcionamiento: los equipos funcionan fuera de los parámetros de diseño.
- Métodos de mitigación: blindaje inadecuado o falta de corrección del factor de potencia.
- Mantenimiento: aislamiento del cable deteriorado o la conexión a tierra.

Incluso los equipos que se han instalado y a los que se les efectúa el mantenimiento correctamente en una instalación perfectamente diseñada, pueden presentar problemas de calidad eléctrica con el paso del tiempo.

La medición eléctrica de las pérdidas, debido a una mala calidad eléctrica se puede realizar con los instrumentos 430 Serie II de Fluke, que miden directamente la energía desaprovechada a causa de armónicos y desequilibrio y cuantifican el costo de la pérdida basado en el costo unitario de la energía proveniente de la red eléctrica.

Los problemas de calidad eléctrica también se pueden originar fuera de la instalación. Vivimos con la amenaza impredecible de cortes del suministro eléctrico, caídas de tensión y sobretensiones.

Obviamente, hay un costo en esto. ¿Cómo se cuantifica?



Veamos un ejemplo. Su fábrica produce 1.000 dispositivos electrónicos por hora, con 9\$ de beneficio por unidad. Por lo tanto, sus ingresos son de 9.000 \$ por hora. Si sus costos de producción son de 3.000 \$ por hora, su ingreso operativo es de 6.000 \$ por hora cuando la producción está en marcha. Cuando no está produciendo, la pérdida de ganancias es de 6.000 \$ por hora y además, tiene que añadir los gastos fijos (como los gastos generales y sueldos). Ese es el precio de la inactividad. Pero existen otros costos derivados de la inactividad:

- Desechos. ¿De cuánta materia prima o en proceso de producción tiene que deshacerse si la producción se detiene?
- Reinicios. ¿Cuánto cuesta resolver y reiniciar el proceso tras una interrupción no planificada?
- Trabajo adicional. ¿Debe pagar horas extra o servicios externos para solucionar un incidente que conduce a la inactividad?.

MEDICIÓN DE LOS COSTOS DE CALIDAD ELÉCTRICA

Los problemas de calidad eléctrica causan estragos en tres áreas generales: tiempo de inactividad, problemas en los equipos y costos de consumo de energía.

INTERRUPCIONES IMPREVISTAS.

Para cuantificar los costos derivados

del tiempo de inactividad del sistema, necesita saber dos cosas:

1. Los ingresos por hora que genera el sistema.
2. Los costos de producción.

Debe tener en cuenta también el proceso empresarial. ¿Se trata de un proceso continuo y totalmente aprovechado (p.ej., una refinería)?

¿El producto debe consumirse después de haberse producido (p. ej., en una central eléctrica)? ¿Los clientes pueden disponer de una alternativa si el producto no está disponible (p.ej., una tarjeta de crédito)? Si la respuesta a cualquiera de estas preguntas es afirmativa, es difícil o imposible recuperar los ingresos perdidos.

¿Es usted un fabricante OEM? Si no puede hacer entregas a tiempo, sus clientes podrían cambiar de proveedor.

PROBLEMAS EN LOS EQUIPOS

Los costos exactos son difíciles de cuantificar, ya que se deben tener en cuenta muchas variables. ¿La avería en ese motor se debe a un exceso de armónicos o ha ocurrido por cualquier otra causa? ¿Ha tenido que desechar la producción de la línea tres, debido a que las variaciones en el suministro eléctrico provocan variaciones en el funcionamiento de la máquina? Para saber las respuestas correctas, usted debe hacer dos cosas:

1. Identificar la raíz de problema.
2. Determinar los costos reales.

Este es el ejemplo. En su fábrica se produce un tipo de malla de plástico que debe tener un grosor uniforme. Al terminar la jornada, los operarios consistentemente informan que gran parte de la producción se ha tenido que desechar. Usted puede directamente identificar las variaciones de velocidad de la máquina debido a la baja tensión provocada por las pesadas cargas en los sistemas de climatización. El jefe de operaciones calcula que las pérdidas netas son de 3.000 \$ diarios. Este es el sobre costo derivado de la baja tensión. Pero no se olvide de otros costos, por ejemplo aquellos identificados con los periodos de inactividad.

COSTOS DE LA ENERGÍA.

