

# **VI.4 SISTEMA EVOLUTIVO PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO EN UN AMBIENTE DISTRIBUIDO**

*Guillermo Ambriz Carreón\**

Palabras Claves: Sistema Evolutivo, Control Estadístico del Proceso (CEP), Carta de Control, Ambiente Distribuido.

## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad muchos de los equipos de medición (calibradores, básculas, dinamómetros, multimetros, etc.) están diseñados para poder comunicarse con una computadora personal (PC, por sus siglas en inglés), de esa manera se envían las medidas obtenidas hacia la PC para posteriormente poderlas procesar. Sin embargo en la mayoría de los casos esas medidas obtenidas son almacenadas en archivos de paso (se crean y posteriormente se borran) o en el peor de los casos son registradas en un formato establecido por las empresas o por las compañías, para posteriormente ser capturadas en la PC y así después procesar la información en paquetes que realizan las gráficas necesarias para la empresa. Este trabajo hace mención a un paquete capaz de registrar la información emitida por algún equipo de medición y procesarla para la elaboración de las gráficas solicitadas.

---

\*Guillermo Ambriz Carreón escribió este trabajo cuando era estudiante de Postgrado del Instituto Tecnológico de Toluca (ITT) en 1995.

De los equipos citados anteriormente cabe mencionar que un gran número de ellos se emplean para la industria manufacturera y/o maquiladora razón por la cual se utilizan para verificar que las piezas o materiales elaborados cumplan con las especificaciones requeridas por parte de los departamentos de control de calidad y/o ingeniería, pero sobre todo monitorear el comportamiento de las máquinas que elaboran dichos productos o materiales. Este monitoreo se realiza comúnmente por herramientas para el Control Estadístico del Proceso (CEP), para determinar así, si la maquinaria es capaz y hábil de producir con los requerimientos del cliente.

Algunos de los equipos de medición cuentan también con un programa para elaborar las gráficas más comunes para el CEP, sin embargo, esos programas están diseñados para el equipo de medición y tiene costos estratosféricos, de aquí que encontramos las siguientes desventajas:

- 1) Por ser paquetes que están diseñados para el equipo de medición, el *hardware muchas ocasiones debe ser especial* (diseñado por el mismo distribuidor).
- 2) El *soporte técnico en la mayoría de los casos es pobre* (personal que desconoce el paquete debido a que no es totalmente comercial).
- 3) En algunos casos se necesita de un *aparato adicional* para poder procesar la información correspondiente.
- 4) Las partes que requiere en ocasiones suelen ser *estándares europeos, por lo que en México no se pueden operar y/o conseguir refacciones*.

## **I CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SISTEMA**

Este paquete puede comunicarse con el equipo de medición a través del conector RS-232, también puede trabajar con más de una PC, es decir, se pueden elaborar las gráficas correspondientes que hemos de utilizar y ser manipuladas en un ambiente distribuido totalmente transparente para el usuario, esto representa

muchas ventajas con respecto a la mayoría de los paquetes comerciales:

- 1) *No es necesario almacenar la información* (lecturas) en un archivo de paso para poder evaluar dicha información.
- 2) *No todos los paquetes comerciales pueden trabajar en un ambiente distribuido*
- 3) *El intercambio de datos es totalmente dinámico*, de aquí que la información que se pueda manejar en dos PC diferentes siempre esta actualizada, y esto evita posibles confusiones por utilizar información no actualizada.

También es posible configurar las características del puerto serial con el fin de poder conectar más de un aparato en una PC siempre y cuando la computadora cuente con más de uno de ellos. Las configuraciones que realiza este paquete se muestran en la tabla 1.

CARACTERÍSTICA	OPCIONES DE CONFIGURACIÓN
Puerto seleccionado:	COM1, COM2, COM3, COM4
Velocidad:	300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 baudios
Paridad:	Par, Impar, Sin Paridad
Longitud de dato:	7, 8 bits por dato
Bits de parada:	1, 2 bits

Tabla 1 Configuración del Puerto Serial

La opción de configuración del puerto serie tiene como finalidad ajustarse a los diferentes aparatos de medición ya que no todos trabajan a la misma velocidad, o la longitud del dato no es siempre de 8 bits, etc., por lo que las opciones anteriores nos auxilian para la recepción de los datos sin problema alguno.

Cuando se recibe un dato por la PC, el paquete vuelve a realizar los cálculos necesarios para la elaboración de la gráfica e inmediatamente después actualiza la gráfica, de esta manera la información se tiene actualizada y sobre todo oportuna ya que el operario hace un análisis en ese momento del comportamiento de la máquina o del proceso que se este evaluando.

