CALL FAILURE AND TRAFFIC ANALYSIS AUTOMATION SYSTEM FOR MOTOROLA'S EMX500 CELLULAR SWITCH (PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESAMIENTO, REGISTRO Y ANÁLISIS DE ESTADÍSTICAS DE TRÁFICO Y *CFC'S* EN EL *SWITCH EMX 500*)

Eng. Raimundo A. Rodulfo C.

ORIGINAL PAPERS IN SPANISH

INTRODUCCIÓN

Una de las herramientas más útiles en el estudio del comportamiento de un sistema, es el análisis estadístico, hecho a partir de la colección de datos de muestreo de las variables e indicadores de estado que permiten obtener de él una información deseada. El análisis matemático de estos datos, permite comprender e incluso predecir el comportamiento del sistema, lo cual es de suma importancia en la labor de determinar y modificar tendencias en el mismo.

En los trabajos de análisis estadístico, y en general, de procesamiento de datos de un sistema, la ayuda del computador es de gran provecho, siendo de hecho actualmente en casi todos los casos, absolutamente imprescindible. Huelga hablar de las ventajas que se obtienen de la automatización por computadora de tareas que involucran el manejo de grandes volúmenes de información; disminuyendo enormemente la duración, la dificultad y las probabilidades de error en procesos muy complejos, extensos o iterativos.

En las labores de mantenimiento preventivo y correctivo de el *switch EMX 500* de *Motorola* y los equipos del sistema celular local que se llevan a cabo en MTSO's y *cell sites*, juegan un papel relevante la elaboración y el análisis de las estadísticas de llamadas de la central, que permiten obtener información valiosa para la detección y el diagnóstico de fallas en el *switch* y el sistema celular asociado. Esta información proviene del registro continuo de llamadas que lleva a cabo la *EMX 500*, y permite conocer detalladamente las causas de aquellas no completadas; a partir de la determinación de la cantidad y proporción de la ocurrencia de fallas particulares en el sistema, que impiden que las comunicaciones se realicen exitosamente. El análisis de las llamadas en la *EMX 500* es facilitado por un código que ésta asigna a cada llamada, que permite clasificarla como exitosa o fallida, y en este último caso obtener la descripción precisa del tipo de falla que originó el error; este código se conoce como *CFC* (*Call Final Class*). Para realizar un estudio completo del sistema celular local, debe ser complementada la información antes mencionada con la de tráfico de celdas y troncales, obtenida, procesada y analizada de forma similar a la de *CFC's*.

La recolección de los datos estadísticos de la central se deben realizar diariamente, estudiando espacios muestrales de 24 horas de duración; esto permite llevar un registro periódico del comportamiento del sistema, y hacer análisis ulteriores obteniendo resultados y conclusiones por día, semana, mes o año. Los objetivos primordiales que se persiguen con el registro de datos estadísticos de las llamadas son: en primer lugar, evaluar el comportamiento global de la central y el sistema en general, a mediano y largo plazo, para comparar con los niveles deseados y aplicar medidas correctivas a nivel de tendencias (ingeniería de tráfico); y en segundo lugar, detectar y diagnosticar fallas y condiciones anormales o atípicas en el sistema, dentro de las labores de mantenimiento rutinario, que permitan aplicar sobre la marcha correctivos de emergencia (ingeniería de mantenimiento).

Los datos que para efectos del análisis estadístico proporciona la central, deben ser extraídos para ser procesados externamente en un computador, y de esta forma llevar la información a los