Para reducir la factura de electricidad, usted tendrá que registrar los patrones de consumo y ajustar el sistema y el tiempo de las cargas para reducir uno o más de los siguientes factores:

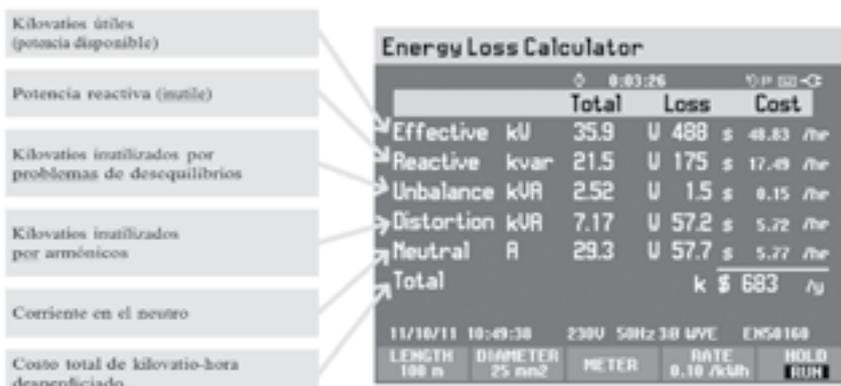
1. Uso de energía activa (kWh).
2. Las penalizaciones por el factor de potencia
3. Estructura de cargos adicionales por demanda pico.

Hasta ahora, calcular el costo de las pérdidas de energía ocasionadas por problemas de calidad eléctrica era una tarea para ingenieros expertos.

El costo de las pérdidas solo podía calcularse mediante métodos numéricos complejos, es decir, no era posible realizar una medición directa y una cuantificación económica de las pérdidas. Con los algoritmos patentados que utilizan los productos 430 Serie II de Fluke, las pérdidas ocasionadas por los frecuentes problemas de calidad eléctrica, como los armónicos y el desequilibrio, pueden medirse de forma directa.

Al introducir el costo de la energía eléctrica en el instrumento, el costo es calculado directamente.

Puede reducir el consumo de energía si elimina las deficiencias en



sistema de distribución. Entre las fuentes de estas deficiencias se incluyen:

- Altos valores de intensidad de corriente en el conductor neutro causado por desequilibrio de cargas y armónicos "Triplen".
- Transformadores con cargas pesadas, en especial los que producen cargas no lineales.
- Motores viejos, accionamientos viejos y otras cuestiones relacionadas con motores.
- Señales eléctricas muy distorsionadas, que pueden provocar un calentamiento excesivo de los sistemas de alimentación eléctrica.

Usted puede evitar sanciones económicas del factor potencia mediante la corrección del mismo. En general, esto se consigue instalando condensadores de corrección. No obstante, lo primero es corregir la distorsión del sistema: los condensadores presentan una baja impedancia a los armónicos e instalando correctores de factor de potencia inapropiados puede producir resonancia o quemar los condensadores. Consulte a un especialista en calidad eléctrica antes de corregir el factor de potencia si existen armónicos en la instalación.

Es posible reducir los cargos adicionales por exceder la demanda pico gerenciándola. Por desgracia, muchas personas pasan por alto uno de los factores fundamentales de este costo -el efecto de una mala calidad eléctrica en los picos de consumo eléctrico -y en consecuencia, no son conscientes de su impacto en una factura elevada. Para determinar los costos reales de la demanda de pico, necesita conocer tres datos:

1. El consumo de energía "normal"
2. El consumo de energía "estable"
3. La estructura de cargos adicionales por exceder la demanda pico.

Eliminando los problemas de la calidad de la energía, se reduce el valor del pico de demanda y el consumo. La gestión de la carga implica el control de cuándo debe operar cada equipo y con qué preferencia. Ahora sus instalaciones consumen un promedio de 515 kWh y sus cargas pico han bajado hasta 650 kWh. Pero, si incorpora

la gestión de cargas para redistribuir algunas, el consumo promedio bajará y su nueva demanda de pico raramente sobrepasa los 595 kWh.

Veamos un ejemplo. En su fábrica/oficina se consume un promedio de 570 kWh durante la jornada de trabajo, pero se alcanzan picos de 710 kWh casi todos los días. La empresa de suministro eléctrico le cobra un recargo de electricidad por cada 10 kWh por encima de los 600 kWh en su factura mensual, cada vez que el consumo sobrepasa el umbral de los 600 kWh durante 15 minutos. Si usted corrige el factor de potencia, mitiga los armónicos, corrige las alteraciones e instala un sistema de gestión de cargas, tendrá ante usted un consumo de energía diferente: uno que usted mismo puede calcular.



