



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Análisis estadístico para evaluar y mejorar el desempeño de una red telefónica

Marvin Nelson Pérez Girón

Asesorado por: Ing. Jorge Julio Chavarría Ramírez

Guatemala, julio de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA EVALUAR Y MEJORAR EL DESEMPEÑO DE
UNA RED TELEFÓNICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARVIN NELSON PÉREZ GIRÓN

Asesorado por: Ing. Jorge Julio Chavarría Ramírez

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

Guatemala, julio de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	ING. SYDNEY ALEXANDER SAMUELS MILSON
VOCAL I	ING. MURPHY OLYMPO PAIZ RECINOS
VOCAL II	LIC. AMAHÁN SÁNCHEZ ALVAREZ
VOCAL III	ING. JULIO DAVID GALICIA CELADA
VOCAL IV	BR. KENNETH ISSUR ESTRADA RUIZ
VOCAL V	BR. ELISA YAZMINDA VIDES LEIVA
SECRETARIO	ING. PEDRO ANTONIO AGUILAR POLANCO

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO**

DECANO	ING. SYDNEY ALEXANDER SAMUELS MILSON
EXAMINADOR	INGA. MARCIA IVONNE VÉLIZ VARGAS
EXAMINADOR	INGA. SIGRID CALDERÓN
EXAMINADOR	ING. BYRON CHOCOJ
SECRETARIO	ING. PEDRO ANTONIO AGUILAR POLANCO

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

Análisis estadístico para evaluar y mejorar el desempeño de una red telefónica.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha de marzo de 2003.

Marvin Nelson Pérez Girón

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme las fuerzas necesarias para poder alcanzar esta meta.

A la facultad de ingeniería de la tricentenaria Universidad de San Carlos de Guatemala, por haberme dado la oportunidad de formarme como profesional.

A mi madre Maria del Carmen Girón de Pérez y mi padre Ramiro Elías Pérez Aguilera, por su amor, sacrificio y apoyo incondicional, por siempre les estaré eternamente agradecido.

A mi esposa Doris y a mi hijo Marvin Alejandro, por ser el motivo para seguir luchando.

Al ingeniero Jorge Julio Chavarría Ramírez, por su amistad y valiosa colaboración en la asesoría de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1 ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1 Descripción general de las actividades de la empresa, y sus antecedentes históricos.....	1
1.2 Conceptos de uso frecuente en las actividades.....	3
1.2.1 Reporte de completación por hora.....	3
1.2.2 Reporte de completación diaria.....	4
1.2.3 Reporte de completación semanal.....	4
1.2.4 Reporte de completación mensual.....	4
1.2.5 Causas de no completación de llamadas.....	4
2 DIAGNÓSTICO DE LAS TAREAS DESARROLLADAS ACTUALMENTE....	5
2.1 Evaluación general de las actividades.....	5
2.2 Generalidades de un sistema de conmutación telefónica.....	6
2.2.1 Archivos del sistema con información estadística.....	7
2.2.2 Análisis de la información que proporciona cada archivo.....	8

2.3	Software utilizado para procesar archivos del sistema.....	9
2.3.1	Presentación de datos.....	9
2.3.2	Análisis de los resultados.....	10
3	MODELO ESTADÍSTICO A IMPLEMENTAR.....	15
3.1	Herramientas estadísticas para el mejoramiento de la calidad.....	15
3.1.1	Tipos de gráficos.....	17
3.1.2	Gráficos de control.....	20
3.1.2.1	Tipos de gráficos de control.....	22
3.1.2.1.1	Gráfico X-R, de promedios y rangos.....	22
3.1.2.1.2	Gráfico X-S, de promedios y desviación estándar.....	24
3.1.2.1.3	Gráfico x-R, de medianas y rangos.....	25
3.1.2.1.4	Gráfico p, porcentaje de unidades defectuosas.....	26
3.1.2.1.5	Gráfico np, número de unidades defectuosas.....	27
3.1.2.1.6	Gráfico c, defectos por unidad.....	28
3.1.2.1.7	Gráfico u, defectos por área de oportunidad.....	29
3.1.3	Justificación del tipo de gráfico a utilizar.....	30
3.1.4	Aplicación del diagrama de Pareto en el análisis de la no completación de llamadas.....	30
3.1.4.1	Regla 80 – 20	31

3.2	Análisis económico de la implementación del proyecto.....	33
4	ESTABLECIMIENTO DE PROCEDIMIENTOS A SEGUIR.....	35
4.1	Flujograma de las actividades a realizar.....	35
4.2	Tabulación de datos.....	39
4.3	Cálculo de los límites.....	40
4.4	Construcción del gráfico.....	43
5	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	47
5.1	Evaluación y análisis de los resultados obtenidos.....	47
5.2	Identificación de los problemas encontrados.....	48
5.3	Comparación de resultados antes y después de implementado el proyecto.....	49
	CONCLUSIONES.....	51
	RECOMENDACIONES.....	53
	BIBLIOGRAFÍA.....	55
	ANEXOS.....	57

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Comportamiento en la completación de llamadas	11
2. Comportamiento del tráfico en la red telefónica.....	12
3. Gráfica de barras.....	18
4. Gráfica de línea.....	18
5. Gráfica de pastel.....	19
6. Gráfico de control.....	20
7. Curva normal.....	21
8. Diagrama de Pareto.....	32
9. Diagrama del proceso actual.....	35
10. Diagrama del proceso propuesto.....	37
11. Gráfico de control P, para medir el desempeño de la red telefónica.....	43
12. Diagrama de Pareto, causas por las cuales no se completan todas las llamadas.....	45

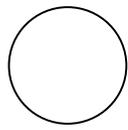
TABLAS

I. Tráfico telefónico registrado por las centrales de tránsito.....	39
II. Cálculos para establecer los límites de control.....	42

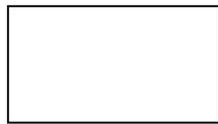
LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo

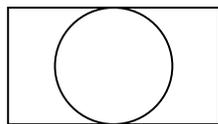
Significado



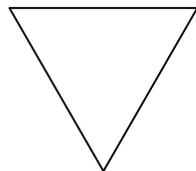
Operación



Inspección



Operación e inspección



Almacenaje

GLOSARIO

Abonado	Persona que en calidad de arrendatario de una línea telefónica, hace uso del servicio.
Comunicación	Transferencia de información según convenios adoptados. No es necesario que el flujo de información sea bidireccional.
Conexión	Asociación de órganos que proporciona los medios para una comunicación entre dos o más dispositivos pertenecientes a una red de telecomunicaciones.
Fin de selección	Valor alfanumérico que una central telefónica genera para cada caso de llamada.
Hora cargada	Período continuo de una hora de duración, en que el volumen de tráfico o el número de intentos de llamadas son máximos.
Horquilla	Dispositivo del aparato telefónico que abre y cierra un circuito que emite una señal de invitación a marcar.
Llamada fructuosa	Llamada que alcanza el número deseado y permite la conversación.

Órgano	Cualquier conjunto de entidades física o conceptualmente identificables de una red de telecomunicaciones, cuya utilización puede determinarse sin ambigüedad.
Origen de una llamada	Se refiere a la identificación del punto de inicio de una llamada en la red.
Tráfico bloqueado	Parte del tráfico de desbordamiento que no es cursado por conjuntos subsiguientes de órganos.
Tráfico cursado	Tráfico atendido por un grupo de órganos.
Tráfico de desbordamiento	Parte del tráfico que no puede ser cursado por un conjunto de órganos y que se cursa por otro conjunto de órganos.
Tráfico de destino	Tráfico cuyo destino pertenece a la red con independencia de su origen.
Tráfico de origen	Tráfico generado dentro de la red considerada con independencia de su destino.
Tráfico de telecomunicación	Proceso constituido por sucesos relacionados con la demanda de utilización de los recursos de una red de telecomunicaciones.

Tráfico de tránsito	Tráfico que pasa a través de la red considerada.
Tráfico eficaz	Tráfico correspondiente únicamente al tiempo de conversación de los intentos de llamada completados.
Tráfico entrante	Tráfico que entra a la red considerada desde su exterior, con independencia de su destino.
Tráfico interno	Tráfico con origen y destino perteneciente a la red considerada.
Tráfico ofrecido	Tráfico que podría cursar un conjunto de órganos infinitamente grande.
Tráfico perdido	Parte de tráfico bloqueado donde no hay reintentos de llamada.
Tráfico saliente	Tráfico que con independencia de su origen, sale con destino hacia otro punto de la red.

RESUMEN

El presente informe trata sobre el análisis estadístico para la evaluación y mejoramiento del desempeño de una red telefónica, mediante la aplicación de herramientas estadísticas.

El análisis estadístico es necesario para resolver asuntos de orden superior. Es necesario efectuar un estudio de los indicadores de calidad de funcionamiento fundamentales. Lo anterior proporcionará la base para identificar áreas en las que se podrá mejorar la calidad de servicio.

Tras el análisis estadístico, cualquier área identificada como susceptible de mejora, habrá de ser objeto de atención inmediata, y donde proceda, deberán realizarse las pruebas hasta tener la seguridad de que los problemas fueron resueltos. Esta secuencia de eventos depende de la administración y de la red sometida a prueba.

OBJETIVOS

◆ **General**

Medir el grado de desempeño actual de la red telefónica y en base a un análisis estadístico identificar factores que provocan bajo desempeño en la misma, y plantear su posible solución.

◆ **Específicos**

1. Investigar las principales causas que provocan baja completación de llamadas en una red telefónica.
2. Determinar el grado actual del desempeño de la red.
3. Aumentar el porcentaje de completación en las llamadas.
4. Mantener un mayor control sobre las variaciones de la completación telefónica.
5. Medir el interés de los usuarios hacia la red telefónica.
6. Establecer parámetros individuales de completación para cada central que conforma la red telefónica.

7. Clasificar las causas de no completación asignables al usuario o a problemas de la red.

INTRODUCCIÓN

Considero que es importante que una administración cuente con procedimientos claros de supervisión que ayuden a identificar fácilmente un problema. En el caso de una empresa de telecomunicaciones es importante mantener parámetros que le permitan llevar un control del comportamiento en la completación de llamadas; existen dos variables importantes a considerar en la completación, las cuales son: los intentos de llamadas, que dependen de la demanda de los usuarios hacia la red y las llamadas completadas que dependen de las condiciones de la red.

Es importante velar porque la cantidad de llamadas completadas sea igual al número de intentos que se realizan desde un punto de vista ideal (100% de completación), pero en la realidad hay factores que impiden alcanzar esta meta.

El presente trabajo de graduación será de mucha utilidad ya que se aplicarán herramientas estadísticas que ayuden a detectar problemas, luego se hará del conocimiento de las partes involucradas para resolverlos y con esto elevar el desempeño de una red telefónica.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1 Descripción general de las actividades de la empresa, y sus antecedentes históricos

Los primeros intentos de establecer una telecomunicación fueron enviando mensajes telegráficos que correspondían a la voz modificada. Sin embargo, el objetivo era el de transmitir la voz a distancia y esto se lograría a través de la telefonía. En la revista "*L'illustration*", del año 1854 Charles Bourseul manifestaba la idea de que si se habla por una membrana vibrante, las vibraciones resultantes se pueden aprovechar para modificar una corriente que representaría la voz humana. Esta idea fue posible realizarla hasta 1861 cuando el físico alemán Phillip Reis ideó la forma de modificar el circuito eléctrico construyendo un aparato llamado teléfono. Éste lograba transmitir sonidos mediante su conversión en ondas eléctricas, aunque la reproducción resultante no era lo deseado. Fue hasta en el año de 1876 que se construyó el primer teléfono de uso práctico por el americano de origen alemán Alexander Graham Bell.