formatos deseados para su posterior registro y análisis, utilizando las herramientas de software adecuadas. En el caso de los *CFC's*, este proceso se ha estado realizando anteriormente en algunos MTSO's de manera semiautomática, combinando procedimientos manuales con procedimientos automáticos ejecutados por computador; comenzando con la elaboración del reporte diario de *CFC's* mediante un programa o macro de ejecución periódica en el *Smart Terminal*; continuando con la transferencia manual de los datos del reporte diario hacia el computador, directamente por transcripción a una hoja de cálculo (*Excel*), o pasando por una macro automática; elaborando luego los reportes finales en plantillas o formatos personalizados, con datos y resultados detallados, totalizados, clasificados y resumidos; y, finalizando, con la observación y análisis de los datos recopilados y procesados, los cuales son inspeccionados superficialmente de manera visual, y eventualmente estudiados un poco más a fondo al ocurrir fallas graves en el sistema. En el caso del tráfico de celdas y troncales, el uso de las estadísticas se ha limitado a un proceso enteramente manual de recolección de los *print out* de reportes de tráfico que arroja diariamente el *Smart Terminal*, sin haberse elaborado, antes de la realización de este proyecto, un formato de reporte de tráfico del MTSO, que permita obtener, procesar y analizar esta información mediante un computador.

El proyecto desarrollado consiste en dos conjuntos de programas: un software de automatización de las tareas de obtención, procesamiento y análisis de las estadísticas de *Call Final Class* de la central *EMX 500*; y otro software, análogo al primero, para el tráfico de celdas y troncales del sistema. Están diseñados para operar en un subsistema con dos centrales *EMX 500*, pero pueden hacerse extensivos a cualquier configuración de centrales de este tipo; proveen de un nivel de automatización total a los procesos rutinarios de elaboración de estadísticas de tráfico y *CFC's*, y además estudian el comportamiento de las variables de error en llamadas de la central, suministrando indicaciones de las condiciones anómalas o fuera de los parámetros de comportamiento normal esperado, generando alarmas de advertencia a partir de los resultados del análisis realizado. Otras funciones del proyecto son: ejecutar periódicamente comandos de mantenimiento del *Smart Terminal*; determinar a diario datos de interés, como la carga máxima de los procesadores de la central; y crear un *log-file* o registro diario de las alarmas generadas, que permita elaborar de manera automática reportes periódicos del comportamiento de fallas del sistema, y detectar tendencias indeseables, a través del procesamiento y análisis de los mismos.

El alto grado de automatización del proceso general alcanzado con el software desarrollado se debe, entre otras cosas, a: su capacidad de comunicación directa con el *Smart Terminal*, lo que le permite extraer los datos deseados mediante la interacción con el sistema operativo *UNIX V/68* de este último; al manejo de una base de datos estadísticos del comportamiento en condiciones normales de las centrales *EMX 500* conectadas al sistema; y a la compatibilidad con macros automáticas en *Excel 5.0* dentro del entorno *Windows*, siendo capaz de hacer interfaz con procesos de hoja de cálculo. En las pruebas realizadas, y en la observación del funcionamiento diario de este software, se han obtenido buenos resultados en tiempos de ejecución, eficiencia y resultados finales; siendo de especial interés la detección automática de condiciones anormales en la estadística de tráfico y *CFC's*, como herramienta de gran utilidad en el mantenimiento preventivo y correctivo llevado a cabo en el MTSO.

Debido a que en el *switch EMX 500* y el sistema desarrollado existe una gran analogía entre los procesos de elaboración y análisis de estadísticas existentes para tráfico de celdas y troncales y aquellos existentes para *CFC's*, se enfocan primordialmente hacia éstos últimos las descripciones y explicaciones expuestas en este informe, quedando implícitas las características de los procesos y elementos involucrados en cada caso al considerar tráfico en lugar de *CFC's*.

ESTUDIO PRELIMINAR DEL COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA A PARTIR DE LA ESTADÍSTICA DE TRÁFICO Y *CFC'S*

En la etapa inicial de implementación del proyecto, se realizó un análisis estadístico del comportamiento del sistema, escogiendo como variables de estado el conjunto de *CFC's* de la *EMX*, y como espacio muestral los datos recopilados en los reportes finales de *CFC's* del MTSO en un período seleccionado. Posteriormente, se realizó un análisis similar con los datos de los reportes de tráfico de celdas y troncales que proporciona el *SMT*, el cual se basa en los mismos principios teóricos y procedimientos que el anterior. A continuación, se desarrollará el análisis realizado para el caso de los *CFC's*; del cual es fácil deducir el correspondiente a tráfico de celdas y troncales, por simple analogía de ideas.