AHORRE DINERO CON LA CALIDAD ELÉCTRICA

Ya ha conocido los costos de la mala calidad eléctrica. Ahora, debe aprender a eliminar dichos costos. Lo conseguirá si sigue estos pasos.

- Compruebe el diseño. Determine de qué modo su sistema puede soportar mejor los procesos y qué infraestructura necesita para evitar averías. Verifique la capacidad del circuito antes de instalar un nuevo equipo. Vuelva a comprobar los equipos críticos después de realizar cambios de configuración.
- Cumpla las normativas. Por ejemplo, compruebe que su sistema de conexión a tierra cumple con la norma IEEE-142.

Compruebe que su sistema de distribución de alimentación eléctrica cumple con la norma IEEE-141.

- Compruebe los sistemas de protección eléctrica. Esto incluye la protección contra rayos, los supresores de sobretensiones permanentes y transitorias. ¿Cuentan con la especificación apropiada y están correctamente instalados?
- Obtenga datos básicos sobre todas las cargas. Esta es la clave del mantenimiento predictivo y permite detectar problemas antes de que ocurran.
- Piense en métodos de mitigación. Los métodos de mitigación de problemas de calidad eléctrica incluyen la corrección (p.ej., reparación de la conexión a tierra) o aceptar la situación (p.ej., utilizando transformadores clasificados K). Considere acondicionar el suministro eléctrico e instalar una fuente de alimentación de reserva.
- Considere acondicionar el suministro eléctrico e instalar una fuente de alimentación de reserva. ¿Está realizando pruebas y llevando a cabo acciones correctivas? Lleve a cabo inspecciones periódicas en los puntos críticos; por ejemplo, compruebe la tensión entre neutro a tierra y la corriente de tierra en las acometidas y los circuitos derivados críticos. Lleve a cabo inspecciones de los equipos infrarrojos de distribución. Determine las causas de las averías para prevenir la recurrencia de las mismas.
- Use la función Monitor. ¿Puede detectar las distorsiones de tensión antes de que se sobrecalienten los motores? ¿Puede seguir la pista de los transitorios? Si no tiene instalado un sistema de supervisión de la alimentación, probablemente no verá los próximos problemas, pero sí verá la inactividad que producen.

Llegado este punto, usted necesita determinar los costos de prevención y reparación para, a continuación, compararlos con los costos de la mala calidad eléctrica. Esta comparación le permitirá a usted justificar la inversión necesaria para solucionar los problemas de calidad eléctrica. Dado que esto debería

ser un esfuerzo continuo utilice los instrumentos adecuados de modo que pueda realizar sus propias mediciones de calidad eléctrica y realizar supervisiones, en vez de subcontratar a otras empresas o profesionales. En la actualidad es sorprendentemente accesible y siempre es menos costoso que la inactividad.



©2004, 2011 Fluke Corporation.

Especificaciones sujetas a cambios sin previo aviso.

No está permitido modificar este documento sin autorización por escrito de Fluke Corporation.

Informes y Consultas:



Nueva Dirección: Av. Beni,
Calle Mururé No 2055
Nuevo teléfono: 3 3433818
Email: helios@helios.com.bo
Web: www.helios.com.bo
Santa Cruz - Bolivia

“LEDS” ILUMINACION ECOLOGICAMENTE CORRECTA

Ariel Vargas T. - JAVA SISTEMAS DE ILUMINACION

Los LEDs ya dejaron de ser vistos como simples puntos de luz utilizados como componentes en los aparatos electrónicos y ganaron posición en el rubro de la iluminación.

Los “diodos emisores de luz” o LEDs, por sus siglas en ingles, fueron avanzando tecnológicamente en todas las áreas de iluminación, brindando posibilidades de adaptación y sustitución con las lámparas que estamos utilizando, facilitando de esta forma proyectos y aplicaciones.

Si bien comenzaron como componentes ahora el abanico de modelos es muy amplio con formas que van desde las lámparas similares a las tradicionales, cintas y módulos que nos brindan más y mejores soluciones en los proyectos de iluminación.