En la actualidad, existe una gran variedad de aparatos telefónicos, que satisfacen las necesidades de comunicación y de transmisión de datos, estos van desde aparatos sencillos, hasta aparatos sofisticados de telefonía celular que son capaces de transmitir voz, datos, imágenes y video.

La constante evolución tecnológica, exige cada día que empresas que prestan servicios de telecomunicaciones lo hagan de una manera eficiente para mantenerse en el mercado, ya que ante la globalización solamente innovando y mejorando la calidad de nuestros productos o servicios podemos mantenernos.

Una red de telecomunicaciones representa una alta inversión en activos fijos, por lo que es importante proteger este patrimonio en beneficio de toda la comunidad, el fin del mantenimiento es unificar todos los conceptos y acciones que contribuyen a proteger esta inversión, y respetar los objetivos de calidad de los servicios telefónicos que se ofrecen a los usuarios.

En toda empresa se debe evaluar constantemente los servicios que se proporciona a los clientes, en los resultados de estas evaluaciones se pueden encontrar dos situaciones:

- a) Determinar que el servicio no es lo esperado por los clientes, en este caso se debe investigar para analizar e identificar las causas que originan las variaciones y planear estrategias preventivas y correctivas que permitan con base a los resultados de la experiencia observada, mejorar los servicios.
- b) Que el servicio sea lo esperado por el cliente, en este caso la empresa debe coordinar los esfuerzos de los diversos departamentos de la empresa, para mantener y/o mejorar la calidad de los servicios.

Los servicios de telecomunicaciones en Guatemala, actualmente, lo prestan varias empresas, y las podemos clasificar en públicas y privadas, quienes prestan servicios de telefonía fija residencial, telefonía pública y telefonía móvil o celular.

Es fundamental velar por el correcto funcionamiento en la prestación de sus servicios, el ente regulador en la prestación de servicios y aspectos legales es la Superintendencia de Telecomunicaciones (SIT).

Las empresas de telecomunicaciones están conformadas en su mayoría por una organización que cuenta con dos grandes ramas, una de ellas es la parte técnica y otra la parte administrativa.

Es la parte técnica la encargada de garantizar la confiabilidad de la red y que sus clientes una vez llenados todos los requisitos legales, puedan realizar una comunicación en el momento que ellos lo deseen.

1.2 Conceptos de uso frecuente en las actividades

En las actividades diarias de la supervisión de una red telefónica, se utilizan conceptos propios, entre los cuales podemos mencionar el reporte de completación por hora, diaria, semanal, y mensual, los cuales son de gran importancia para el monitoreo del comportamiento general de la red telefónica.

1.2.1 Reporte de completación por hora

Básicamente, nos indica en tiempo real, cuando existe un problema de baja completación en una central telefónica, y es de aquí de donde se parte para hacer las investigaciones del caso para determinar la causa e informar a donde corresponda para que la misma sea solucionada lo antes posible.

1.2.2 Reporte de completación diaria

Este reporte consiste, básicamente, en realizar una sumatoria del total de intentos de llamadas y el total de llamadas completadas durante el día, y al hacer una relación del número total de llamadas completadas y el número total de intentos de llamadas, nos da como resultado el porcentaje de completación diaria.

1.2.3 Reporte de completación semanal

Se refiere a la sumatoria total de intentos de llamadas y el total de llamadas completadas durante una semana, comprendida de lunes a domingo.

1.2.4 Reporte de completación mensual

Al igual que los reportes anteriores, está formado por la sumatoria de intentos de llamadas y el total de llamadas completadas durante un mes.

Como se puede observar el principio para la elaboración de cada reporte es el mismo, lo que varía es el período de observación.

1.2.5 Causas de no completación de llamadas

Se refiere a todas las causas, propias o ajenas, a la disponibilidad de la red telefónica por lo cual no es posible completar los intentos de llamadas telefónicas. Para determinar dichas causas es necesario tomar una muestra y hacer un análisis del tráfico generado en un determinado período de tiempo.

2. DIAGNÓSTICO DE LAS TAREAS DESARROLLADAS ACTUALMENTE

2.1 Evaluación general de las actividades

Para llevar a cabo la supervisión de la red telefónica, actualmente, se desarrolla una serie de actividades encaminadas a detectar problemas en la misma y a medir el grado de la calidad en el servicio que se presta.

Para evaluar el desempeño o eficiencia de la red telefónica es importante evaluar las siguientes variables:

- a) el número total de intentos de llamadas.
- b) los intentos de llamadas completados o sea las llamadas fructuosas.

En las centrales telefónicas digitales es factible programar mediciones de tráfico por destino, es decir, existe una central de tránsito por la cual pasan todas las llamadas con interés de establecer comunicación con otra central, y al pasar por la central de tránsito, ésta registra las llamadas según su destino.

2.2 Generalidades de un sistema de conmutación telefónica

Históricamente, existía un par de cables de cobre que iban de cada casa a una central en el medio de la ciudad. El operador de interruptores se sentaba frente a un tablero con una conexión para cada par de cables que entraban a la central. Cada interruptor tenía encima una pequeña luz. Una gran batería proporcionaba corriente por medio de una resistencia para cada par de cables. Cuando alguien levantaba el teléfono, la horquilla completaría el circuito y dejaría que la corriente fluyera por los cables entre la casa y la central. Esto haría que se encendiera la luz encima de la conexión, para esa persona en el tablero. El operador entonces conectaba su teléfono (el del operador) con el de la persona que llamaba y le preguntaba con quién deseaba hablar. El operador enviaba una señal de timbre hacia el receptor y esperaba a que la otra persona contestara. Una vez que el receptor contestaba, el operador conectaba a las dos personas. En un sistema telefónico moderno, el operador ha sido reemplazado por un interruptor electrónico. Cuando se levanta el teléfono, el interruptor "se da cuenta" de la ocupación de un circuito y ejecuta un tono de invitación a marcar para saber que es posible llamar. El sonido del tono de invitación a marcar es simplemente una combinación de un tono de 350 y 440 Hertz. (Es cuando usted marca un número utilizando el teclado numérico). Los diferentes sonidos de marcación están constituidos por pares de otros tonos, tal como se muestra a continuación:

	1209 Hz	1336Hz	1477 Hz
697 Hz	1	2	3
770 Hz	4	5	6
852 Hz	7	8	9
941 Hz	*	0	#

Si el número está ocupado, se escucha una señal de ocupado de 480 y 620 Hertz, con un ciclo de 1/2 de segundo de duración y 1/2 de segundo entre uno y otro.

La Red telefónica comienza en su casa. Un par de cables de cobre provenientes de una pequeña caja de un poste va a otra pequeña caja en su casa.

A través del camino existe un cable con 100 o más pares de cables de cobre. Dependiendo de dónde sea su ubicación, este cable va directo a su compañía telefónica, o irá a otra caja que actúa como concentrador digital. Este digitaliza su voz, la combina con otro ciento de ellas y las envía a la compañía telefónica (generalmente mediante un cable coaxial o uno de fibra óptica).

2.2.1 Archivos del sistema con información estadística

Todas las situaciones que se experimentan al hacer una llamada se registran en la central mediante archivos propios de cada sistema telefónico. En este estudio nos interesa medir la eficiencia de la red, pero para llegar a obtener un dato global debemos partir de agrupar datos parciales, por central, en este caso el registro del número total de intentos y el total de llamadas completadas, las cuales las podemos obtener por intervalos de tiempo establecidos.

2.2.2 Análisis de la información que proporciona cada archivo

Como se menciona anteriormente, todos los acontecimientos que se dan al realizar una llamada quedan registrados en un archivo, estos pueden ser el número llamante, número llamado, la fecha, la hora, la duración y si la llamada se completó. Pero también se da la situación de los intentos de llamada que no llegan a completarse, esto puede deberse a una serie de situaciones encontradas al realizar la llamada, pueden ser factores que tienen relación directa con las condiciones de la red o con el comportamiento de los usuarios. Por ejemplo, alguien que llama a un número que está ocupado no va a contabilizarse como llamada completada, ya que en cierta forma, no se logró el objetivo final que era el de establecer una comunicación con el otro abonado, de igual forma, alguien que llama y el otro abonado no contesta. En estas situaciones, las causas pueden ser asignables al usuario, pero cuando no es por causas asignables al usuario, se debe a condiciones anómalas en el funcionamiento de la red. Así por ejemplo, se puede tener la situación en que un abonado se quiera comunicar con otro abonado de otra central y esto no sea posible por estar en ese momento ocupados todos los circuitos que enlazan la central de tránsito con la central de destino, en este caso, existe un problema de dimensionamiento de circuitos, debido a que el interés de llamadas que hay hacia la central de destino, es superior a lo planificado al construir la red. Todas estas situaciones se dan a diario, y es necesario mantener una supervisión constante en el funcionamiento de la red telefónica.

2.3 Software utilizado para procesar archivos del sistema

Los archivos que generan las centrales telefónicas, por lo general, son archivos tipo textos, de los cuales se tiene que hacer un preproceso para elegir los campos que nos interesan estudiar y trasladarlos hacia bases de datos en las cuales podamos manipular la información.

Básicamente el *software*, que se utiliza actualmente, es una aplicación desarrollada por personal de la supervisión, el cual transforma el archivo texto en base de datos. Posteriormente a esto se agrupan los campos por códigos de central para tener la sumatoria de todos los números que son parte de una central telefónica. Como complemento existe un archivo, el cual contiene información más detallada sobre el curso de una llamada y aquí hay factores importantes a considerar para la toma de decisiones, como lo es ampliación de rutas, números bloqueados por el sistema etc.

2.3.1 Presentación de datos

Los datos son presentados en una hoja electrónica en la cual se agrupan por central, el total de intentos y llamadas completadas, así como la sumatoria total que conforma la red telefónica, se grafica el comportamiento por central y se reportan a las partes involucradas en el proceso, aquellos lugares en los cuales existe una baja significativa en la completación.

2.3.2 Análisis de los resultados

Como parte del análisis se observa el comportamiento por central y en forma global, para que éste se mantenga estable de acuerdo a una meta de completación establecida.

Las gráficas de comportamiento se hacen, tanto en forma global como para cada una de las centrales que conforman la red telefónica, pero debido a la variabilidad del tráfico es importante preguntarse si estará el proceso realmente estable, y lo cual es difícil de observar en este tipo de gráficas, ya que solamente nos da el comportamiento global de la completación, así como la tendencia del interés del tráfico telefónico.

Las gráficas que se muestran a continuación, corresponden al tráfico cursado por las centrales de tránsito durante los meses de enero y febrero del año 2004.