El objetivo principal de este estudio es determinar un patrón de comportamiento que a los efectos del análisis comparativo, pueda ser considerado como referencia de condición normal operativa del sistema. Para ello, la muestra seleccionada debe ser representativa del estándar o nivel deseado de normalidad; por este motivo, se procuró considerar solamente los días del período en que el sistema hubiese presentado, apreciativamente, condiciones de operación normales (con ausencia de fallas de consideración e índices estadísticos dentro de lo esperado).

Para establecer rangos o ventanas de discriminación de variables de estado, podemos utilizar criterios matemáticos mediante el análisis de los datos según la teoría de probabilidades. Considerando una distribución normal de las muestras (los días seleccionados) para cada variable de estado (los *CFC's*), en condiciones "normales" del sistema, podemos definir un rango de variación normal *RVN* (definido por un valor umbral bajo y un valor umbral alto), y un *Índice de Normalidad* (*IN*), el cual será indicador del porcentaje de ocurrencia esperado de valores normales. De esta forma, tenemos para cada CFC_i :

$$RVN_i = (UL_i, UH_i)$$

$$\text{Condición Normal : } CFC_i \in RVN_i \Rightarrow UL_i \leq CFC_i \leq UH_i$$

$$IN_i = \frac{\#\text{ de muestras con } CFC_i \in RVN_i}{\#\text{ de muestras}}$$

donde UL_i y UH_i son los umbrales inferior y superior de condición normal del i-ésimo *CFC*.

Apoyándonos en la teoría de probabilidades, podemos tomar como criterio de normalidad la pertenencia de una variable de estado (*CFC*) al rango de desviación estándar $\mu \pm \sigma$, donde μ es la media o valor promedio, y σ es la desviación estándar dentro del intervalo de la muestra. Si se desea dar un poco de flexibilidad o de holgura al criterio de condición de normalidad, puede considerarse un *Índice de Tolerancia* (*IT*), el cual extiende el *RVN* simétricamente en proporción a su equivalente porcentual. Así, con $IT > 0$, tenemos:

$$UL_i = (1 - IT)(\mu_i - \sigma_i)$$
$$UH_i = (1 + IT)(\mu_i + \sigma_y)$$

En aquellos casos en que se produzca un crecimiento considerable del número de subscriptores manejados por el sistema, el índice de tolerancia debe ser adaptado a esa nueva condición. Para ello, se debe determinar el Índice de Crecimiento de Subscriptores *ICS*, y calcular luego el Índice de Tolerancia Expandido *ITe*. Así, tenemos:

$$ICS = \frac{\#\text{ de subscriptores final}}{\#\text{ de subscriptores inicial}}$$

$$ITe = ICS \times IT$$

De manera general, para el caso de una distribución normal, podemos calcular el Índice de Normalidad con la siguiente fórmula:

$$IN = \frac{\int_{\mu-\sigma}^{\mu+\sigma} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma} e^{-\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} dx}{\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma} e^{-\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} dx}$$

En nuestro caso en particular, el comportamiento del sistema está definido por un espacio multidimensional de n variables de estado CFC_i, $0 \le i \le n - 1$, con $n = 182$. Para los efectos del análisis del comportamiento del sistema, sólo interesan los valores umbrales que separan condiciones de alarma de condiciones normales; en el caso de los *CFC's* correspondientes a fallas en llamadas no completadas, se requiere calcular *UH* , y en el caso de *CFC's* de llamadas completadas (exitosas), se necesita el umbral inferior, que puede calcularse como *UL* o como el mínimo de la muestra. Se tomó, para el proyecto realizado, un valor umbral para los *CFC's* de llamadas exitosas (1, 6 y 7) equivalente al mínimo de cada uno dentro de la muestra patrón, ya que al no ser éstos indicadores directos de falla o mal funcionamiento, no es necesaria una vigilancia tan estrecha de los valores cercanos al rango de desviación estándar. Se asumió, además, una tolerancia del 10% para la determinación de condiciones anormales en los *CFC's*; es decir, se tomó *IT* = 0.1, lo que implica un factor multiplicador de 1.1 para los valores umbrales (cotas superiores) de los *CFC's* de llamadas no completadas, y un factor multiplicador de 0.9 para los valores umbrales (cotas inferiores) de los *CFC's* de llamadas exitosas (sin considerar índice de crecimiento).