La promesa de los LEDs está sustentada en LA ILUMINACION ECOLOGICAMENTE CORRECTA, ya que no poseen sustancias perjudiciales al medio ambiente en su composición, disminuyendo la producción de residuos para la preservación de nuestro medio ambiente.

Cuando mencionamos o escuchamos la palabra LED, la asociamos inmediatamente a consumo mínimo de energía, vida útil prolongada, variedad de colores, sin embargo tenemos que mencionar también:

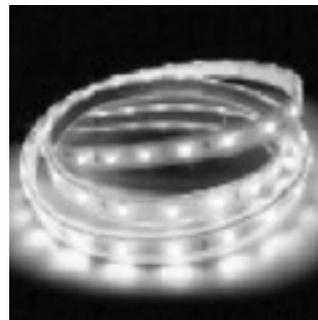
- Dimensiones reducidas
- Alta resistencia a choques y vibraciones
- Dimerización
- Luz dirigida
- Sin radiación ultravioleta e infra-roja
- Pequeña disipación de calor
- No contiene ningún tipo de gas en su composición
- Alta eficiencia luminosa
- Proporcionan nuevas posibilidades de diseño
- Reducción drástica del mantenimiento,

permitiendo instalaciones en lugares de difícil acceso.

Estas son grandes ventajas y beneficios que además nos proporcionan los LEDs y muy poca gente los conoce.

Sin embargo es bueno tomar en cuenta que la tecnología pasa por el camino de la masificación, donde se fabrican productos de pésima calidad y de dudosa procedencia brindando precios bajos en desmedro del producto, no siendo sinónimo de un buen negocio, donde acaban causando una impresión contraria y distorsionada de los reales beneficios de la tecnología, tenemos que estar atentos a las diferencias y escoger la mejor opción.

El límite para la aplicación de los LEDs, esta dado por la imaginación.



I CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA BIOMEDICA

Ingelila Urquidi Barrientos, Nahir Samur Aranibar, Mijail Fernandez Cartagena, Sandra Rodriguez Pinto, Evelyn Teran Mejia, Victor Tapia Medina
IEEE Rama Estudiantil UTO, Facultad Nacional de Ingenieria, Universidad Tecnica de Oruro
Oruro, Bolivia

RESUMEN: En este articulo damos a conocer un evento profesional y estudiantil realizado por el IEEE rama estudiantil UTO y la Carrera de Ingenieria Electrica e Ingenieria Electronica.

PALABRAS CLAVE: I Congreso Nacional de Ingenieria Biomedica.

I. INTRODUCCIÓN

IEEE es la asociación mas grande del mundo profesional dedicada al avance de la innovación tecnológica y excelencia en beneficio de la humanidad. IEEE y sus miembros inspiran a la comunidad global a través de sus publicaciones, conderencias, estándares de tecnología y las actividades profesionales y educativas.

IEEE significa The Intitute of Electrical and Electronics Engineers.

+ 400.000 miembros a nivel mundial: 300.000 profesionales, 100.000 estudiantes. En 1990 se crea la primera Rama Estudiantil IEEE en la Sección Bolivia. IEEE Rama Estudiantil UTO Creada por estudiantes de la FNI, carrera de Ingeniería Eléctrica. Es una Organización Autónoma que brinda información en el área de tecnología, con el apoyo de la Universidad Técnica de Oruro.

El IEEE Rama Estudiantil UTO va desarrollando distintas actividades desde su creacion, una de las actividades que realizará el 2013 es el I Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica.

II. I CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA BIOMEDICA

A. Introduccion

Lo que se busca es que el PRIMER CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA BIOMEDICA llegue

a ser un evento estudiantil y profesional, respaldado por el IEEE Rama Estudiantil UTO y la Carrera de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica de la Facultad Nacional de Ingenieria, Universidad Tecnica de Oruro.

Esta primera versión se realizara en la FNI del miércoles 13 al viernes 15 de Marzo del 2013.

B. Objetivos

Realizar un congreso que fomente el intercambio académico-profesional, promoviendo así la Ingeniería Biomédica en Bolivia.

- Impulsar la creación de la carrera de Ingeniería Biomédica.
- Ser pioneros al realizar un congreso, dedicado a la Ingeniería Biomédica, en Bolivia.
- Motivar a estudiantes de pregrado a incursionar en esta nueva carrera.
- Fomentar la investigación de las áreas de interés de la Ingeniería Biomédica.