Si al recibir un dato la PC y al realizar los cálculos encuentra que el dato recibido genera una variación o un punto fuera de control lo indica con un mensaje y además señala con un punto rojo parpadeante el dato en la gráfica para una mejor identificación por parte del operario.

Por lo descrito anteriormente podemos pensar que este paquete solamente puede elaborar gráficas mientras reciba las lecturas de un equipo de medición, esto no es así, ya que si así se desea, la captura de la información se registra manualmente, esta opción es sin lugar a dudas necesaria para algunas empresas, procesos, técnicas, etc., esto es justificable de acuerdo a la naturaleza de las causas.

Otras de las características de este paquete es que se pueden almacenar las lecturas recibidas por la PC o los datos capturados por el usuario, de esa forma aseguramos que los datos registrados pueden ser consultados, modificados, actualizados o incluso se pueden elaborar nuevamente sus gráficas para consultas posteriores. Además de que la información puede ser almacenada existe también la opción de exportar la gráfica a un formato para la edición de algún documento, los formatos que puede exportar son WMF y BMP.

La exportación de las gráficas en alguno de los formatos ya mencionados nos apoyan a la elaboración de documentos con una mayor presentación y por ser gráficas en los dos formatos más usuales, estas se pueden utilizar en paquetes para edición de documentos como Ventura Publisher<sup>®</sup>, Microsoft Word<sup>®</sup>, Microsoft Works<sup>®</sup>, CorelDraw<sup>®</sup>, WordPerfect<sup>®</sup>, WordPerfect Presentations<sup>®</sup>, Microsoft Publisher<sup>®</sup>, etc., pero sobre todo que ese tipo de paquetes permite escalar las gráficas dentro de la página para ajustarlas a los tamaños y posiciones deseados.

Las gráficas que realiza este paquete son las gráficas X-R, Cpk, Cp y Cmk; estas gráficas son las más utilizadas para el CEP, sin embargo no son las únicas, razón por la cual se está trabajando para poder realizar otro tipo de gráficas para el CEP, entre ellas las gráficas por atributos (gráfica c, gráfica p, etc.) y complementar las gráficas por variables (X-R, X- S, etc.).

Ahora bien, los paquetes que trabajan bajo ambiente Windows® comparten dos características comunes, la ayuda en línea y la barra de herramientas, este paquete no es la excepción, pues cuenta con su ayuda con las mismas características de las ayudas de Windows®, mostrando la información por índice, historial e hipertexto, y este último se ha convertido en una herramienta muy accesible para el usuario, ya que puede seleccionar un tema con solo presionar el botón izquierdo del ratón (mouse) en una palabra marcada con un color diferente al resto del texto.

La función de la barra de herramientas es permitir un acceso rápido a las órdenes más utilizadas en una aplicación, por ejemplo, en Word® al presionar el botón del ratón en un icono con la figura de un disco realizamos la grabación de la información en nuestro disco ya sea flexible o en disco duro. El realizar las órdenes más utilizadas por medio de "clicks" del ratón en íconos con figuras relacionadas a esa orden hacen más amigable el uso de algún paquete.

En muchos casos necesitamos analizar los datos de una gráfica e inmediatamente después otros datos de otra gráfica distinta, considerando esos casos, se diseñó este paquete con la propiedad de manejo de múltiples documentos, es decir, que podamos tener en la pantalla más de un concentrado de datos de diferentes archivos o gráficas según el caso. Varias aplicaciones que trabajan bajo el ambiente Windows® así lo hacen, tal es el caso de Word®, que podemos tener más de un documento abierto y que seleccionamos el que deseamos consultar por medio del menú general a través de una lista con los nombres de los documentos abiertos.

Si bien dentro de las características mencionadas hasta el momento estamos seguros de que son de gran utilidad para la empresa, la siguiente característica provoca un giro totalmente a todos los conceptos tradicionales de este tipo de paquetes.

