AAN8044

TESIS
2000
D62
V.1

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

DESARROLLO Y SIMULACIÓN DE LOS PROCESOS CLAVE DE UN CENTRO DE SERVICIO TELEFÓNICO EN UNA EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES.

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: Veinte mención publicación

JURADO EXAMINADOR

FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:
NOMBRE: Manela Fermín	NOMBRE: GONZALO CAPRILES	NOMBRE: JORGE SEREBRISKY

REALIZADO POR	**DOCIMO C. Orlando G.** **VALERO P. Carlos E.**
PROFESOR GUIA	**Ing. Félix Arroyo**
FECHA	**05 – 06 – 2000**

Universidad Católica Andrés Bello
BIBLIOTECA

INDICE GENERAL

SINOPSIS V

INTRODUCCIÓN VII

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ACRÓNIMOS: IX

CAPÍTULO I - IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA 1

I.1 Conformación y Políticas 1
I.2 El Negocio de las Telecomunicaciones GSM 1
I.3 Operaciones de Digitel 2
I.4 Proyecciones 2
I.5 Estructura de la Organización 3

CAPÍTULO II - DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y ALCANCES. 4

II.1 Situación Actual 4
II.2 Definición del Problema 5
II.3 Objetivos del Estudio 6
II.3.1 Objetivo General *6*
II.3.2 Objetivos Específicos: *6*
II.4 Justificación del Estudio 7
II.4 Análisis DAFO Para un Estudio Basado en Simulación 8
II.6 Alcance del Estudio 8
II.7 Limitaciones 9

CAPÍTULO III - MARCO TEÓRICO 10

III.1 Procesos 10
III.1.1 Definición *10*
III.1.2 Enfoque para los procesos *10*
III.1.3 Notación de Procesos en Digitel *12*
III.1.4 Estudio de los procesos *12*
III.2 Simulación 13
III.2.1 Definición *13*
III.2.2 Conceptos Básicos *13*
III.2.3 Tipos de Simulación *15*
III.2.4 Pasado, Presente y Futuro de la Simulación Computarizada *17*
III.3 Atención al cliente 19
III.3.1 El cliente *19*
III.3.2 Manejo de Quejas *19*
III.4 Centro de Servicio Telefónico 20
III.5 Antecedentes del Estudio 21

CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA 22

IV.1 Identificación de las Necesidades 22
IV.2 Identificación de las Fuentes 23
IV.3 Recolección de datos 25
IV.4 Tratamiento y Análisis de los Datos 27

IV.5 Definición de las Variables de Estudio 37
IV.6 Diseño del Modelo 39
IV.7 Codificación del Modelo 41
IV.8 Verificación y Validación. 41
IV.8.1 Verificación *42*
IV.8.2 Validación *42*
IV.9 Determinación del Número de Réplicas 43

CAPÍTULO V. DETERMINACIÓN Y DESARROLLO DE LOS PROCESOS CLAVE 44

V.1 Identificación de los Procesos Clave. 44
V.2 Ubicación de los Procesos Clave Dentro de los Procesos Medulares de Digitel 45

CAPÍTULO VI. SIMULACIÓN DEL MODELO 47

VI.1 Consideraciones Generales 47
VI.1.1Consideraciones sobre la llegada *47*
VI.1.2 Consideraciones Relativas al Descanso de los Operadores *47*
VI.2 Validación del Modelo. 48
VI.2.1 Análisis de Diferencias en la Validación *49*
VI.3 Experimentación 49
VI.3.1 Casos analizados en este estudio *49*
VI.4 Determinación del Número de Réplicas de la Corrida por Caso 51
VI.5 Resultados Obtenidos 54
VI.6 Consideraciones de Costos 61
VI.7 Consideraciones sobre las asignaciones de los operadores del CST 63

CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 66

VII.1 Conclusiones 66
VII.1 Recomendaciones 68

BIBLIOGRAFÍA 70

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 MATRIZ DAFO PARA UN ESTUDIO BASADO EN SIMULACIÓN. 8

FIGURA 4.1. PROMEDIOS DE LAS LLEGADAS DE LLAMADAS SEGÚN EL DÍA DE LA SEMANA. 29

FIGURA4.2. PROMEDIOS DE LAS LLEGADAS DE LLAMADAS SEGÚN PARA DÍA DE LA SEMANA Y PARA DÍAS DOMINGO 30

FIGURA 4.3. FUNCIÓN λ(T) PARA LOS DÍAS DE ALTO TRÁFICO. 31

FIGURA 4.4. FUNCIÓN λ(T) PARA EL DÍA DE BAJO TRÁFICO. 31

FIGURA 5.1. PROCESO DE ATENCIÓN AL CLIENTE PARA BRINDAR INFORMACIÓN 45

FIGURA 5.2. PROCESO DE ATENCIÓN AL CLIENTE PARA BRINDAR INFORMACIÓN A TRAVÉS DEL IVR 46

FIGURA 6.1. RESULTADOS PARA EL TIEMPO PROMEDIO EN COLA CSR EN TODOS LOS CASOS. .. 55

FIGURA 6.2. RESULTADOS OBTENIDOS PARA TODOS LOS CASOS DE LA VARIABLE NIVEL DE SERVICIO. 56

FIGURA 6.3. RESULTADOS PARA EL NÚMERO DE LLAMADAS EN COLA CSR EN TODOS LOS CASOS. 57

FIGURA 6.4. RESULTADOS PARA EL NÚMERO DE QUE RECIBEN TONO DE OCUPADO AL TRATAR DE INGRESAR AL SISTEMA (BALKED) PARA EL ENTORNO FUTURO 58

FIGURA 6.5. RESULTADOS PARA EL PORCENTAJE DE LLAMADAS EN ESPERA POR MÁS DE NOVENTA SEGUNDOS 58

FIGURA 6.6. RESULTADOS PARA EL PROMEDIO DE LLAMADAS EN COLA CSR EN TODOS LOS CASOS. 59

FIGURA 6.7. RESULTADOS PARA EL PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN DE LOS CSRS EN TODOS LOS CASOS. 60

FIGURA 6.8. RESULTADOS PARA EL PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN DE LOS CSRS EN TODOS LOS CASOS. 61

FIGURA 6.9. DIAGRAMA EXPLICATIVO DE EL ANÁLISIS HECHO PARA LAS CONSIDERACIONES DE COSTO. 62

FIGURA 6.10. FLUJOS DE CAJA CORRESPONDIENTES A AMBAS ALTERNATIVAS. 63

INDICE DE TABLAS

TABLA 4.1. VALORES CORRESPONDIENTES AL ESTUDIO DE PARETO. 32

TABLA 4.2. VALORES DE LOS PORCENTAJES DE LLAMADAS QUE PUEDEN SER MANEJADAS SIN INTERVENCIÓN DE CSR. 35

TABLA 4.3 VALORES DE LA DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD ASOCIADAS A LOS TIEMPOS DE SERVICIO. 35

TABLA 4.4 EXPRESIONES PARA LAS REGRESIONES REALIZADAS Y VALORES PRONOSTICADOS RESPECTIVOS. 36

TABLA 6.1 COMPARACIÓN ENTRE LOS RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN Y EL SISTEMA REAL. . 48

TABLA 6.2. CASOS DE ESTUDIO DEL MODELO DE SIMULACIÓN 50

TABLA 6.3. VALORES CORRESPONDIENTES A LA VARIABLE "VALOR PROMEDIO DEL TIEMPO EN COLA " EN EL PROCESO ITERATIVO DEL CÁLCULO DEL NÚMERO DE RÉPLICAS EN LA CORRIDA DE LA SIMULACIÓN, CASO 1. 51

TABLA 6.4. VALORES CORRESPONDIENTES A LA VARIABLE "VALOR PROMEDIO DEL TIEMPO EN COLA " EN EL PROCESO ITERATIVO DEL CÁLCULO DEL NÚMERO DE RÉPLICAS EN LA CORRIDA DE LA SIMULACIÓN, CASO 2. 52