Figura No. 1 Comportamiento de la completación de llamadas

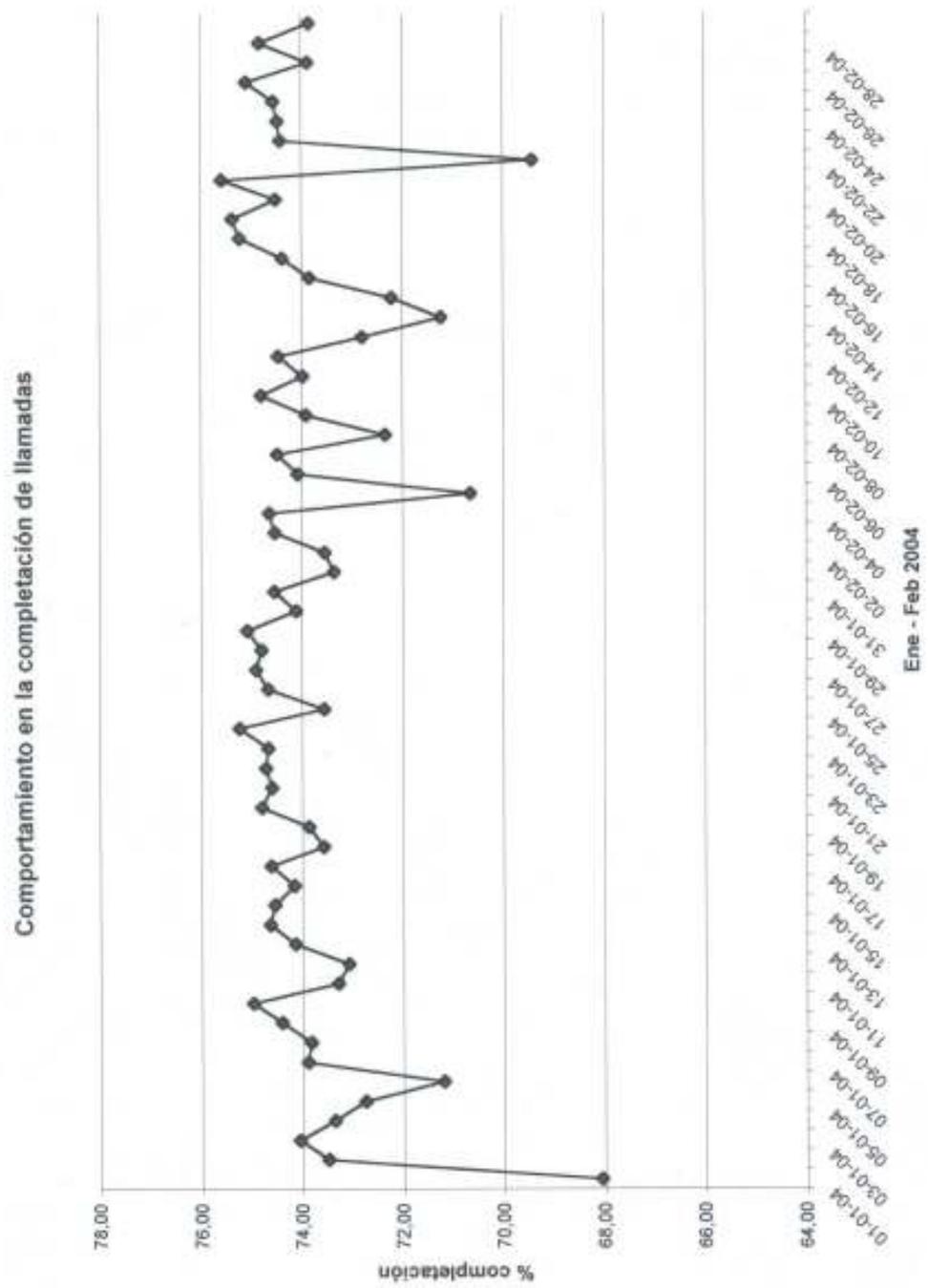
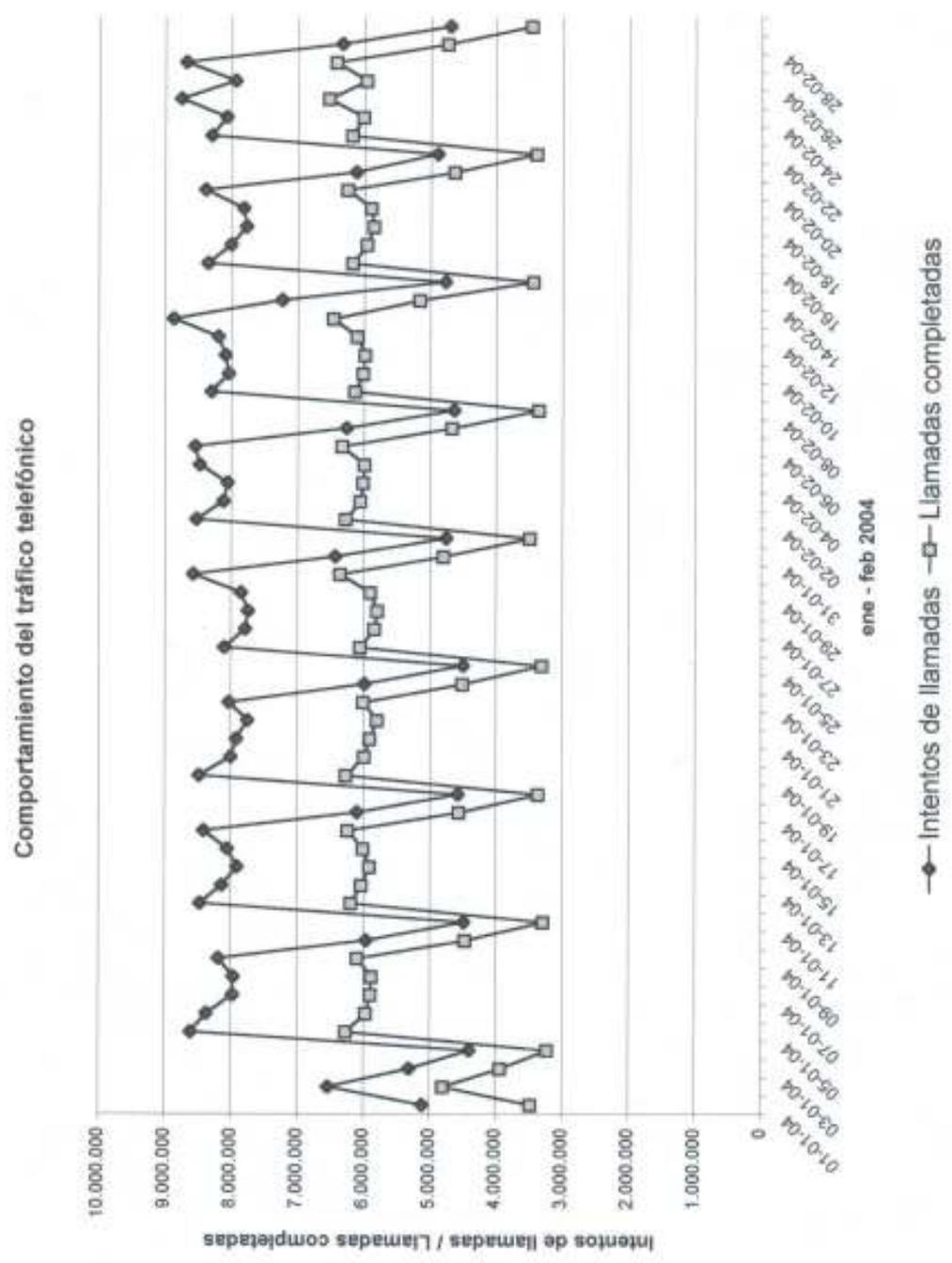


Figura No. 2 Comportamiento del tráfico en la red telefónica



Como se puede apreciar, la figura número uno muestra un comportamiento en el porcentaje de la completación de llamadas, pero es difícil establecer si el comportamiento de la red es estable, debido a que no existen límites que nos indiquen qué tanto es tolerante que baje la completación.

La figura número dos muestra la cantidad de intentos de llamadas y el total de llamadas completadas por día, en donde se puede apreciar, que las fechas que corresponden a fines de semana, el tráfico se reduce en un 50%, aproximadamente, en comparación con los días hábiles.

Ambas figuras muestran un comportamiento, pero es necesario establecer gráficos de control en los cuales podamos monitorear el desempeño de la red en base a límites, los cuales se determinarán estadísticamente.

3. MODELO ESTADÍSTICO A IMPLEMENTAR

3.1 Herramientas estadísticas para el mejoramiento de la calidad

Entre las técnicas estadísticas utilizadas en los servicios de supervisión telefónica podemos aplicar las siguientes:

- a) Teoría del muestreo
- b) Medidas de tendencia central
- c) Gráficas de control

Teoría del muestreo

Los resultados obtenidos de una muestra elegida correctamente y en proporción adecuada, permiten hacer una inferencia válida para el universo del cual ha sido extraída dentro de límites de error y probabilidad que pueden determinarse estadísticamente para cada caso.

Un costo más bajo y el ahorro de tiempo son las razones principales por las que los datos son reunidos por muestreo en lugar de enumeraciones completas. Para realizar un estudio muestral se requiere:

- i) Definir el universo que se estudiará, en el caso de las telecomunicaciones el universo lo constituye el conjunto de líneas telefónicas que funcionan actualmente.

- ii) Definir las variables que se estudiarán, en el presente caso las variables a considerar son los intentos de llamadas y el número de llamadas fructuosas.
- iii) Diseño de las muestras, las centrales telefónicas digitales están diseñadas para poder registrar el volumen total de información que se maneje, por lo tanto se analizará el total de la información que se genere.

Medidas de tendencia central

Estas medidas indican cuál puede ser el punto medio o típico a través de un promedio, representado por un valor simple el cual es considerado como el valor más representativo para un grupo de números. Obviamente, el valor más representativo para un grupo de números, normalmente no es el valor más pequeño ni el más grande, sino es un número cuyo valor está en un punto intermedio del grupo. Así un promedio es referido como una medida de tendencia central.

Para el análisis del desempeño de una red telefónica los más usados son la media aritmética, la mediana y la moda, los cuales se aplican en los gráficos de control.

3.1.1 Tipos de gráficos

Los gráficos representan los datos de una manera visual de tal modo que facilitan la interpretación y la comprensión de una situación dada. Con frecuencia la recolección de datos no brinda información de manera directa. Para mejorar la interpretación y manejo de esta información se recogen y organizan los datos de cierta forma, la más común es la hoja de verificación; posteriormente se dibujan las gráficas de varios tipos para representar dichos datos de manera simplificada y eficiente. En resumen podemos decir que una gráfica vale mas que mil palabras. A continuación se presentan los tipos de gráficos más frecuentemente utilizados y sus características, así también su posible aplicación en el análisis del comportamiento de la red.

Gráfica de barras

Este tipo de gráfica se utiliza para comparar el tamaño de dos cantidades, utiliza barras paralelas de ancho idéntico por alturas, para el caso de la aplicación en el proyecto, podemos comparar la cantidad de intentos de llamadas y las llamadas completadas, como se representa en la siguiente figura.