Imaginémonos que estamos en alguna empresa en la cual se utilizan las gráficas del CEP y que durante una de las lecturas o captura de la información se genera un punto fuera de control, el procedimiento más común en esos casos es lo siguiente:

- 1) *Reportar al Supervisor de área que existe un punto fuera de control*
- 2) *El supervisor verifica la existencia de ese punto; y detiene temporalmente el proceso para su análisis.*
- 3) *El supervisor hace el análisis correspondiente para poder determinar la causa que originó la falla, posteriormente toma las medidas correspondientes para asegurar que el proceso tendrá el comportamiento deseado.*
- 4) *Si las medidas tomadas solucionan el problema, el supervisor lo registra para consultas posteriores en casos iguales o similares.*

Como podemos observar, el realizar estos cuatro pasos consumen un tiempo que en múltiples casos detienen la línea de producción demorando tiempos de entrega, producción final, supervisión de producto, proceso, etc., sin embargo, son necesarios para asegurar el producto que se ha de enviar al cliente, y esto último justifica en parte, el retardo de una producción ya comprometida.

Estos pasos citados con anterioridad pueden reemplazarse por actividades de la misma computadora. Esto se logra con el paradigma de los Sistemas Evolutivos, que establece que un sistema debe ser capaz de interactuar con la realidad en la que está inmerso para crear una imagen de ésta y con ella resolver los problemas que se le plantean.

Por ejemplo, pensemos en una máquina cortadora /despuntadora de cable, y que durante el proceso detectemos que la longitud es muy variable, esto se ve reflejado por la carta de control X-R (gráfica de Medias y Rangos), su gráfica se muestra en la figura 1.

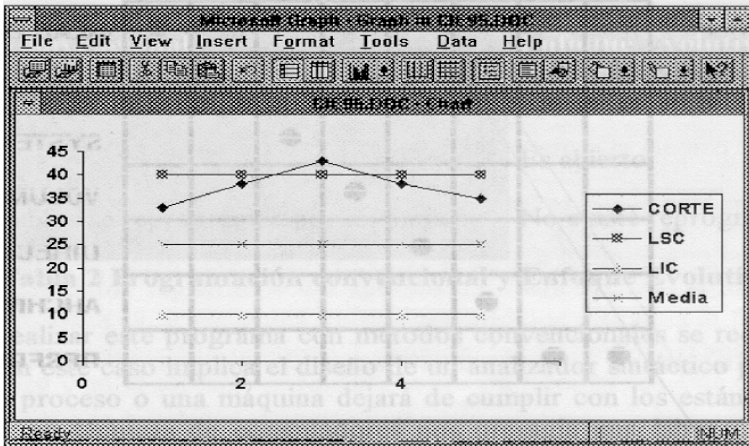


Figura 1 Carta de Control

El experto en interpretación de Cartas de Control le indica a la computadora que para una gráfica de este tipo la solución está en cambiar los rodillos de la cortadora, entonces esto lo podemos registrar de forma escrita como sigue:

Tipo de Gráfica : Rodillos Desgastados	Sugerencia: Cambiar los rodillos
--	----------------------------------

Por el contrario, si una gráfica nos indica que el proceso o la máquina están dentro de los estándares de control de calidad se indica de la siguiente manera:

Tipo de Gráfica : Correcta	Sugerencia: Ninguna
----------------------------	---------------------

El número de sugerencias irá creciendo conforme lo requiera la empresa o las situaciones en las que cae. Así se eliminan tiempos de captura, posibles tiempos en resolución de problemas, pero sobre todo el contar con un equipo que contenga en su bitácora las sugerencia para cada uno de los posibles casos que se presenten

También, es posible a través del paradigma de sistemas evolutivos el poder darle la capacidad de predecir cuándo un proceso o una máquina se saldrá de los estándares requeridos, es decir, indicarnos cuándo una máquina requiere mantenimiento

preventivo; del ejemplo de la gráfica anterior se indicó en la sugerencia el cambio de rodillos, cuando llegue nuevamente una gráfica que su comportamiento en los primeros puntos (los 3 primeros en este caso) sea similar a la figura anterior nos mostrará un mensaje en el cual nos indica que la máquina va a requerir un cambio de rodillos.

## II ENFOQUE EVOLUTIVO VS PROGRAMACIÓN CONVENCIONAL

Con los métodos convencionales de programación se puede realizar un paquete con las mismas características, pero existen tres grandes diferencias contra el enfoque evolutivo (véase la tabla 2), esas diferencias son las que permiten que el programa interactúe con la realidad para resolver los problemas planteados.