TABLA 6.5. VALORES CORRESPONDIENTES A LA VARIABLE "VALOR PROMEDIO DEL TIEMPO EN COLA " EN EL PROCESO ITERATIVO DEL CÁLCULO DEL NÚMERO DE RÉPLICAS EN LA CORRIDA DE LA SIMULACIÓN, CASO 3 52

TABLA 6.6. VALORES CORRESPONDIENTES A LA VARIABLE "VALOR PROMEDIO DEL TIEMPO EN COLA " EN EL PROCESO ITERATIVO DEL CÁLCULO DEL NÚMERO DE RÉPLICAS EN LA CORRIDA DE LA SIMULACIÓN, CASO 4 52

TABLA 6.7. VALORES CORRESPONDIENTES A LA VARIABLE "UMBRAL SUPERIOR" EN EL PROCESO ITERATIVO DEL CÁLCULO DEL NÚMERO DE RÉPLICAS EN LA CORRIDA DE LA SIMULACIÓN, CASO 5 53

TABLA 6.8. VALORES CORRESPONDIENTES A LA VARIABLE "BALKED " EN EL PROCESO ITERATIVO DEL CÁLCULO DEL NÚMERO DE RÉPLICAS EN LA CORRIDA DE LA SIMULACIÓN, CASO 6 53

TABLA 6.9. VALORES CORRESPONDIENTES A LA VARIABLE "BALKED " EN EL PROCESO ITERATIVO DEL CÁLCULO DEL NÚMERO DE RÉPLICAS EN LA CORRIDA DE LA SIMULACIÓN, CASO 7 54

TABLA 6.10. VALORES CORRESPONDIENTES A LA VARIABLE "NUMCOLA " EN EL PROCESO ITERATIVO DEL CÁLCULO DEL NÚMERO DE RÉPLICAS EN LA CORRIDA DE LA SIMULACIÓN, CASO 8. 54

TABLA 6.11. RESULTADOS PARA LA SIMULACIÓN CON LA ASIGNACIÓN ACTUAL DE CSR 65

TABLA 6.12. RESULTADOS PARA LA SIMULACIÓN CON LA ASIGNACIÓN PROPUESTA DE CSR . 65

TABLA 6.13. INTERVALOS DE CONFIANZA PARA LA DIFERENCIA. 65

Sinopsis

Basados en el dinamismo que representan actualmente los negocios de telecomunicaciones y en la importancia estratégica de la Gestión de Atención al Cliente, así como en particular el buen desempeño de un Centro de Servicio Telefónico, se hace necesario crear herramientas que soporten la toma de decisiones con miras a un desarrollo planificado.

En este contexto los estudios de simulación han probado ser una herramienta poderosa para el estudio exhaustivo de los sistemas complejos como es el caso de los Centros de Servicio Telefónico. Esta metodología es popular mundialmente en el ámbito de la Ingeniería Industrial debido a la gran cantidad de información que pueden generar sobre los sistemas en estudio.

Por los motivos expuestos anteriormente se ha querido desarrollar el presente Trabajo Especial de Grado titulado "DESARROLLO Y SIMULACIÓN DE LOS PROCESOS CLAVE DE UN CENTRO DE SERVICIO TELEFÓNICO EN UNA EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES".

El trabajo tiene como finalidad desarrollar un modelo de simulación capaz de generar información útil relacionada con el desempeño del Centro de Servicio Telefónico de la Corporación Digitel, bajo distintas configuraciones y niveles de demanda. En particular se requiere evaluar el impacto de una modificación propuesta por la gerencia de Servicios al Cliente, haciendo un estudio comparativo de los niveles de desempeño.

Para cumplir con los objetivos formulados fue necesario construir dos modelos, uno representativo de la configuración actual y el otro de la configuración propuesta y luego someterlos a distintos niveles de demanda relacionados, con un escenario actual y un escenario futuro.

Debido a la característica de variación en el tiempo de las llegadas de llamadas al sistema, se asumió como un proceso tipo *Poisson no estacionario* para simular dicho fenómeno.