C. Ingeniería Biomédica

Combina la experiencia de la ingeniería con las necesidades médicas para obtener beneficios en el cuidado de la salud.

Se dedica fundamentalmente al diseño y construcción de productos sanitarios y tecnologías sanitarias tales como los equipos médicos, las prótesis, dispositivos médicos, dispositivos de diagnóstico y de terapia.

D. Convocatoria a Ponencias

Se encuentra abierta la CONVOCATORIA A PONENCIAS, del PRIMER CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA BIOMEDICA, por medio de la cual diferentes personas del ambito academico como estudiantes, profesionales y trabajadores en el area pueden enviar sus articulos escritos en el

formato IEEE anexo tanto en formato word como en formato PDF.

Los requisitos para esta convocatoria a ponencias son:

Incluir datos personales en el envío: **Nombres, Teléfonos de Contacto, Correos electrónicos, Nombre de la institución.**

El artículo no debe sobrepasar las 6 páginas. Al enviar el artículo, el investigador principal se compromete, en caso de ser elegido, a preparar una ponencia con un tiempo de 90 o 120 minutos, en la cual expondrá el trabajo descrito en el artículo enviado. La ponencia debe ser expuesta en el evento únicamente por uno de los investigadores.

Los proyectos correspondientes a los artículos enviados deben encontrarse dentro de las temáticas del evento listadas en la parte inferior. Deben ser enviadas dos copias del artículo: una en formato word y otra en formato PDF y encontrarse escritos en el formato IEEE indicado, enviado junto con la convocatoria.

Los artículos serán recibidos via correo electrónico al correo ingelilau@hotmail.com, junto con todos los datos requeridos

Todos los artículos enviados serán revisados por un comité evaluador, se tendrán en cuenta criterios como: originalidad, significancia del artículo, relevancia dentro del área, solidez técnica, coherencia y claridad del texto.

E. Temáticas del Evento

- Aspectos profesionales y Éticos
- Bioestadística
- Biofísica y Fisiología
- Biomecánica y Rehabilitación
- Biónica y Robótica
- Biosensores
- Computación aplicada a la Medicina
- Educación en Ingeniería Biomédica
- Física Médica
- Gestión Tecnológica
- Informática Médica

- Ingeniería Clínica
- Instrumentación Médica
- Microelectrónica
- Modelos y Simulación
- Nanotecnología
- Procesamiento de Señales e Imágenes Biomédicas
- Prótesis y Órganos Artificiales
- Telemedicina
- Otras temáticas afines

F. Fechas Importantes

Inicio de convocatoria: 03 de Diciembre de 2012
Fecha límite de recepción: Febrero 08 de 2012
Comunicación de resultados: Febrero 22 de 2012

Cada uno de los participantes elegidos para el proyecto recibirá una certificación con valor curricular del IEEE individual de participación en el evento en calidad de "PONENTE".

Los artículos presentados en el evento, serán publicados dentro de las memorias del evento.

FAVOR HACER EXTENSIVA ESTA INVITACIÓN.

Para mayor información contactarse con:

ingelilau@hotmail.com
www.facebook.com/groups/ramaestudiantilieeeuto
<http://ingelilau.wix.com/ramaieeeeuto> www.ieeeramaestudiantiluto.com

G. Referencias de Organización





III. REFERENCIAS

- [1] www.facebook.com/groups/ramaestudiantilieeeuto
- [2] ingelilau@hotmail.com
- [3] <http://ingelilau.wix.com/ramaieeeuto>
- [4] www.ieeeramaestudiantiluto.com
- [5] Preparation of papers for IEEE Transactions and Journals. IEEE.

IV. BIOGRAFIAS



Ingelila Urquidi Barrientos, nació en Oruro- Bolivia el 11 de Marzo de 1991. Realizo sus estudios secundarios en el Colegio "Santa Maria Magdalena Postel", Oruro; es Operador Windows, curso estudios en Ingeniería Eléctrica en la Universidad de Tarapaca Arica (UTA) Arica , Chile; con el convenio de becas CRISCOS (Consejo de Rectores por la Integración de la Subregión Centro Oeste de Sudamérica) 2010, Proyecto 2010 "Robot Sigue Lineas- AAMIBOTS", Proyectos 2011 "Robot SLI v.1- Sigue Lineas Lego" y "Robot Warbot-Feria de Tecnología UATF-Potosí", Auxiliar de Docencia 2011-2012, actualmente estudia en la Carrera de Ingeniería Eléctrica, Facultad Nacional de Ingeniería, Universidad Técnica de Oruro. Además es "Presidenta del IEEE Rama Estudiantil UTO" Sección Bolivia, "Vicepresidenta del I Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica" y "Vicepresidenta del III Encuentro de Tecnologías

Eléctricas, Electrónicas y Computacionales (ENTEEC)".