PROGRAMACIÓN CONVENCIONAL	ENFOQUE EVOLUTIVO
No capta la realidad	Capta la realidad
Está restringido	Es abierto
Los ajustes y cambios se reprograman por un humano	No existe reprogramación humana

Tabla 2 Programación convencional y Enfoque Evolutivo

Para poder realizar este programa con métodos convencionales se requiere de técnicas de compiladores, que en este caso implica el diseño de un analizador sintáctico predictivo para poder predecir cuando un proceso o una máquina dejará de cumplir con los estándares solicitados. De antemano el pensar en técnicas de compiladores nos presagia una labor de “talacha” como la conocemos en el ámbito de la computación. El modelo para el analizador lo podemos ver en la figura 2.

A grandes rasgos, para la elaboración de un analizador sintáctico predictivo necesitamos primero eliminar la recursión izquierda de la gramática, posteriormente una factorización por la izquierda ya que ésta es una transformación gramatical útil para producir una gramática adecuada para el análisis sintáctico predictivo, no omitiendo la tabla de análisis sintáctico M sin descuidar que la gramática a elaborar debe ser del tipo LL(1) [1].



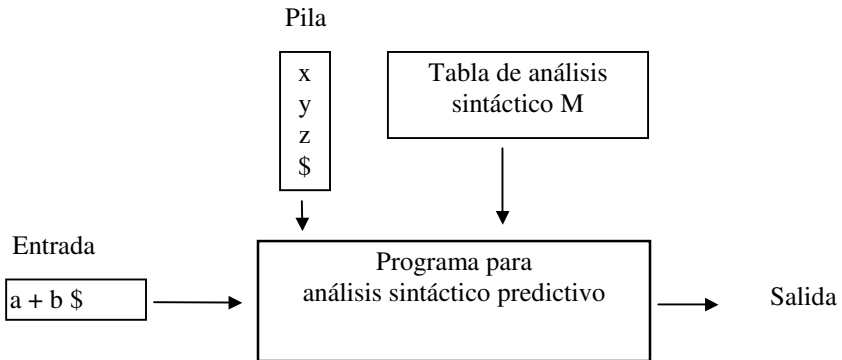


Figura 2 Diagrama de un analizador sintáctico predictivo

Esta metodología implica un consumo grande de tiempo en la creación de la gramática, y creación de la tabla M, además se deben evitar errores en la elaboración de ambas ya que de lo contrario se reestructurará gran parte de estas si se comete error alguno.

Por su parte, el paradigma de los sistemas evolutivos también consta de herramientas para la realización de los programas que deseamos elaborar. Existen varias herramientas, pero para el diseño de este programa se utilizaron dos herramientas: la matriz evolutiva y la factorización. La primera es la que contiene la información de todos los casos o tipos de gráficas que se han elaborado y se registran en esta matriz. Entiéndase por caso o tipo de gráfica a la característica de la gráfica (correcta, rodillos desgastados, balero desnivelado, etc.). La herramienta de la matriz evolutiva nos apoya para almacenar lo que equivale a la tabla de análisis sintáctico M.

Por otro lado la factorización nos auxilia a la creación de la gramática, la cual gracias a esta herramienta la crea la computadora y no el programador. Esta herramienta (factorización) es equivalente a la factorización algebraica con la diferencia de que en este caso se factorizan componentes de una oración[2].

La matriz evolutiva contiene los elementos terminales (al igual que la tabla M) que en este caso son cada uno los datos registrados

del aparato de medición, así, si una gráfica correcta la formaron los datos 8, 10, 8, 9, y 10; y una gráfica con rodillos gastados la forman los datos 7, 8, 10, 6, y 11, se crea un archivo que contiene 7 campos, los primeros 5 almacenan las lecturas, el sexto el tipo de gráfica y en el séptimo se registra la acción a tomar; en este caso la matriz tiene dos renglones (correcta y rodillos desgastados).

En la matriz no se indican los no terminales, ya que estos se obtienen con la factorización y se almacenan en otro archivo, siendo este archivo el que contiene la gramática; para ello se comparan cada uno de los renglones de la matriz evolutiva y en el momento que cambien un elemento con respecto a otro se sustituyen el resto de los valores por un no terminal y se reemplazan los valores en la nueva producción (el no terminal) generando así la gramática.

### **III MATRIZ EVOLUTIVA Y FACTORIZACIÓN**

En cada renglón de la matriz evolutiva (tabla 3) se almacena la serie de datos y el diagnóstico o sugerencia para cada tipo de gráfica, la serie de valores se calcula de acuerdo a las necesidades del problema, en este caso es la diferencia entre cada dato leído con respecto a la media aritmética de la serie de datos. Cada nuevo renglón de la matriz se ingresa y se calcula un valor de referencia que se denomina umbral este valor se calcula de acuerdo a las necesidades y naturaleza de la información, en este caso se calculó con la desviación estándar (de aquí que el umbral del primer elemento es 0.7483, del segundo es 1.3266 y así sucesivamente).