El estudio del comportamiento del sistema durante un intervalo de *N* días y con un período de muestreo de 1 día, se realiza tomando *N* muestras periódicas del conjunto de variables de estado durante el intervalo, y calculando para cada variable la media y la desviación estándar dentro del espacio muestral. Si el espacio muestral seleccionado cumple con los estándares de comportamiento normal del sistema, los *RVN's* calculados en el intervalo pueden ser usados como patrones de comparación en el análisis de cualquier espacio muestral futuro del sistema, en tanto éste mantenga su forma o configuración operativa sin alteraciones significativas.

Podemos definir el espacio muestral patrón como una matriz *M* de tamaño $n \times N$ de datos muestreados de *n* variables de estado del sistema en intervalos periódicos de un día, durante un lapso de *N* días. Para el proyecto desarrollado, tenemos $n = 182$, y se tomó $N = 22 - 2 = 20$ días.

Si definimos *Mj* como la matriz de muestras de las *n* variables de estado del día j $(1 \le j \le N)$; y definimos $M\mu$, $M\sigma$ y M_{US} como las matrices de promedio, desviación estándar y valor umbral superior de cada *CFC* en la muestra, respectivamente, tenemos:

$$M_j = \begin{bmatrix} CFC_{0,j} \\ CFC_{1,j} \\ \vdots \\ CFC_{181,j} \end{bmatrix}$$

$$M = \begin{bmatrix} CFC_{0,1} & CFC_{0,2} & \cdots & CFC_{0,20} \\ CFC_{1,1} & CFC_{1,2} & \cdots & CFC_{1,20} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ CFC_{181,1} & CFC_{181,2} & \cdots & \mathrm{CFC}_{181,20} \end{bmatrix}$$

$$M\mu = \frac{1}{20}\sum_{j-1}^{j-20} M_j = \begin{bmatrix} \mu_0 \\ \mu_1 \\ \vdots \\ \mu_{181} \end{bmatrix}$$

$$M\sigma = \begin{bmatrix} \sqrt{\dfrac{20\sum_{j-1}^{j-20} M_{0,j}{}^2 - \left(\sum_{j-1}^{j-20} M_{0,j}\right)^2}{20(20-1)}} \\ \sqrt{\dfrac{20\sum_{j-1}^{j-20} M_{1,j}{}^2 - \left(\sum_{j-1}^{j-20} M_{1,j}\right)^2}{20(20-1)}} \\ \vdots \\ \sqrt{\dfrac{20\sum_{j-1}^{j-20} M_{181,j}{}^2 - \left(\sum_{j-1}^{j-20} M_{181,j}\right)^2}{20(20-1)}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_0 \\ \sigma_1 \\ \vdots \\ \sigma_{181} \end{bmatrix}$$

Finalmente, obtenemos:

$$M_{\mathrm{US}} = 1.1\left(M_{\mu} + M_{\sigma}\right)$$

Este análisis preliminar se realizó utilizando las herramientas de procesamiento de datos y hoja de cálculo de *Excel 5.0*, cargando los datos manejados y programando los cálculos realizados con éstos, en un documento editado con el formato diseñado para estos fines. Un análisis similar se realizó con las cargas máximas de los procesadores, obteniendo valores umbrales de condición normal de operación, para ser usados en los procesos comparativos en el software.

DESCRIPCIÓN DEL *SOFTWARE* ***STAT-CFC / STAT-TRAFFIC***

El software desarrollado consiste en una colección de programas enlazados, de alto y bajo nivel, en el entorno *DOS* y en el entorno *Windows*, los cuales realizan de forma totalmente automática los procedimientos de obtención, procesamiento, registro y análisis de las estadísticas de tráfico y *CFC's*. En la figura 2 y en la figura 3 se muestran, respectivamente, un diagrama de bloques del sistema y un diagrama de flujo del programa STAT-CFC, el cual es análogo en diseño al de STAT-TRAFFIC.