Los resultados obtenidos muestran que actualmente el sistema tiene capacidad suficiente para manejar los niveles de demanda actual garantizando altos niveles de desempeño. Sin embargo, bajo los escenarios futuros pronosticados en el estudio, disminuye significativamente su rendimiento. Por otro lado, al someter el sistema representativo de la configuración propuesta al escenario futuro se observa que éste es capaz de mantener los niveles de desempeño en valores aceptables.

El estudio también permitió evaluar una posible reasignación de los operadores en los turnos del Centro de Servicio Telefónico, resultando en una alternativa que genera un mayor rendimiento.

Al hacer consideraciones económicas, entre las alternativas existentes para manejar la demanda futura, se observó, que realizar la inversión en la reconfiguración de los sistemas del Centro de servicio Telefónico es económicamente ventajoso

Este estudio representa una muestra del potencial de la simulación como herramienta de evaluación de alternativas sobre sistemas complejos.

Introducción

Los Centros de Servicio Telefónico (CST) se han convertido en puntos estratégicos para las empresas de servicio ya que en ellos se generan intercambios de información, que facilitan la satisfacción del cliente. Más aún, en el campo de las telecomunicaciones, esta área tiene sobrada relevancia, debido a que en este tipo de negocios con crecimientos acelerados es de vital importancia que se le preste especial atención al desarrollo planificado de los CST. Para tal fin se ha identificado como herramienta ideal para el presente estudio, la simulación computarizada, ya que es posible el análisis exhaustivo de sistemas complejos, como es el caso estudiado.

En particular, se pretende evaluar el impacto de una reconfiguración del CST de la empresa Digitel, y cuál será el efecto de las demandas futuras sobre éste. También es de interés, evaluar la actual asignación de operadores y la determinación del comportamiento de la demanda.

En el Capítulo I del presente trabajo, se pretende ambientar brevemente al lector en las realidades de la empresa, para así generar un entendimiento global de las interacciones del CST como área estratégica de la empresa.

Luego, en el Capítulo II, se presenta el problema en estudio, así como los objetivos que persigue y las premisas en las que se sustenta todo el análisis. En este capítulo se presentan también las características particulares del CST de la empresa DIGITEL.

El Capítulo III sirve como referencia teórica para todo el trabajo, en este se trataron las teorías relativas a simulación, procesos y otros conceptos y definiciones usados en la presente obra.

La metodología utilizada para la resolución del problema es detalladamente discutida en el Capítulo IV, donde se diserta sobre las necesidades de información, tratamiento de datos,

pasos seguidos para la simulación entre otros tópicos de relevante importancia para el cumplimiento de los objetivos.

En el Capítulo V, se argumenta sobre la determinación de los procesos clave y su documentación, estos procesos son determinados con el fin de limitar el estudio de simulación sin perder la esencia de las funciones que realiza el CST. Como único parámetro de disertación en esta clasificación se toma la frecuencia de ocurrencia de este tipo de procesos.

Finalmente en el Capítulo VI se reseñan todos los aspectos relacionados con la simulación del modelo, desde las consideraciones generales, pasando por la verificación y validación del modelo hasta las figuras que reflejan los resultados obtenidos de las distintas corridas.

Al poder simular el modelo se logró una comprensión global del sistema. Se observaron factores de gran importancia como distribución de la demanda en el día, utilización de los recursos, niveles de servicio y muchos otros que sirven como herramienta en el proceso de toma de decisiones relativas al desarrollo del CST. Además se discuten algunas consideraciones de costos y de asignación de operadores.

Entre otras cosas se puede reseñar que los tiempos de cola, bajo la demanda pronosticada para el mes Septiembre del año 2000, son mucho menores para el sistema reconfigurado, que para el sistema actual; los niveles de servicio también difieren considerablemente.

Otro aspecto observado en las simulaciones respectivas es referente al hecho que actualmente el CST esta operando muy eficientemente debido a la relación entre la demanda y el número de operadores, pero a mediano plazo la demanda se incrementará causando graves problemas operativos al sistema.

Glosario de Términos y Acrónimos:

Análisis DAFO: Estudio de las Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades de un tema en estudio.