Así cuando llegue una nueva gráfica se calcula el umbral y se compara con cada uno de los renglones existentes, se obtiene una diferencia entre umbrales y si es mínima se le indica al usuario que es una gráfica del tipo "x", sin embargo el usuario puede indicar el tipo de la gráfica si así lo desea. Por otro lado, si la diferencia entre los existentes es muy alta solicita el tipo de la gráfica y lo ingresa a la matriz junto con su sugerencia.

DATOS					DIAGNÓSTICO
7	6	5	7	6	Correcta
6	6	4	7	8	Rodillos desgastados
5	5	7	5	3	Cuchillas sin filo
3	3	6	6	5	Peso desnivelado

Tabla 3. Matriz Evolutiva

Si a una gráfica se le indica un tipo ya existente entonces no se anexa otro renglón sino que se le suma vectorialmente el nuevo renglón al renglón existente, para poder así obtener lo que podemos llamar la firma de la gráfica.

Con lo que respecta a la herramienta de factorización debemos recordar que es igual a la del álgebra, por ejemplo, si se ingresan los siguientes datos y se indica que es una gráfica correcta, es importante aclarar que la primera ocasión nuestros archivos se encuentran vacíos (gramática y matriz evolutiva):

7	6	5	7	6	Correcta
---	---	---	---	---	----------

Este renglón ingresa a nuestra matriz evolutiva. Como no existen datos en nuestro archivo de gramática nos queda que:

S: 7 6 5 7 6

Donde "S" es una llave de referencia (puede ser un apuntador, un carácter, una dirección en disco, etc.). Más adelante nos llega otra serie de datos junto con su diagnóstico, se compara con el renglón existente, el umbral difiere considerablemente por lo que se anexa a nuestra matriz:

7	6	4	6	8	Falta energía
---	---	---	---	---	---------------

Se compara con nuestra gramática existente, observe que ambos renglones inician con el 7 y 6, de aquí se dice que:

S: 7 6 X

X: 5 7 6

X: 4 6 8

Si observamos bien esta es una pequeña gramática, la cual se construyó de una manera sencilla, y con esta herramienta y de esta manera es la computadora la que obtiene la gramática y no el programador. Recuerde que en la matriz evolutiva se encuentran cada uno de los tipos de gráficas y es de ahí de donde tenemos que

realizar la factorización. El programa debe realizar esa factorización ya que de lo contrario nosotros la tendríamos que realizar y eso sería programación convencional.

Un pseudocódigo básico para realizar la factorización es el que se muestra en la tabla 4.

Tanto el vector\_uno como el vector\_dos son arreglos que contienen el primer y segundo renglón de la matriz evolutiva a comparar para poder factorizar. Así la siguiente vez que ingrese una nueva gráfica a la computadora buscará si existe en la matriz evolutiva, posteriormente verificará su comportamiento en el archivo de la gramática para predecir posibles fallas; por ejemplo, supóngase que se tiene una gráfica con los valores 6, 6, 4, 8, 8; al analizar su gramática se da cuenta que los tres primeros valores corresponden al tipo de rodillos desgastados y emitirá un mensaje de aviso informando que la máquina va a requerir dentro de poco tiempo comprar rodillos, rectificarlos o lo que sea necesario.

```

pos = 1
abrir archivo de gramática
mientras pos <= ultimo_elemento
si vector_uno[pos] = vector_dos[pos] entonces
    escribir en el archivo vector_uno[pos]
sino
    colocar en el archivo llave de referencia // es el no terminal "x"
    vaciar el contenido de vector_uno[pos] en adelante
    colocar en el archivo llave de referencia
    vaciar el contenido de vector_dos[pos] en adelante
    pos = ultimo_elemento
fin si
incrementar a pos en uno
fin mientras
cerrar archivo de gramática

```

Tabla 4. Pseudocódigo para factorización

## REFERENCIAS

- [1] Alfred V. Aho, "Compiladores. Principios, técnicas y herramientas", Addison Wesley, Estados Unidos de Norteamérica, 1990.
- [2] Fernando Galindo Soria, "Algunas Propiedades Matemáticas de los Sistemas Lingüísticos", Memoria del curso tutorial de Sistemas Evolutivos, Ier Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Computacionales, Metepec México, 1994.