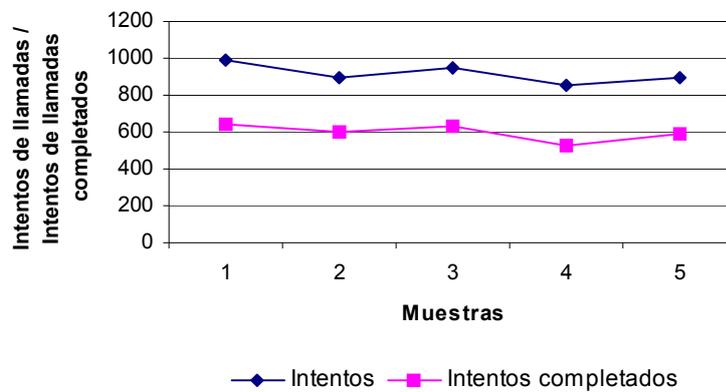
Figura No. 3 Gráfica de barras



Gráfica de línea

Representa los cambios de una variable en el tiempo, es decir pone de manifiesto la tendencia de una serie de datos en el tiempo, para el caso de nuestro análisis podemos observar el comportamiento del interés del tráfico en cierto período.

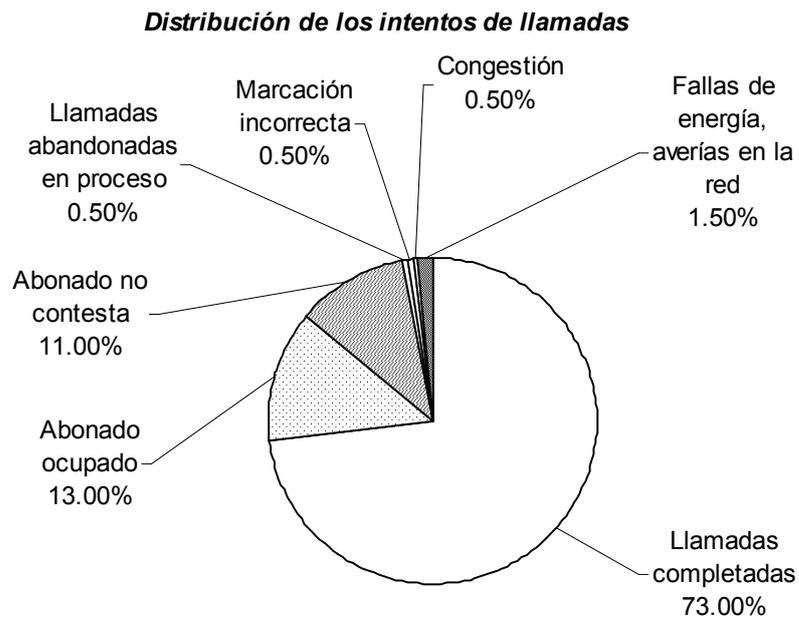
Figura No. 4 Gráfica de línea



Gráfica de pastel

Se utiliza para visualizar la relación de los diferentes artículos que intervienen en una variable o tema de estudio. Facilita la descomposición de los componentes de una cantidad en un cierto período de tiempo. Esta gráfica es de gran ayuda para representar las causas por las cuales no es posible completar todas las llamadas.

Figura No.5 Gráfica de pastel



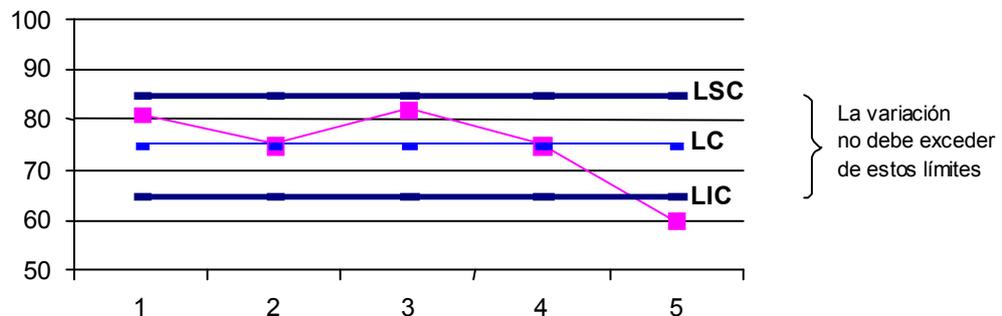
3.1.2 Gráficos de control

Para saber si la variación existente en el porcentaje de la completación de llamadas, es demasiada o es aceptable, se puede monitorear por medio de los gráficos de control.

Es un diagrama que sirve para examinar si un proceso se encuentra en una condición estable, o para asegurar que se mantenga en esta condición. En estadística se dice que un proceso es estable cuando las únicas causas de variación presentes son las de tipo aleatorio.

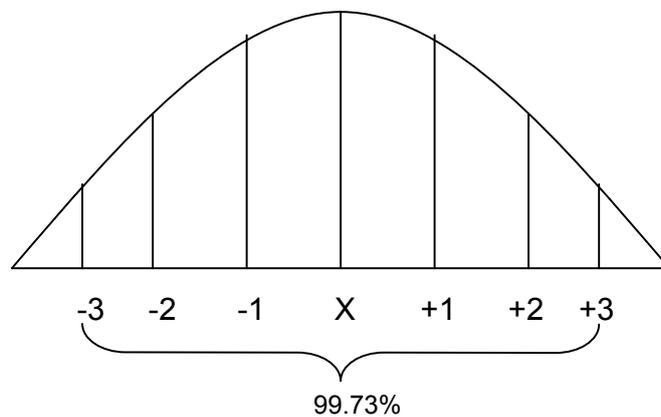
La estructura de las gráficas contiene una línea central (LC), una línea superior que marca el límite superior de control (LSC) y una línea inferior que marca el límite inferior de control (LIC). Los puntos contienen información sobre las lecturas hechas, pueden ser promedios de grupos de lecturas, o sus rangos o bien lecturas individuales. Los límites de control marcan el intervalo de confianza en el cual se espera que caigan los puntos. Aunque existen diversos tipos de gráficas de control, todos presentan una estructura similar, como se puede observar en la siguiente figura.

Figura No.6 Gráfico de control



Con base en la información obtenida en intervalos determinados de tiempo, las gráficas de control definen un intervalo de confianza; si el proceso es estadísticamente estable, el 99.73% el resultado se mantendrá dentro de este intervalo. A este intervalo de confianza se le denomina tres sigma.

Figura No. 7 Curva normal



Las ventajas que podemos mencionar de esta herramienta estadística son:

- a) Sirve para determinar el estado de control de un proceso
- b) Indica sí un proceso ha mejorado o empeorado
- c) Sirve como una herramienta para detección de problemas

3.1.2.1 Tipos de gráficos de control

Las gráficas de control se elaboran según el tipo de datos que se recogen en el sitio de trabajo. Las gráficas de control se pueden dividir en dos categorías según las JIS (Normas Industriales Japonesas), pueden ser para variables y para atributos.

En las gráficas de control para variables, se presenta la característica de una medición de un continuo, tal como el diámetro, el peso, etc. En resumen podemos decir que usaremos este tipo de gráficas para datos medibles.

Las gráficas de control para atributos, la característica refleja sí el producto o servicio individual concuerda o si es defectuoso o no. En resumen podemos decir que usaremos estas gráficas para situaciones en las cuales podemos contar los datos.

3.1.2.1.1 Gráfico X-R, de promedios y rangos

Esta gráfica permite evaluar el comportamiento de un proceso a partir de los promedios y de los rangos. Esta gráfica consta de dos partes. La parte superior que se dedica al comportamiento de los promedios y la parte inferior que se dedica a los rangos. En el eje vertical se establecen las escalas respectivas; en la parte superior, para las magnitudes de los promedios, y en la parte inferior para las de los rangos.

Fórmulas utilizadas para construir la gráfica de rangos:

$$LC=R= \frac{r_1+r_2+r_3+\dots+r_n}{k}$$

$$LICr= D3*R$$

$$LSCr= D4*R$$

donde k = al número de la muestra, R es el promedio de rangos (límite central), D3 y D4 son constantes que se han determinado de acuerdo a cada subgrupo (ver anexo).

Fórmulas utilizadas para construir la gráfica de promedios:

$$LC=X= \frac{x_1+x_2+x_3+\dots+x_n}{k}$$

$$LICx=X-A2*R$$

$$LSCx=X+A2*R$$

donde X es igual al promedio de promedios (límite central), A2 dependen del tamaño de la muestra y es una constante (ver anexo) y R es el promedio de rangos.

3.1.2.1.2 Gráfico X-S, de promedios y desviación estándar

Esta herramienta estadística sirve para estudiar el comportamiento de un proceso de manufactura, donde se considera como indicador de variabilidad la desviación estándar.

La estructura para esta gráfica es igual a la de promedios y rangos, la efectividad de esta gráfica está estrechamente relacionada con el tamaño de los subgrupos.

Las fórmulas utilizadas para la construcción de este gráfico son las siguientes:

Desviaciones estándar:

$$LC=S=\frac{s_1+s_2+s_3+\dots+s_n}{k}$$

$$LSCs=B_4*s$$

$$LICs=B_3*s$$

donde k = al número de la muestra, B4 y B3 son constantes que se han determinado de acuerdo a cada subgrupo (ver anexo), y s es el promedio de las desviaciones estándar.

Promedios:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{k}$$

$$LSCX = \bar{X} + A_3 \cdot s$$

$$LICX = \bar{X} - A_3 \cdot s$$

donde k = al número de la muestra y A_3 es constante que se ha determinado de acuerdo a cada subgrupo (ver anexo) y s es la línea central de la gráfica de acuerdo al promedio de las desviaciones estándar.

3.1.2.1.3 Gráfico x-R, de medianas y rangos

Esta herramienta estadística permite evaluar el comportamiento del proceso a partir de la mediana y del rango. El cálculo de la mediana así como el rango, es muy sencillo de modo que el utilizar esta gráfica para monitorear es un proceso atractivo para el supervisor.

Las fórmulas para su construcción son las siguientes:

Rangos:

$$LC=R = \frac{r_1 + r_2 + r_3 + \dots + r_n}{k}$$

$$LSCR = D_4 \cdot R$$

$$LICR = D_3 \cdot R$$

donde k = al número de la muestra, $D4$ y $D3$ son constantes que se han determinado de acuerdo a cada subgrupo (ver anexo), y R es el promedio de rangos (límite central).

Medianas:

$$LC=X= \frac{x_1+x_2+x_3+\dots+x_n}{k}$$

$$LSCX= X+A_6*R$$

$$LICX= X-A_6*R$$

donde k = al número de la muestra y A_6 es constante que se ha determinado de acuerdo a cada subgrupo (ver anexo), y X corresponde al promedio de las medianas.

3.1.2.1.4 Gráfico p, porcentaje de unidades defectuosas

El porcentaje de productos o servicios defectuosos se expresa como fracción decimal para el cálculo de los límites de control. La fracción, sin embargo, se convierte generalmente en porcentaje cuando se transcribe en la gráfica y se usa en la presentación general de los resultados.