Áreas de interés: Eléctrica, Potencia y Energía, Robótica, Energías Alternativas.

e-mail: ingelilau@hotmail.com



Susana Nahir Samur Aranibar, nació en Buenos Aires- Argentina el 08 de Julio de 1988. Realizo sus estudios secundarios en el Colegio "Bethania", Oruro, actualmente estudia en

la Carrera de Ingeniería Electrónica, Facultad Nacional de Ingeniería, Universidad Técnica de Oruro. Además es "Miembro IEEE", "Organizadora del I Congreso Nacional de Ingeniería Biomedica" y "Organizadora del III Encuentro de Tecnologías Eléctricas, Electrónicas y Computacionales (ENTEEC)".

Áreas de interés: Electrónica, Automática, Telecomunicaciones.

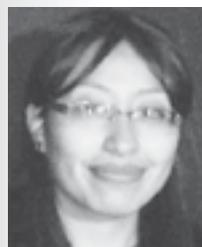


Mijail Fernandez Cartagena, nació en Oruro-Bolivia el 29 de Julio de 1989. Realizo sus estudios secundarios en el Colegio "Santa Maria Magdalena Postel", Oruro, actualmente estudia en la Carrera de Ingeniería Electrónica, Facultad

Nacional de Ingeniería, Universidad Técnica de Oruro. Además es "Miembro IEEE", "Organizador del I Congreso Nacional de Ingeniería Biomedica" y "Organizador del III Encuentro de Tecnologías Eléctricas, Electrónicas y Computacionales (ENTEEC)".

Áreas de interés: Electrónica, Automática, Telecomunicaciones.

e-mail: imw_srp@yahoo.com



Sandra Rodriguez Pinto, nació en Oruro-Bolivia el 29 de Marzo de 1990. Realizo sus estudios secundarios en el Colegio "Santa Maria Magdalena Postel", Oruro, actualmente estudia en

la Carrera de Ingeniería Electrónica, Facultad Nacional de Ingeniería, Universidad Técnica de

Oruro. Además es "Tesorera del IEEE Rama Estudiantil UTO" y "Organizadora del I Congreso Nacional de Ingeniería Biomedica" y "Organizadora del III Encuentro de Tecnologías Eléctricas, Electrónicas y Computacionales (ENTEEC)".

Áreas de interés: Electrónica, Automática, Telecomunicaciones.
e-mail: mw_srp@yahoo.com



Evelyn Diana Teran Mejia, nació en Oruro-Bolivia el 26 de Junio de 1990. Realizó sus estudios secundarios en el Colegio "Jesus Maria", Oruro, actualmente estudia en la Carrera de Ingeniería Electrónica, Facultad Nacional de Ingeniería, Universidad Técnica de Oruro. Proyectos "Robot Soccer – CONEIMERA 2011", "Brazo Robótico-AAMIBOTS" y Robot con Kit Lego. Ponencias de callpaper en INTERCON 2012 y CONEIMERA 2012. Estudiante CCNA CISCO. Además es "Miembro IEEE", "Organizadora del I Congreso Nacional de Ingeniería Biomedica" y "Organizadora del III Encuentro de Tecnologías Eléctricas, Electrónicas y Computacionales (ENTEEC)".

Áreas de interés: Biomédica, Robótica y Sistemas de Comunicaciones.
e-mail: dian_272@hotmail.com



Antonio Victor Tapia Medina, nació en Oruro-Bolivia el 29 de Julio de 1990. Realizó sus estudios secundarios en el Colegio "Bethania", Oruro, actualmente estudia en la Carrera de Ingeniería Electrónica, Facultad Nacional de Ingeniería, Universidad Técnica de Oruro. Además es "Miembro IEEE", "Organizador del I Congreso Nacional de Ingeniería Biomedica" y "Organizadora del III Encuentro de Tecnologías Eléctricas, Electrónicas y Computacionales (ENTEEC)".

Áreas de interés: Electrónica, Automática, Telecomunicaciones.