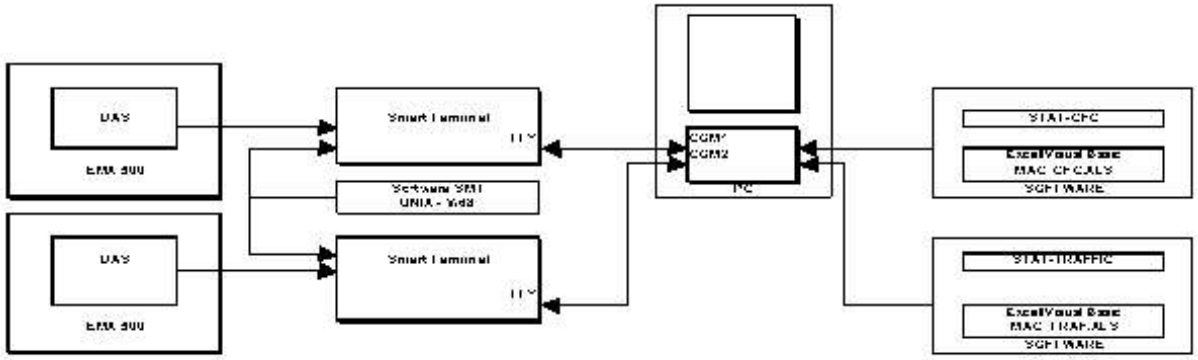


Figura 2
Diagrama de Bloques del Sistema

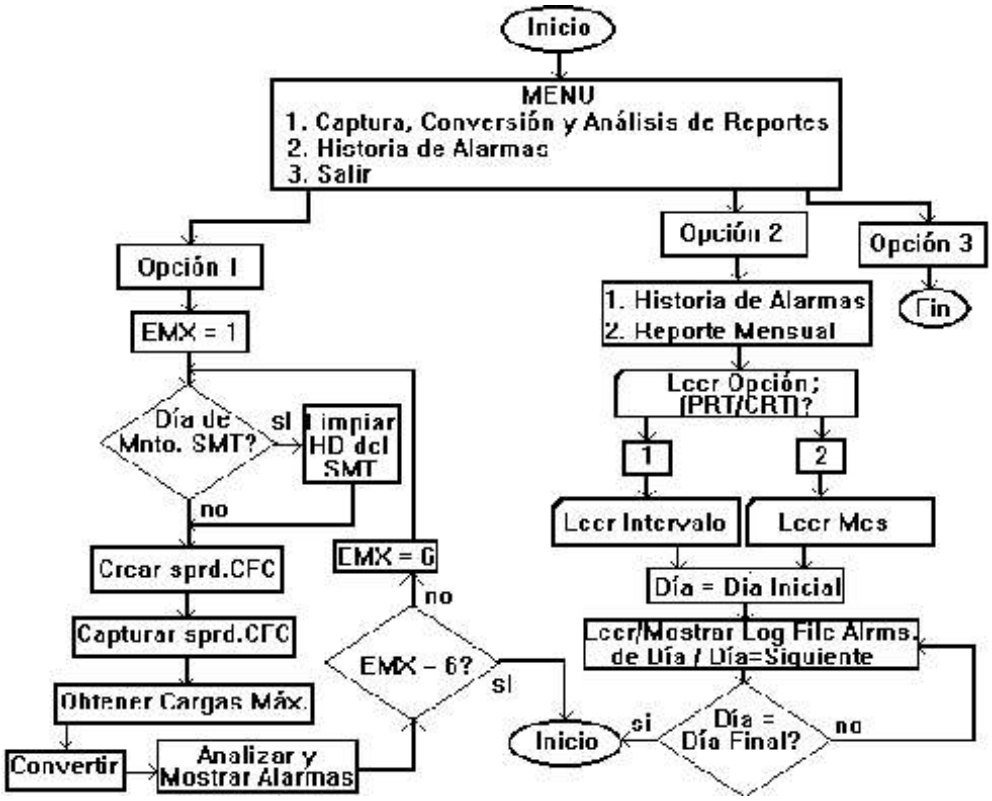


Figura 3
Diagrama de Flujo del Software STAT-CFC

A continuación se describirán, tomando como ejemplo el caso de STAT-CFC, las principales funciones que cumple este sistema:

1. Elaborar automáticamente el reporte final de *CFC's* de las centrales *EMX 500* del sistema local, con el formato personalizado del MTSO; incluyendo en éste toda la información complementaria.
2. Analizar automáticamente el comportamiento del sistema a partir de la estadística de *CFC's* de cada día, indicando y registrando cualquier situación de anormalidad mediante alarmas e indicadores.
3. Elaborar y expedir automáticamente un registro diario de fallas o condiciones de alarma del sistema (*log file*), que complemente el reporte estadístico de *CFC's*.
4. Entregar reportes (por pantalla o impresora), a pedido del usuario, de la historia de alarmas del sistema (a partir del *log file*), de cualquier período de tiempo disponible en la base de datos; incluyendo reportes por días o por mes.
5. Obtener automáticamente las cargas máximas de los procesadores de las centrales *EMX 500* del sistema local, mostrándola por pantalla e incluyéndolas en el reporte final del *MTSO*; y además elaborar un registro de actualización diaria del comportamiento de la carga de los procesadores en cada *EMX*.
6. Analizar automáticamente el nivel de carga de las centrales *EMX 500* del sistema, registrando e indicando con alarmas cualquier nivel por encima de lo normal (por pantalla y en el *log file*).
7. Limpiar periódicamente de archivos temporales los discos duros de los *Smart Terminal* del sistema. En el programa se hace cada 3 días, para garantizar la buena operación del sistema y evitar errores en el proceso de elaboración de las estadísticas.

El software STAT-CFC realiza por sí solo en su totalidad las funciones 2 al 7, y la 1 en la mayor parte, dejando el resto del proceso a la macro automática en *Visual Basic* de *Excel 5.0* "mac_cfc.xls". Esta macro lee los datos del reporte inicial y los lleva a la hoja de *Excel* con el formato final, y fue desarrollada en el MTSO antes que se automatizara el proceso, cuando las estadísticas se hacían de forma semiautomática. Para adecuarla al nuevo sistema de procesamiento de las estadísticas, se programaron varios cambios que permitieron automatizar totalmente la elaboración del reporte final. Algunos de los cambios programados en la macro fueron: actualización automática de la fecha y de la carga máxima de los procesadores, impresión automática del reporte, y adecuación del formato de los archivos fuente.

De manera similar, el *software* STAT-TRAFFIC se complementa con una macro en Visual Basic, la cual debió ser desarrollada en el proyecto, pués no existía con anterioridad ningún procedimiento de rutina, manual o automático, para la obtención de un formato de reporte de tráfico de celdas y troncales del MTSO. Las funciones de este programa son las mismas que las de STAT-CFC, con excepción de la obtención y el análisis de la carga máxima de los procesadores, que es exclusiva de este último.

La interfaz con el usuario del sistema le permite a éste escoger entre varias opciones, a través de un menú principal y otros anidados, según se ilustra en la figura 4 (Este menú es igual para los dos programas).

FIGURA 4
MENU PRINCIPAL

A continuación se describen cada una de estas opciones, para el caso de STAT-CFC (las características son similares en el caso de STAT-TRAFFIC):

1. Captura, Conversión y Análisis de Reportes Estadísticos.

   Esta opción es la principal del programa, ya que en ella se realiza de forma automática una secuencia de procesos que cumplen con los objetivos primordiales del proyecto. Se describen estos procesos a continuación.

   a. Captura de Reportes:

      Este proceso se hace para cada *EMX 500* en el sistema local, y consiste en crear y capturar el archivo del reporte diario de *CFC's* en el *Smart Terminal*, mediante la introducción de comandos específicos, como se describió anteriormente, vía serial RS-232. Los archivos capturados se graban en el disco duro del microcomputador, o del servidor, en caso de ejecutar el *software* en entornos multiusuarios (como es el caso del MTSO). Cuando se generan los reportes de un día 1,3,6,11,13,16,21,23,26 o 31 del mes, previamente a la creación del archivo sprd.CFC se amplía la capacidad disponible del disco duro en el *SMT*.