Las muestras que se utilizan para elaborar esta gráfica pueden ser de tamaño variable. Las muestras de tamaño grande permiten evaluaciones más estables del desarrollo del proceso y son más sensibles a cambios pequeños. Cuanto mayor sea la muestra y el número de artículos defectuosos permanezca constante, mejor será la gráfica.

Las fórmulas para su construcción son las siguientes:

$$n = \frac{\text{número total de artículos}}{\text{número de la muestra}}$$

$$p = \frac{\text{número de artículos con defectos}}{\text{número total de artículos}}$$

$$\text{LSCp} = p + 3 \sqrt{p(1-p)/n}$$

$$\text{LICp} = p - 3 \sqrt{p(1-p)/n}$$

3.1.2.1.5 Gráfico np, número de unidades defectuosas

Este gráfico se utiliza cuando se desea representar las unidades defectuosas y no el porcentaje que éstas representan.

Cuando las muestras son de tamaño constante, hay dos razones por las que se prefiere el uso de esta gráfica: el ahorro de cálculos para cada subgrupo y el hecho de que el personal encargado de la supervisión comprende rápido cómo manejar la gráfica ya que es más sencilla.

Las fórmulas para su construcción son las siguientes:

$$np = \frac{np_1 + np_2 + np_3 + \dots + np_n}{k}$$

$$LSC_{np} = np + 3\sqrt{np(1-p)}$$

$$LSC_{np} = np - 3\sqrt{np(1-p)}$$

$$p = \frac{np_1 + np_2 + np_3 + \dots + np_n}{nk}$$

donde k = número de muestra; np₁, np₂, ..., np_n corresponde a la variable que representa los defectos o fallas en cada área de estudio, np representa el promedio de unidades disconformes (límite central)

3.1.2.1.6 Gráfico c, defectos por unidad

La gráfica c estudia el comportamiento de un proceso considerando el encontrar defectos al inspeccionar una unidad de producto o servicio.

Hace uso del hecho de que un producto o servicio es aceptable aunque presente cierto número de defectos.

Las fórmulas para su construcción son las siguientes:

$$c = \frac{\text{número total de atributos observados}}{\text{número de áreas de oportunidad}}$$

$$LSCc = c + 3\sqrt{c}$$

$$LICc = c - 3\sqrt{c}$$

3.1.2.1.7 Gráfico u, defectos por área de oportunidad

Es una variación de la gráfica c. Si el área de oportunidad para la ocurrencia de defectos no permanece constante, la gráfica u debe usarse en lugar de la gráfica c, donde cada punto graficado corresponde al valor de $u = c_j/n_j$, donde n_j es el tamaño del área inspeccionada y c_j el número de defectos encontradas en esas unidades.

Es importante resaltar que los límites superior e inferior son variables para cada n.

Sus límites están dados por:

$$LSCu = u + 3\sqrt{u/n}$$

$$LICu = u - 3\sqrt{u/n}$$

Donde u = el promedio de defectos por unidad inspeccionada.

3.1.3 Justificación del tipo de gráfico a utilizar

Después de observar las características de cada gráfico es importante considerar el gráfico a utilizar. Debido a que únicamente pueden darse dos situaciones al momento de querer realizar una comunicación, una de ellas es que se logre y otra que no se logre (puede considerarse como llamada fructuosa o llamada infructuosa), y el número de intentos se considera un dato contable y que es variable, se sugiere utilizar el gráfico P que pertenece al grupo de gráficos por atributos, el cual se adecúa más a las características del proceso.

Con la aplicación de este gráfico podríamos mantener control sobre las variaciones que en la red telefónica se presenten, y cuando ésta se salga de control analizar el porqué del comportamiento anómalo, mediante el análisis de Pareto.

3.1.4 Aplicación del diagrama de Pareto en el análisis de la no completación de llamadas

Muchos aspectos de la producción requieren mejoras como productos defectuosos, reducción de costos, etc. De hecho, cada problema se compone de problemas menores que es difícil saber cómo solucionar y se necesita una base definida para adoptar cualquier decisión. Es importante clarificar el patrón de distribución de los problemas.

El diagrama de Pareto es una forma especial del gráfico de barras verticales, el cual ayuda a determinar la prioridad que se le debe dar a los problemas a efecto de resolverlos. Para la recolección de los datos que servirán para construir un diagrama de Pareto se utilizan diversos medios, ya sea hojas de inspección o gráficos de control los cuales ayudarán a orientar los problemas en orden de importancia.

Para realizar el análisis de la no completación de llamadas, resulta una herramienta valiosa que nos permite visualizar en forma detallada, los fines de selección por los cuales no se completan las llamadas.

3.1.4.1 Regla 80 – 20

Esta regla establece la relación de las causas con el efecto en una proporción general de 80-20, o sea que se identifican todas las causas que originan efecto, y se ordenan desde la que más afecta hasta la que menos afecta, dicho efecto, en un 20% encabeza la lista que causarán el 80% del efecto y el restante 80% de las causas solamente el 20%.

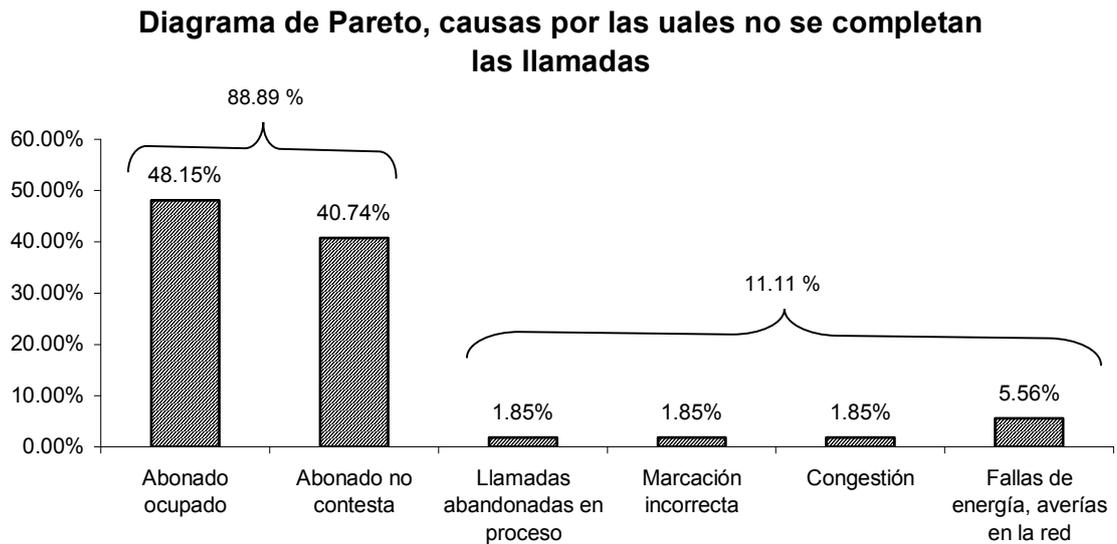
El principio de Pareto establece que en general se utiliza el mismo trabajo en reforzar o eliminar una causa vital, que una insignificante y que se debe orientar los esfuerzos de manera eficiente hacia las causas vitales.

Los siguientes datos corresponden al comportamiento de la red en un mes.

Llamadas completadas	73.00%
Llamadas no completadas	27.00%
Total	100.00%

Causas por las cuales no se completan todas las llamadas			
Abonado ocupado	13.00%	48.15%	$= (13/27) * 100\%$
Abonado no contesta	11.00%	40.74%	$= (11/27) * 100\%$
Llamadas abandonadas en proceso	0.50%	1.85%	$= (0.5/27) * 100\%$
Marcación incorrecta	0.50%	1.85%	$= (0.5/27) * 100\%$
Congestión	0.50%	1.85%	$= (0.5/27) * 100\%$
Fallas energía, averías en cables	1.50%	5.56%	$= (1.5/27) * 100\%$
Total	27.00%	100.00%	

Figura No.8 Diagrama de Pareto



Como se puede observar un 88.89% de las causas de no completación se debe a condiciones del comportamiento de los abonados (abonado ocupado y abonado no contesta) y un 11.11 % se debe a errores en la marcación por parte de los abonados y a condiciones asignables a la red .

Pero es importante señalar que dentro de las causas de no completación, debido a condiciones de la red, encontramos problemas de congestión, y de energía, los cuales se puede solucionar investigando los destinos hacia donde los abonados tienen problemas para comunicarse, y de esta manera aumentar en un 2% la completación de llamadas.

3.2 Análisis económico de la implementación del proyecto

Al tomar en consideración que actualmente las centrales de tránsito registran un promedio de 8,000,000 intentos de llamadas diarios y que el costo promedio por llamadas nacionales es:

Llamadas desde un celular Q1.00 ***

Llamadas locales desde un teléfono fijo Q 0.20 ***

Llamadas interurbanas o a celulares desde un teléfono fijo Q 0.35 ***

Llamadas desde teléfonos públicos Q 0.50 ***

Los datos anteriores nos dan un valor promedio global por llamada de Q 0.50, y al considerar que el tiempo promedio de duración de una llamadas es de 3 minutos ***, un incremento del 2% en la completación de llamadas representaría Q240,000 de aumento en lo ingresos.

Cuadro de costos estimados para el funcionamiento de la supervisión de la red:

Equipo de cómputo	Costo unitario	Total
4 computadoras de tecnología reciente para interrogar a las centrales, elaborar los informes y llevar registros	Q 7,000 c/u *	Q 28,000

Recurso humano	Sueldo mensual	Total
6 técnicos en conmutación	Q 3,800 c/u **	Q 22,800
1 supervisor	Q 6,000 **	Q 6,000
Total mano de obra mensual		Q 28,000

Actualmente el área encargada de la supervisión del desempeño de la red cuenta con el recurso humano referido en los costos estimados, así como el equipo de cómputo.

Es importante señalar que este 2% de incremento en la completación de llamadas no sólo generará mas ingresos para la empresa, sino que traerá la satisfacción de un mejor servicio hacia los usuarios, y cubrirá con bastante holgura los costos de la supervisión de la red.

* Costo de las computadoras en base a cotizaciones

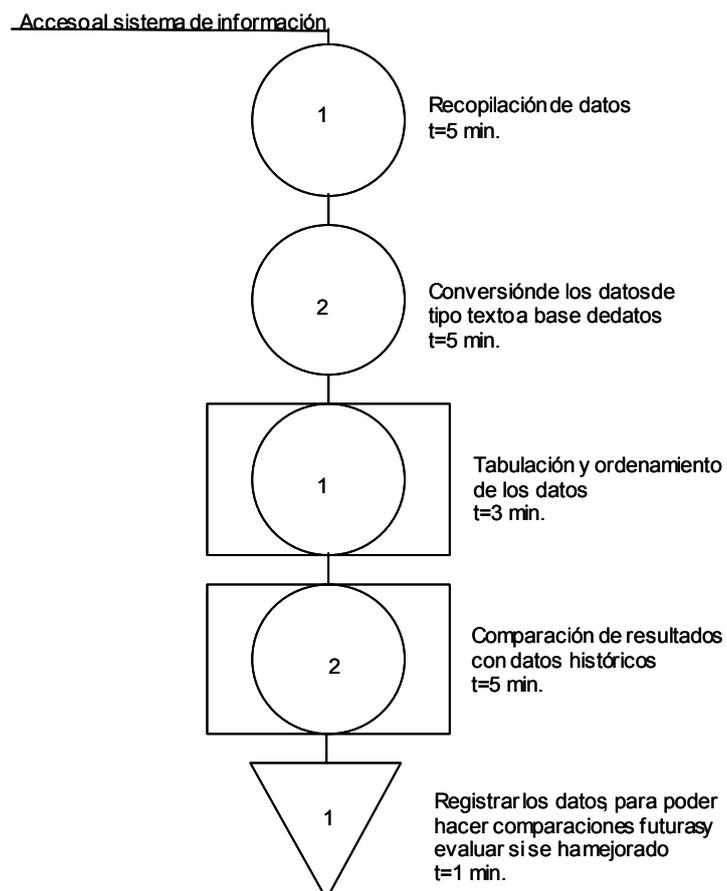
** Sueldos promedios en Telecomunicaciones de Guatemala, S.A.