Rechazadas <Balked>: Término utilizado para referirse al hecho de que una entidad trate de entrar a un sistema y sea rechazada por este debido a que este se encuentra totalmente ocupado. En este trabajo, se refiere al nombre de una variable que cuenta el número de entidades rechazadas por el sistema.

CAD <Computer Aided Design>: Diseño Asistido por Computadora

Calidad en la Atención al Cliente: Según la FCC se establecen ciertos parámetros de calidad en la atención al cliente para un Centro de Servicio Telefónico. Cuando un cliente es atendido antes de 20 segundos de espera se considera que se está dentro de un parámetro importante de calidad que se denomina umbral de respuesta. También se establece un umbral de abandono de 90 segundos, lo que indica que el tiempo máximo "normal " de espera en línea es de 90 segundos.

Centro de Servicio Telefónico <Call Center> (CST) : Ambiente diseñado para procesar llamadas telefónicas y maximizar la satisfacción del cliente a través de la eficiencia.

Central Telefónica PABX <Private Automatic Branch Exchange>: Central telefónica que permite distribuir llamadas entrantes según una lógica programada.

Operadores <Customer Service Representative> (CSR): Ejecutivo de Atención al Cliente, también conocidos como operadores o agentes. Son los encargados de canalizar los requerimientos de los clientes.

Economía de Movimientos: Término de Ingeniería Industrial que se refiere al estudio de tiempos y movimientos. Existen ciertos principios de economía de movimientos que, al cumplirse en un sistema, se disminuye el tiempo de trabajo.

IVR <Interactive Voice Response>: Dispositivo que funciona como una máquina contestadora y permite a los usuarios interactuar con el sistema de una forma amigable.

Llamadas Perdidas: Cuando un suscriptor no atiende una llamada se registra como llamada perdida

Llamadas Ofrecidas: Son las llamadas que se registran en la central telefónica.

Poisson, proceso tipo: Proceso en el cual la ocurrencia de eventos son independientes y suceden en instantes de tiempo distintos.

Poisson no Estacionario, proceso tipo *<Nonhomogeneous Poisson Process>* (NHPP): Un proceso tipo *Poisson no Estacionario* es una generalización de un proceso de *Poisson* ordinario en el cual, los eventos ocurren a una tasa de λ eventos por unidad de tiempo, y a su vez esta tasa varía a través del período de tiempo en estudio.

Roaming: Se entiende por *Roaming* el hecho de poder acceder a una red distinta a la de la operadora con la cual se tiene suscrito el servicio.

SMS <Short Messaging>: Producto que ofrece la telefonía GSM basado en el envío de mensajes cortos de texto (hasta 160 caracteres) de un teléfono a otro.

Thinning <Depurado>: Técnica de depurado de datos de entrada a los modelos de simulación en la que se filtran estadísticamente (a través de probabilidades) los valores a utilizar dentro del modelo.

CAPÍTULO I - Identificación de la empresa

I.1 Conformación y Políticas

Corporación Digitel, C.A. es una empresa nacional que cuenta con el respaldo de empresas nacionales e internacionales como lo son: Swisscom Compañía Telefónica de Suiza, la cual ofrece apoyo operativo, tecnológico, además del manejo del tráfico internacional. Norconsult Telematics, compañía de Noruega, consultora en telecomunicaciones, proporciona asistencia técnica en el desarrollo de la red GSM. Citicorp, brinda el apoyo financiero en conjunto con el Banco Santander Central Hispano. Nokia y Siemens, ofrecen suministros de infraestructura de redes, equipos y paquetes. Venconsul, ofrece apoyo en la gerencia de los proyectos.

Digitel obtuvo un contrato de multiconcesión para instalar y operar comercialmente servicios de Telecomunicaciones en la región Central del país, lo que le permitirá ofrecer servicios de telefonía básica y móvil, entre otros servicios del área de las Telecomunicaciones, como por ejemplo: redes privadas, telemedicina, radio mensajes personales, etc. Prestará servicios de telefonía inalámbrica básica, pública y móvil a través de un estándar europeo llamado GSM (Sistema Global Móvil). La Corporación comenzó operaciones en Venezuela cubriendo los servicios de telefonía básica rural en los estados: Aragua, Carabobo, Cojedes, Falcón, Guárico, Miranda, Yaracuy, Vargas y Distrito Federal.