   b. Obtención de la carga máxima de los procesadores (sólo STAT-CFC):

      Análogamente al anterior, este proceso comienza con la introducción de comandos a través de una interfaz serial con el *SMT*; en este caso con el fin de obtener los valores de porcentaje de capacidad de procesamiento disponible para los tres nodos principales en cada *EMX 500* durante el día anterior, a partir de los mensajes de software `SOFT DATA INTG` de la central, emitidos automáticamente por ésta cada 15 minutos. De estos valores, se selecciona el correspondiente al mayor uso de tiempo disponible de procesamiento en cada nodo (DBP, CCP y SCU), obteniendo a partir de él el porcentaje de carga máxima. Los valores obtenidos cada día son almacenados en un archivo destinado para el registro de las cargas máximas de cada central.

   c. Conversión de los registros capturados:

      Con el propósito de adecuar el formato de los reportes capturados a la macro de *Visual Basic* y *Excel 5.0*, estos archivos son procesados para obtener otros con el formato fuente definitivo. El principal cambio que se realiza es la conversión del formato numérico de los campos de *CFC's* del reporte, de hexadecimal a decimal, para poder ser procesado y comparado en *Excel 5.0*. Algunos otros cambios que se llevan a cabo sobre los reportes

fuente son: inclusión de los campos de fecha y carga máxima de los procesadores, e inserción de tabuladores de separación entre campos.

d. Análisis de las variables de estado:

Este proceso consiste en comparar los valores de *CFC's* y cargas máximas de los procesadores, contenidos en los reportes fuentes, con los valores umbrales de referencia contenidos en la base de datos creada a partir del análisis estadístico preliminar. Mediante esta comparación se detectan las condiciones anormales, se generan y visualizan las alarmas correspondientes, y se registran en el *log file*. Al final de cada ejecución de esta opción en el *software*, se imprime automáticamente el reporte de alarmas de *CFC's* en condición anormal del día analizado (día anterior); este reporte se anexa a la copia del reporte final, y se archiva en la carpeta de estadísticas (ver Anexo 2-A : STAT-CFC y Anexo 2-D : STAT-TRAFFIC).

2. Historia de Alarmas.

Esta opción permite al usuario obtener reportes de alarmas, generados a partir de los registros del *log file*, permitiendo direccionar la salida hacia el monitor o la impresora, y escoger entre las dos alternativas o tipos de reporte descritas a continuación.

a. Mostrar Historia de Alarmas:

Proporciona un reporte de alarmas registradas durante un intervalo de tiempo introducido por el usuario (día inicial - día final). En la validación de la entrada del período del reporte, se aceptan solamente lapsos anteriores al día en curso, ya que el sistema no posee registros con fechas posteriores. En el Anexo 2-B se incluye como muestra un reporte de historia de alarmas de STAT-CFC, y en el Anexo 2-E el correspondiente a STAT-TRAFFIC.