*** Costo y tiempo promedio de llamadas en Guatemala por las empresas de Telecomunicaciones

4. ESTABLECIMIENTO DE PROCEDIMIENTOS A SEGUIR

4.1 Flujograma de las actividades a realizar

Figura No. 9 Diagrama de las operaciones del proceso, método actual



CUADRO RESUMEN

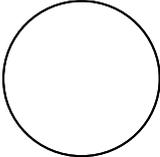
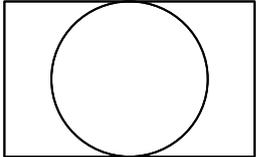
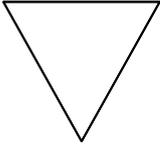
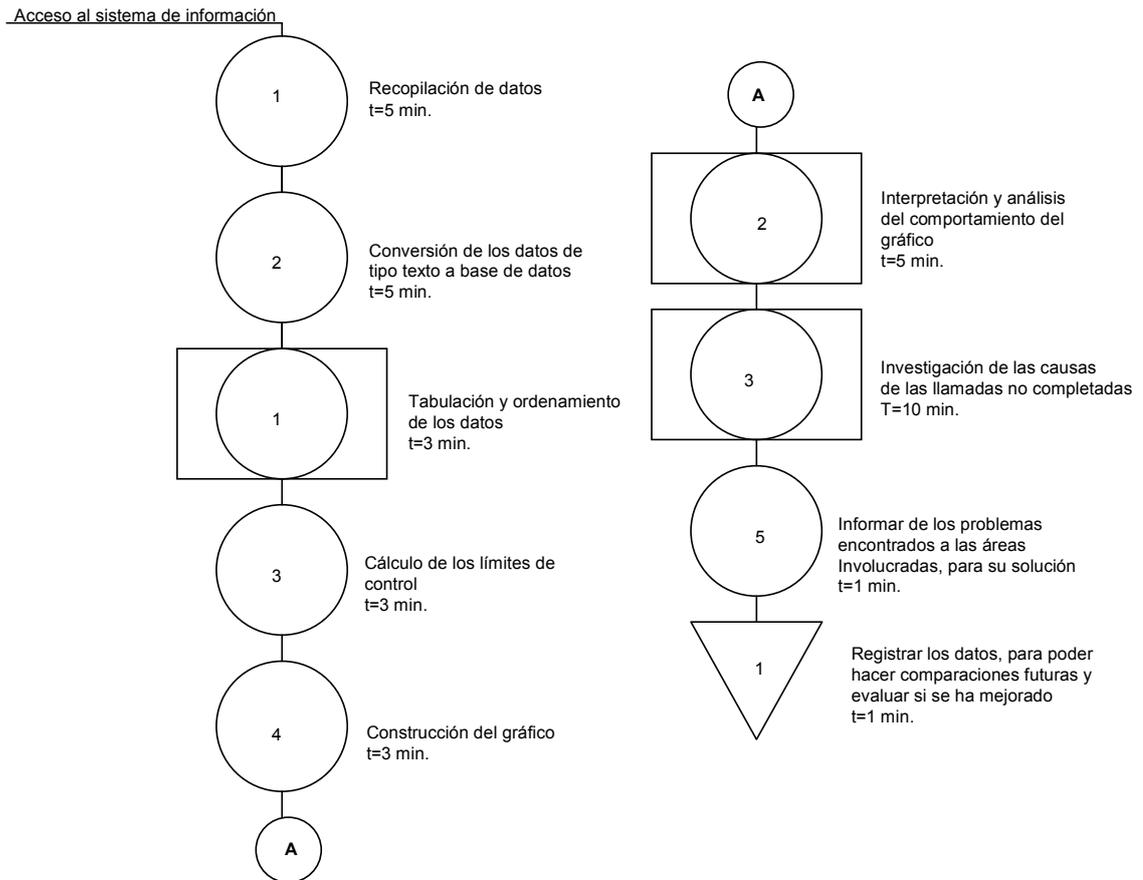
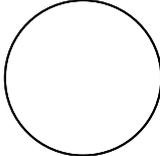
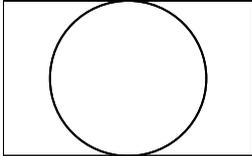
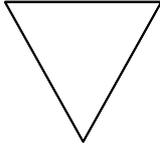
SÍMBOLO	SIGNIFICADO	TIEMPO
	OPERACIÓN	10 min.
	OPERACIÓN / INSPECCIÓN	8 min.
	ALMACENAJE	1 min.
TOTAL		19 min.

Figura No. 10 Diagrama de las operaciones del proceso, método propuesto



CUADRO RESUMEN

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	TIEMPO
	OPERACIÓN	17 min.
	OPERACIÓN / INSPECCIÓN	18 min.
	ALMACENAJE	1 min.
TOTAL		36 min.

Como se puede apreciar el diagrama de operaciones propuesto involucra más actividades y tiempo; pero estas corresponden al análisis que se hará de los datos para identificar aquellos lugares que presenten problemas de completación de llamadas, ya que actualmente se carece de esta parte tan importante en la supervisión, y ayudará a evitar reincidencias en problemas que se encuentren una vez éstos sean resueltos.

4.2 Tabulación de datos

Los siguientes datos corresponden al tráfico registrado en las centrales de tránsito, correspondiente al mes de febrero del año 2004, en donde se puede observar el total de intentos de llamadas, las llamadas completadas, y las llamadas no completadas por día.

Tabla I Tráfico telefónico registrado por las centrales de tránsito

Día	Fecha	Intentos de llamadas	Llamadas completadas	Llamadas no completadas
DOMINGO	01/02/04	4,757,812	3,490,594	1,267,218
LUNES	02/02/04	8,523,632	6,269,751	2,253,881
MARTES	03/02/04	8,116,383	6,050,067	2,066,316
MIÉRCOLES	04/02/04	8,052,419	6,010,939	2,041,480
JUEVES	05/02/04	8,475,604	5,989,095	2,486,509
VIERNES	06/02/04	8,543,404	6,329,312	2,214,092
SÁBADO	07/02/04	6,263,461	4,665,499	1,597,962
DOMINGO	08/02/04	4,639,796	3,356,581	1,283,215
LUNES	09/02/04	8,301,113	6,135,807	2,165,306
MARTES	10/02/04	8,038,871	6,013,398	2,025,473
MIÉRCOLES	11/02/04	8,090,928	5,986,132	2,104,796
JUEVES	12/02/04	8,197,032	6,103,855	2,093,177
VIERNES	13/02/04	8,875,536	6,461,789	2,413,747
SÁBADO	14/02/04	7,238,559	5,156,352	2,082,207
DOMINGO	15/02/04	4,771,926	3,446,314	1,325,612
LUNES	16/02/04	8,355,635	6,170,065	2,185,570
MARTES	17/02/04	8,008,805	5,957,116	2,051,689
MIÉRCOLES	18/02/04	7,776,845	5,850,664	1,926,181
JUEVES	19/02/04	7,814,933	5,890,674	1,924,259
VIERNES	20/02/04	8,390,494	6,251,944	2,138,550
SÁBADO	21/02/04	6,126,504	4,630,901	1,495,603
DOMINGO	22/02/04	4,889,155	3,394,566	1,494,589
LUNES	23/02/04	8,298,955	6,176,508	2,122,447
MARTES	24/02/04	8,075,404	6,014,572	2,060,832
MIÉRCOLES	25/02/04	8,760,952	6,532,410	2,228,542
JUEVES	26/02/04	7,941,436	5,964,139	1,977,297
VIERNES	27/02/04	8,685,251	6,417,029	2,268,222
SÁBADO	28/02/04	6,335,076	4,741,070	1,594,006

4.3 Cálculo de los límites

Para obtener los datos necesarios para la construcción del gráfico se deben realizar los cálculos según los pasos que a continuación se describen:

- a) Se calcula la fracción de defectuosos p de cada muestra. Los valores calculados de p se muestran en la columna ocho de la tabla II. Ejemplo para el día uno de febrero:

$$P = 1,267,218 / 4,757,812 = 0.27$$

- b) La fracción promedio de llamadas no completadas p se calcula de los totales que figuran en las columnas cuatro y siete de la tabla II.

$$P = 54,888,778 / 210,345,921 = 0.2609$$

- c) El valor de tres sigmas es diferente para cada muestra, puesto que el tamaño de muestra n es diferente; sin embargo, el numerador de tres sigmas es el mismo para todas las muestras:

$$3*\sqrt{(p(1-p)/n)} = 3*\sqrt{(0.2609(1-0.2609)/\sqrt{n}} = 1.3175 / \sqrt{n}$$

Los valores de \sqrt{n} y las tres sigma para cada muestra figuran en las columnas nueve y diez de la tabla II. El valor de tres sigmas de la primera muestra se calcula de la siguiente manera:

$$3sigmas = 1.3175 / \sqrt{4,757,812} = 0.0006$$

Los límites de control superior e inferior para cada muestra figuran en las columnas 11 y 12 de la tabla II. Los valores de los límites para la primera muestra, se calcula de la siguiente manera:

$$\text{LSC} = p + 3\text{sigmas} = 0.2609 + 0.0006 = 0.2615$$

$$\text{LIC} = p - 3\text{sigmas} = 0.2609 - 0.0006 = 0.2603$$

El cálculo de límites de control para cada muestra es un poco laborioso, sin embargo, en la práctica siempre que se espere que el tamaño de la muestra varíe moderadamente, se usa un método simplificado de cálculo de los límites para comprobar el comportamiento futuro del proceso. Se estima primero el tamaño promedio de las muestras a considerar en el futuro, se calcula entonces un solo conjunto de límites de control para el tamaño medio de la muestra, así:

$$n = \text{llamadas inspeccionadas} / \# \text{ de días inspeccionados}$$

$$n = 210,345,921 / 28 = 7,512,354 \text{ intentos por día}$$

y los límites de control para todas las muestras incluidas en la gráfica, basadas en el tamaño medio son:

$$\text{LSC} = 0.2609 + (1.3175 / \sqrt{7,512,354}) = 0.2641$$

$$\text{LIC} = 0.2609 - (1.3175 / \sqrt{7,512,354}) = 0.2577$$

Para una mayor exactitud en los cálculos es recomendable realizarlos en una hoja electrónica por la mayor exactitud en las aproximaciones en los decimales.