I.2 El Negocio de las Telecomunicaciones GSM

La evolución del sistema de telecomunicaciones basado en tecnología GSM es interesante debido a que se aprecia que a lo largo de su desarrollo se procedió de una forma organizada, donde las distintas empresas operadoras, empresas proveedoras, organizaciones internacionales de telecomunicaciones y organismos reguladores interactuaron de manera eficiente para crear una plataforma de tecnología de nivel mundial. En el Apéndice I se hace una reseña de la historia de GSM.

I.3 Operaciones de Digitel

En Noviembre de 1998 Digitel comenzó, en Venezuela, a prestar servicio (gratuito) de teléfonos públicos rurales, manteniendo esta práctica hasta Julio de 1999, cuando se inició la comercialización de tarjetas prepago de dichos teléfonos. En octubre de 1999, Digitel sale al mercado de la telefonía móvil personal, con un sistema de facturación en segundos que rápidamente definió su perfil.

El mercado se presenta ampliamente definido, la tasa mundial de crecimiento registrada de suscriptores móviles es de 49 % anual. En América Latina se tiene hoy día más de 21 millones de suscriptores móviles (Fuente: SYSTRA[1]).

Los sistemas utilizados para las interfaces entre los componentes de la red, por ser de ingeniería abierta, le dan capacidad de crecimiento a su red y permiten que diversos equipos de varias empresas manufactureras coexistan (Siemens, Nokia, Ericsson), mejorando de esta forma la efectividad de los costos.

La oferta de servicios novedosos y diferenciadores, haciendo énfasis en crear y mantener una cultura de alta Calidad en la Atención al Cliente, la buena calidad de voz, la compatibilidad con otras especificaciones de transmisión de datos, la garantía de confidencialidad y seguridad de los suscriptores, entre otros requerimientos, han sido establecidos como políticas para el desarrollo de las redes Digitel, una serie de ventajas comparativas ante sus competidores.

I.4 Proyecciones

Las expectativas de crecimiento mundial de la red de GSM para finales del año 2002 da una idea de las posibilidades de expansión que presenta el negocio de las telecomunicaciones. Para ese entonces, se tiene previsto contar con más 300 millones de suscriptores, más de 380

[1] SYSTRA (System Training) es la designación para el manual de entrenamiento sobre el Sistema GSM de Nokia.

redes en el aire y se prevé que para finales del año 2003 se tendrán más de 600 millones de suscriptores.

El futuro de GSM está relacionado con la interacción con la Tercera Generación de telefonía móvil denominada UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) la cual ha sido escogida, a nivel mundial, para ser adoptada por todas las empresas ofertantes de servicios de telecomunicaciones.

I.5 Estructura de la Organización

La Corporación Digitel presenta una estructura organizacional representada por una junta directiva, un C.E.O y diez vicepresidencias, cada una de las cuales se relaciona con un área específica dentro de las actividades realizadas por la empresa. Las áreas funcionales específicas que se vieron involucradas en este estudio pertenecen esencialmente a las Vicepresidencias de Operaciones Comerciales, Desarrollo del Negocio y Procesos y Calidad.

Específicamente, el Centro de Servicio Telefónico pertenece a la Gerencia de Servicios al Cliente, adscrita a la vicepresidencia de Operaciones Comerciales. Para el Centro de Servicio Telefónico existe un Gerente y tres supervisores los que manejan totalmente la gestión de Atención al Cliente dentro de la mencionada área. Por ser un área crítica para el desarrollo y posicionamiento de la empresa en el mercado, se ha brindado especial atención al Centro de Servicio Telefónico.

El organigrama general de la Corporación donde se observan los integrantes de esta estructura a nivel de vicepresidencias se muestra en el Anexo 1.

CAPÍTULO II - Definición del problema y alcances.