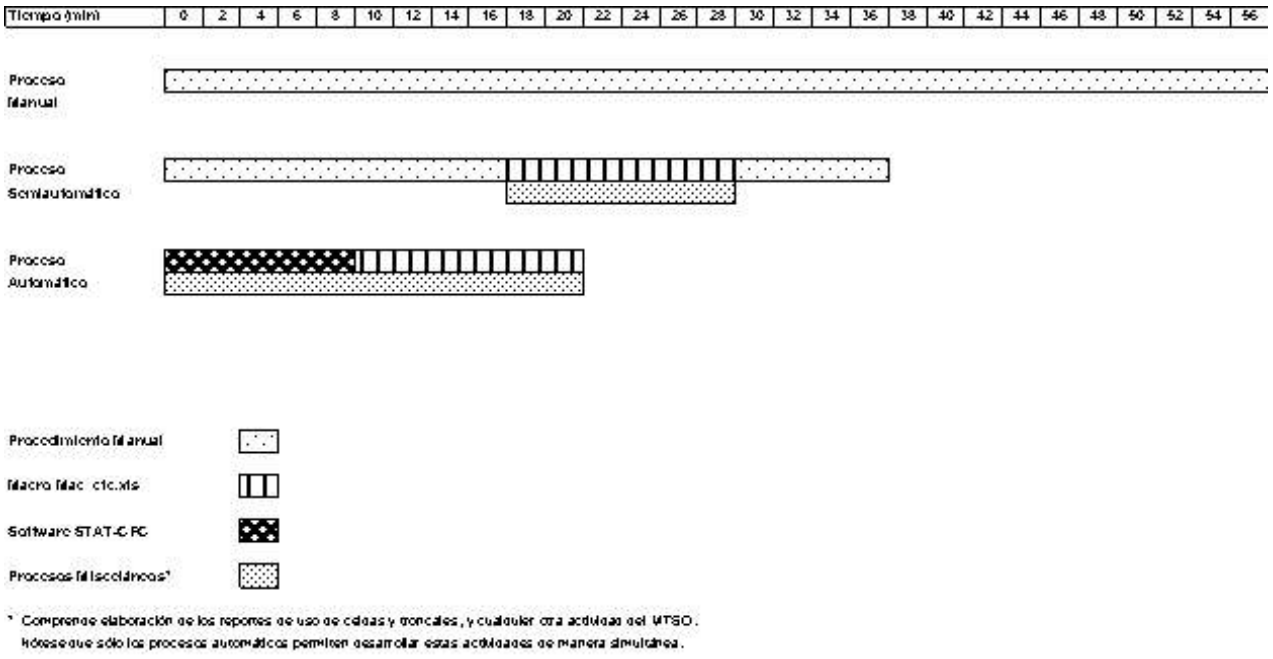
b. Generar y Mostrar Reporte Mensual.

Es análoga a la opción anterior, solo que el lapso de colección de alarmas es de un mes de duración en todos los casos (ver muestra en el anexo 2-C).

La segunda etapa de este proyecto consistió en extender la aplicación de el *software* STAT-CFC a los procesos de obtención de los reportes estadísticos de uso de troncales y celdas del MTSO (*Traffic Report*, *GCell*, *GSect*, etc.). De esta manera, se automatizaría completamente la elaboración de estadísticas en el MTSO, y se tendría un mayor poder supervisorio sobre las variables de estado del sistema, con la capacidad de detectar anomalías en el comportamiento de cualquier componente del sistema local (*EMX*, *Cell Sites*, *PABX*, *PSTN*, Radio-enlaces, etc.). Esta etapa se completó exitosamente, con el desarrollo del *software* STAT-TRAFFIC y la macro mac_traf.xls.

En ambos paquetes, el programa principal está estructurado con criterios de modularidad; posee un módulo principal de control en lenguaje de alto nivel (*Turbo Pascal 7.0*), y una serie de rutinas y sub-rutinas de alto y bajo nivel. Éstas últimas, fueron programadas en el lenguaje ensamblador del microcomputador, utilizando *Turbo Assembler* y *Turbo Linker* de *Borland*, y luego enlazadas al programa principal a través de directivas de compilación. El manejo del hardware del microcomputador se realizó con instrucciones directas en código máquina, con la ayuda de los servicios especiales del *DOS*, y con las facilidades que brinda *Turbo Pascal*. En especial, para el manejo de los puertos seriales, el microprocesador y los controladores periféricos del computador en las rutinas de comunicación, se utilizaron instrucciones en lenguaje máquina del microprocesador con direccionamiento a los dispositivos de hardware manejados, y algunos servicios del *DOS*, haciendo uso en ambos casos de las interrupciones y las rutinas estándar del *ROM BIOS* del *IBM PC*.

ESTUDIO DE TIEMPOS Y EFICIENCIA



* Comprende elaboración de los reportes de uso de celdas y troncales, y cualquier otra actividad del MTSO.
Nótese que sólo los procesos automáticos permiten desarrollar estas actividades de manera simultánea.