Tabla II Cálculos para establecer los límites de control

TABLA No. 2

No.	DIA	FECHA	INTENTOS	COMPLETADAS	% COMPLETACION	NO COMPLETADAS	% DEFECTOS	RAIZ (n)	3 sigma	LSC- μ +3 σ	LIC- μ -3 σ
1	DOMINGO	01/02/04	473/812	3.490.584	73,37%	1.267.218	0,27	2181	0,0008	0,2815	0,2803
2	LUNES	02/02/04	852/632	6.289.751	73,58%	2.263.881	0,26	2920	0,0005	0,2814	0,2805
3	MARTES	03/02/04	811/6363	6.050.067	74,54%	2.066.316	0,25	2949	0,0005	0,2814	0,2806
4	MIÉRCOLES	04/02/04	805/419	6.010.939	74,65%	2.041.480	0,25	2936	0,0005	0,2814	0,2805
5	JUEVES	05/02/04	847/604	5.986.095	70,66%	2.499.509	0,29	2911	0,0005	0,2814	0,2805
6	VIERNES	06/02/04	854/404	6.329.312	74,38%	2.214.062	0,26	2923	0,0005	0,2814	0,2805
7	SÁBADO	07/02/04	6263/481	4.886.489	74,49%	1.597.962	0,28	2503	0,0005	0,2815	0,2804
8	DOMINGO	08/02/04	4639/795	3.306.581	72,34%	1.283.215	0,28	2154	0,0008	0,2816	0,2803
9	LUNES	09/02/04	6301/113	6.136.807	73,92%	2.165.306	0,26	2881	0,0005	0,2814	0,2805
10	MARTES	10/02/04	803/8871	6.013.388	74,89%	2.026.473	0,25	2835	0,0005	0,2814	0,2805
11	MIÉRCOLES	11/02/04	806/9028	5.966.132	73,85%	2.104.796	0,28	2844	0,0005	0,2814	0,2805
12	JUEVES	12/02/04	6197/932	6.103.855	74,46%	2.083.177	0,28	2863	0,0005	0,2814	0,2805
13	VIERNES	13/02/04	8673/636	6.461.786	72,80%	2.413.747	0,27	2979	0,0004	0,2814	0,2805
14	SÁBADO	14/02/04	7238/659	5.156.352	71,23%	2.082.207	0,29	2680	0,0005	0,2814	0,2805
15	DOMINGO	15/02/04	4771/926	3.448.314	72,22%	1.325.612	0,28	2184	0,0008	0,2815	0,2803
16	LUNES	16/02/04	6355/635	6.170.065	73,84%	2.166.570	0,28	2891	0,0005	0,2814	0,2805
17	MARTES	17/02/04	8008/605	5.957.116	74,38%	2.051.689	0,26	2830	0,0005	0,2814	0,2805
18	MIÉRCOLES	18/02/04	777/6845	5.850.664	75,23%	1.626.181	0,25	2789	0,0005	0,2814	0,2805
19	JUEVES	19/02/04	781/4633	5.860.674	75,39%	1.924.259	0,25	2796	0,0005	0,2814	0,2805
20	VIERNES	20/02/04	839/484	6.261.944	74,51%	2.136.550	0,25	2897	0,0005	0,2814	0,2805
21	SÁBADO	21/02/04	612/604	4.630.901	75,59%	1.486.903	0,24	2475	0,0005	0,2815	0,2804
22	DOMINGO	22/02/04	4889/155	3.384.566	89,43%	1.464.589	0,31	2211	0,0008	0,2815	0,2803
23	LUNES	23/02/04	838/655	6.178.508	74,43%	2.122.447	0,28	2881	0,0005	0,2814	0,2805
24	MARTES	24/02/04	8075/404	6.014.572	74,48%	2.060.832	0,26	2842	0,0005	0,2814	0,2805
25	MIÉRCOLES	25/02/04	8700/652	6.532.410	74,56%	2.228.542	0,25	2960	0,0004	0,2814	0,2805
26	JUEVES	26/02/04	794/436	5.964.139	75,10%	1.977.297	0,25	2818	0,0005	0,2814	0,2805
27	VIERNES	27/02/04	8685/251	6.417.029	73,89%	2.268.222	0,26	2947	0,0004	0,2814	0,2805
28	SÁBADO	28/02/04	8336/076	4.741.070	74,84%	1.584.006	0,25	2517	0,0005	0,2815	0,2804
TOTAL			210.348.921			64.888.778					

$P= 0,2609$

$N= 28$

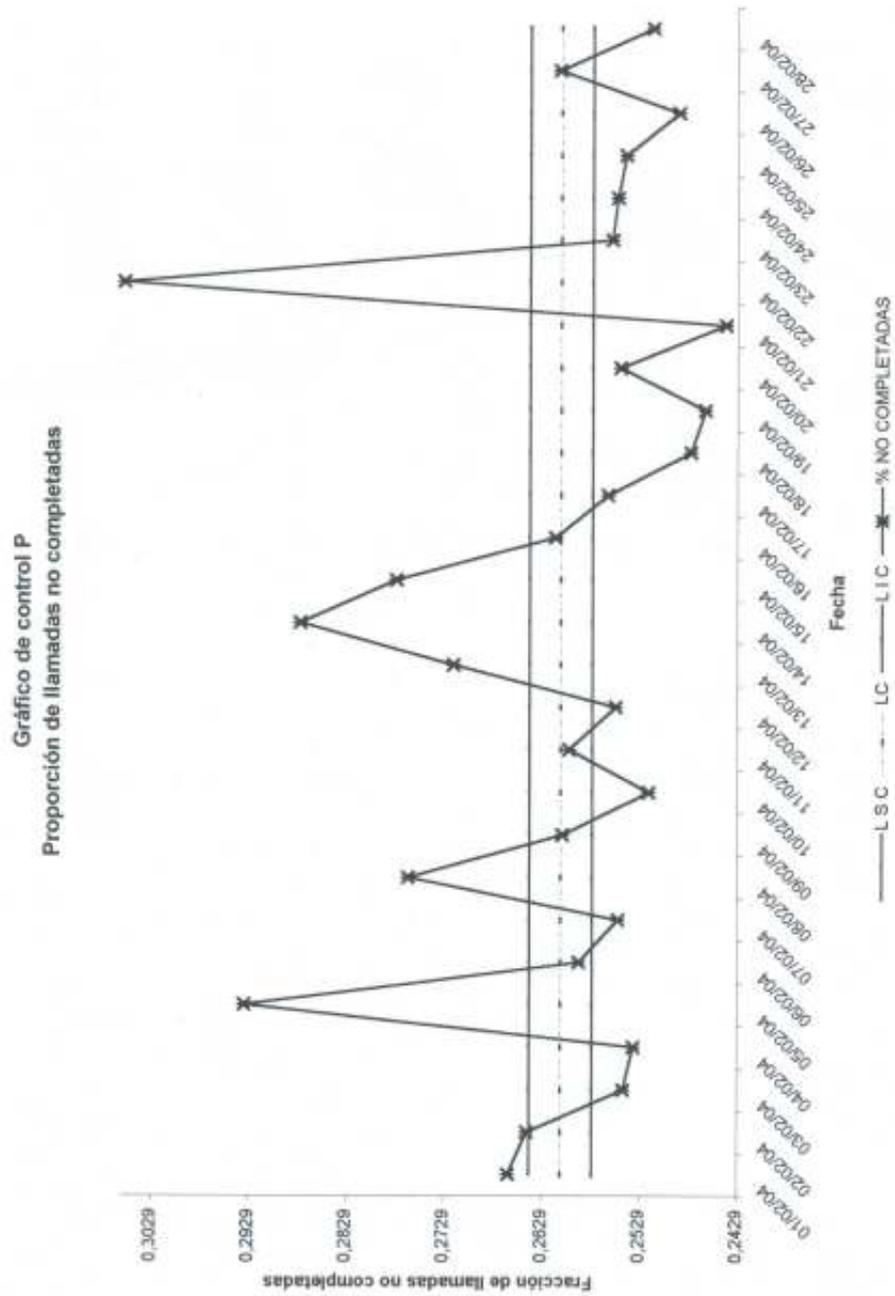
$n= 7.512.364$

$LSC= 0,2841$

$LIC= 0,2677$

4.4 Construcción del gráfico

Figura No. 11 Gráfico de control P



Como se puede observar, el gráfico evidencia inestabilidad en la completación de llamadas, y para investigar las causas que la provocan, es necesario realizar un análisis que nos ayude a identificar los problemas.

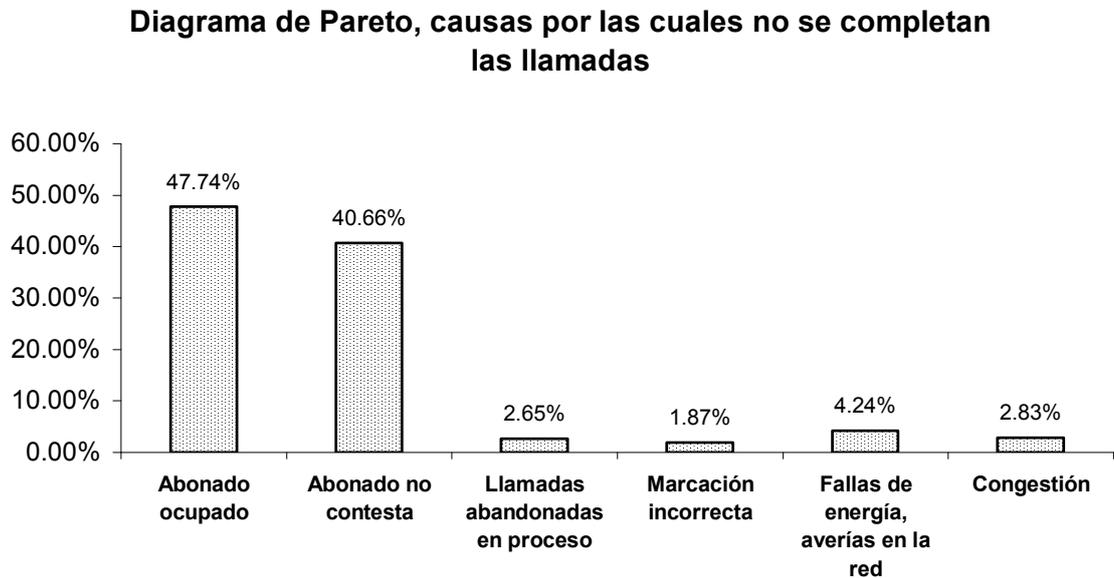
Para realizar el análisis se hará uso del diagrama de Pareto, utilizando para este caso los datos de las fechas en que se presenta mayor cantidad de llamadas no completadas, correspondiendo éstas a las fechas 5,8,13,14,15 y 22 de febrero.

El siguiente resumen muestra las causas que provocaron la baja completación en las llamadas.

Llamadas completadas	71.72%
Llamadas no completadas	28.28%

Causas asignables al comportamiento de abonados	%
Abonado ocupado	13.50
Abonado no contesta	11.50
Llamadas abandonadas	0.75
Marcación incorrecta	0.53
Causas asignables a condiciones de la red	%
Fallas de energía averías en la red	1.20
Congestión	0.80

Figura No. 12 Diagrama de Pareto



El diagrama evidencia un alto grado de no completación de llamadas debido a condiciones del comportamiento de los abonados, pero es importante señalar la parte que corresponde a la red, se puede observar que un 7% de las causas totales por las cuales no se completan las llamadas, corresponden a fallas debido a cortes de energía y a condiciones de la red.

Este 7% corresponde a un 2% del total de las llamadas que no se completan, por lo que es importante identificar todos aquellos lugares con problemas de energía y congestión, ya que con esto se podría aumentar la completación de llamadas a un 75% o más.

5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

5.1 Evaluación y análisis de los resultados obtenidos

Los datos en estudio corresponden al tráfico generado durante un mes y se puede observar que la red telefónica completa en promedio un 73% de los intentos de llamadas; el 27% restante no lo completa debido a condiciones de comportamiento por parte de los abonados y a problemas propios de la red.

Los puntos en los cuales el gráfico se sale de los límites de control correspondientes a las fechas 1,8,14,15 y 22 de febrero (fines de semana), esto se debe a que el interés de tráfico hacia destinos específicos aumenta y deja como consecuencia, que algunas rutas se congestionen, así también se puede mencionar el problema de cortes de energía que dejan fuera de servicio a varios lugares en los cuales no se cuenta con respaldo de energía.

Es importante que el análisis de los datos se haga mediante estas dos herramientas estadísticas, ya que el gráfico de control nos facilita detectar las variaciones y el diagrama de Pareto a detectar las causas de los problemas.

El crecimiento y modificaciones constantes en la red, hace necesario que este tipo de análisis se realice periódicamente para lograr estabilizar el desempeño , y en la medida de lo posible aumentarlo.

5.2 Identificación de los problemas encontrados

Del 27% de llamadas que no logran completarse, un 13% se debe a condiciones en las cuales los abonados están ocupados, un 11% a condiciones porque los abonados no contestan; éstos en su mayoría son abonados que prestan servicios, ya sea públicos o privados y el interés para comunicarse con ellos es muy alto.

El 3% restante de las causas está distribuído de la siguiente forma:

Un 2% se debe a problemas técnicos, que incluye la falta de energía comercial en algunos lugares del interior de la república, los cuales no cuentan con respaldo de energía, y a problemas de congestión.

Un 1% se debe a llamadas liberadas o abandonadas y que se encuentran en proceso, así también, a casos de marcación incorrecta, este comportamiento básicamente se debe a condiciones del comportamiento de los abonados.

Como se puede observar la mayor cantidad de llamadas que no se completan son a causa de las condiciones de los abonados, algo que no podemos controlar por completo, pero con las facilidades que algunas de las centrales telefónicas prestan actualmente, como lo son, el servicio de buzón de mensajes, servicio de llamada en espera y el servicio de desvío de llamadas, se podrían reducir significativamente los porcentajes para estas condiciones, pero es importante informar a los usuarios la forma de utilizarlo, así como sus ventajas y desventajas.

La modernización de la red por medio de la instalación de centrales digitales, ha minimizado significativamente los problemas en la conmutación de abonados, no obstante, aún nos encontramos con algunos problemas, tal es el caso de la congestión, la cual básicamente se debe a que algunas de las rutas carecen de la cantidad de circuitos necesarios para atender el volumen de tráfico; esto es factible de solucionar al hacer estudios por separado de cada central que conforma la red telefónica, para identificar aquellos lugares en los cuales es necesario redistribuir los circuitos, o llevar a cabo una ampliación.

5.3 Comparación de resultados antes y después de implementado el proyecto

El desempeño de la red es factible aumentarlo, sí se elimina el problema de congestión, para ésto es necesario realizar estudios particulares del comportamiento del tráfico en cada una de las rutas de las centrales telefónicas que conforma la red. De esta forma identificaríamos aquellos lugares en los cuales se presentan problemas de congestión, y la solución consistiría en redistribuir los circuitos de acuerdo a requerimientos específicos por cada ruta o central.

Al eliminar los problemas actuales de congestión se podría elevar el desempeño de la red de un 73% a un 75% o más, de igual manera se tendría que identificar aquellos lugares que presentan problemas constantes por falla de energía comercial y realizar las gestiones necesarias para instalar equipos de respaldo.

El procedimiento utilizado para la identificación de problemas en forma global, puede ser utilizado de igual manera para detectar problemas de manera puntual, aplicándolo por central.

Es importante señalar que con el método estadístico sugerido, se tendrá un control total de la variabilidad en el desempeño de la red y de cada una de las centrales que la conforma.

CONCLUSIONES

1. Actualmente la red telefónica completa un 73% del total de las llamadas, pudiéndose aumentar, al identificar aquellas causas técnicas, factibles de solución, como lo es la congestión y los problemas de energía.
2. Las causas que más provocan baja completación de llamadas en una red telefónica, son causas asignables a condiciones de los usuarios, abonado ocupado y abonado no contesta.
3. Un 25% de las causas de no completación se deben a comportamiento de los abonados y un 2% a condiciones de la red, eliminando las causas asignables a condiciones de la red es factible aumentar su desempeño a un 75% o más.
4. El monitoreo constante de la red nos ayuda a establecer parámetros de comportamiento, los cuales pueden ser parámetros individuales para cada central telefónica o en forma global.
5. El interés de los usuarios hacia la red telefónica durante los fines de semana disminuye en forma global, pero se concentra en áreas específicas.
6. Con la solución de todos aquellos problemas identificados en el análisis, es factible aumentar la completación de llamadas, pero se requiere que todas las partes involucradas trabajen en forma coordinada.

7. Las condiciones de abonado ocupado y abonado no contesta, en su mayoría, son causados por un alto interés de tráfico hacia números que prestan servicios públicos o privados.

RECOMENDACIONES

1. Es importante dedicar el tiempo necesario al análisis de los datos, ya que solo de esta forma podemos resolver los problemas que se presenten, y al dar una alternativa de solución óptima se evitará la reincidencia de los mismos.
2. Se debe documentar y establecer procedimientos para gestionar la solución de los problemas, al tomar en cuenta todas las áreas involucradas.
3. Informar a los usuarios las ventajas y desventajas de los servicios digitales, como lo son el buzón de mensajes y el de llamada en espera, tomar en cuenta que la campaña de información debe ser clara y sencilla, de tal manera que llegue a todos los segmentos de la población; de esta manera se podrían reducir los porcentajes de abonado ocupado y abonado no contesta, y lograr el objetivo principal de elevar el porcentaje de completación de llamadas.
4. Se debe gestionar la instalación de equipos de respaldo de energía donde existan problemas, ya que con esto se reduciría el porcentaje de fallas asignables a condiciones de la red.

5. Es importante identificar aquellos lugares en los cuales se encuentran abonados con alto interés de tráfico, para realizar estudios que ayuden a minimizar el impacto de la baja completación, por condiciones de abonado ocupado o abonado no contesta.
6. Los parámetros de completación para cada central deben ser evaluados individualmente, y en forma periódica para detectar posibles variaciones, debido a la frecuencia con que se dan cambios en la red.
7. Las redes de telecomunicaciones pueden fallar por numerosos defectos que deterioran su capacidad para funcionar satisfactoriamente, y el servicio de mantenimiento es la clave para conservar los equipos y sistemas en un estado que pueda cumplir con las funciones requeridas; es en este sentido en donde se debe aplicar las técnicas estadísticas para el mejoramiento de la calidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Calidad de servicio, gestión de la red e ingeniería de tráfico, recomendaciones UIT-T E.421,491,503,600 (normas). Unión Internacional de Telecomunicaciones, Ginebra 1992.
2. Inttelgua, Telefonía básica, 1998, s.l. s.e.
3. Inttelgua, Conmutación I,II, 1998, s.l. s.e.
4. Walpole Ronald E. y Myers Raymond H., Probabilidad y estadística, 4ª. ed. México, McGraw-Hill, 1993.

ANEXOS

Constantes para las gráficas de control

CONSTANTES PARA LAS GRAFICAS DE CONTROL

Número de observaciones n	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	B ₃	B ₄	c ₄	d ₂	d ₃	d ₄	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	E ₂
2	1.880	2.659				0.000	3.267	0.7979	1.128	0.853	0.954	0.000	3.267	0.000	3.865	2.660
3	1.023	1.954	1.187			0.000	2.568	0.8862	1.693	0.868	1.588	0.000	2.574	0.000	2.745	1.772
4	0.729	1.628				0.000	2.266	0.9213	2.059	0.880	1.978	0.000	2.282	0.000	2.375	1.457
5	0.577	1.427	0.691			0.000	2.089	0.9400	2.326	0.864	2.257	0.000	2.114	0.000	2.179	1.290
6	0.483	1.287				0.000	1.970	0.9615	2.534	0.848	2.472	0.000	2.004	0.000	2.055	1.184
7	0.419	1.182	0.509			0.118	1.882	0.9694	2.704	0.833	2.645	0.076	1.924	0.078	1.967	1.109
8	0.373	1.099				0.185	1.815	0.9650	2.847	0.820	2.791	0.136	1.864	0.139	1.901	1.054
9	0.337	1.032	0.412			0.239	1.761	0.9693	2.970	0.808	2.915	0.184	1.816	0.187	1.850	1.010
10	0.306	0.975				0.284	1.716	0.9727	3.078	0.797	3.024	0.223	1.777	0.227	1.809	0.975
11	0.285	0.927	0.350			0.321	1.679	0.9754	3.173	0.787	3.121	0.256	1.744			
12	0.266	0.886				0.354	1.646	0.9776	3.258	0.778	3.207	0.283	1.717			
13	0.249	0.850				0.382	1.618	0.9794	3.336	0.770	3.285	0.307	1.693			
14	0.235	0.817				0.406	1.594	0.9810	3.407	0.762	3.356	0.328	1.672			
15	0.223	0.789				0.428	1.572	0.9823	3.472	0.755	3.422	0.347	1.653			
16	0.212	0.763				0.448	1.552	0.9835	3.532	0.749	3.482	0.363	1.637			
17	0.203	0.739				0.466	1.534	0.9845	3.588	0.743	3.538	0.378	1.622			
18	0.194	0.718				0.482	1.518	0.9854	3.640	0.738	3.591	0.391	1.608			
19	0.187	0.698				0.497	1.503	0.9862	3.689	0.733	3.640	0.403	1.597			
20	0.180	0.680				0.510	1.490	0.9869	3.735	0.729	3.686	0.415	1.585			
21	0.173	0.663				0.523	1.477	0.9876	3.778	0.724	3.730	0.425	1.575			
22	0.167	0.647				0.534	1.466	0.9882	3.819	0.720	3.771	0.434	1.566			
23	0.162	0.633				0.545	1.455	0.9887	3.858	0.716	3.811	0.443	1.557			
24	0.157	0.619				0.555	1.445	0.9892	3.895	0.712	3.847	0.451	1.548			
25	0.153	0.606				0.565	1.435	0.9896	3.931	0.709	3.883	0.459	1.541			

$$1 + \frac{3}{\sqrt{2n}}$$

$$\frac{3}{\sqrt{n}} - \frac{3}{\sqrt{2n}}$$

Más de 25