II.1 Situación Actual

Para tener una comprensión general de los requerimientos del estudio, es necesario conocer la situación y la configuración actual de los sistemas y las personas del Centro de Servicio Telefónico (CST) de Digitel.

El manejo del CST de Digitel está a cargo de la Gerencia de Servicios al Cliente, la cual es parte de la Vicepresidencia de Operaciones Comerciales. Este CST ha desempeñado sus funciones desde que la empresa salió al aire en Septiembre de 1999.

La infraestructura de las redes, la central telefónica, y el resto de los equipos componentes han sido adquiridos con múltiples proveedores. Uno de los proveedores que interesa más en el presente estudio es, Nortel Networks, que es el suplidor del servidor "Symposium". Este servidor es el que tiene la función de administrar la lógica del tratamiento de las llamadas. Estas llamadas llegan a la Central Telefónica y allí son "capturadas" por la secuencia lógica programada en el servidor.

Otro de los equipos que es de importancia relevante en el presente estudio es el Interactive Voice Response (IVR). Este dispositivo es esencialmente una "máquina contestadora" capaz de interactuar con los usuarios a través de la selección de alternativas por marcado de tonos. La capacidad actual del IVR es de 30 puertos, es decir, el dispositivo puede procesar hasta treinta llamadas al mismo tiempo.

Actualmente, el Centro de Servicio Telefónico de Digitel cuenta con una capacidad instalada de 32 puestos para Operadores de Atención al Cliente o CSR (Customer Service Representative). Adicionalmente a la capacidad instalada para Operadores, el Centro cuenta con una Central Telefónica (PABX "Meridian 1") con capacidad para procesar simultáneamente hasta 90 llamadas.

La configuración actual de los sistemas hace que el proceso se realice de la forma que se explica a continuación (Ver Anexos 2 y 3: Configuración Física del Sistema Actual y Flujograma Correspondiente a la Configuración Actual). Las llamadas entran a la Central Telefónica, la que, a través de una red interna consulta al Servidor qué hacer con la llamada. El Servidor, según lo programado, toma la decisión y anuncia a la Central Telefónica para pasar la llamada a algún Operador que esté libre. Si todos los Operadores se encuentran en ese instante ocupados, la Central consultará nuevamente al Servidor y este obligará a que la llamada sea transferida al IVR donde a través de un dispositivo interactivo el cliente escucha mensajes corporativos.

Una de las situaciones que se ha presentado es la posibilidad de evaluar ciertas alternativas para modificar la disposición de los sistemas asociados al proceso. Una de estas alternativas es la de anteponer el dispositivo IVR a los operadores para que reciba inicialmente las llamadas antes de que estas pasen a algún operador.(Ver Anexos 4 y 5: Configuración Física del Sistema Propuesto y Flujograma Correspondiente a la Configuración Propuesta). La razón es muy sencilla, se quiere evitar que alguna persona "ocupe" a algún operador sin necesidad, al hacer un requerimiento que pueda ser realizado "en línea" a través del IVR.

II.2 Definición del Problema

El CST cuenta entre sus funciones las siguientes:

- Brindar información a sus suscriptores sobre servicios, tarifas, productos, áreas de cobertura, etc.
- Procesar y/o enrutar, a las distintas áreas resolutorias, reclamos y solicitudes referentes tanto a servicios como a facturación.

La corporación Digitel, en concordancia con su estilo de planificación de proyectos se encuentra en la necesidad de conocer el comportamiento de su Centro de Servicio Telefónico ante la creciente demanda esperada, con el fin de justificar posibles inversiones en

modificaciones y mejoras. Se plantea el uso de la simulación para llevar a cabo un estudio que permita evaluar ciertas alternativas.

II.3 Objetivos del Estudio

A continuación se presentan los objetivos General y Específicos de este estudio de simulación.

II.3.1 Objetivo General

Desarrollar y simular los procesos clave del Centro de Servicio Telefónico (CST) de una empresa de telecomunicaciones.

II.3.2 Objetivos Específicos:

- Evaluar el impacto del incremento de la demanda en un escenario futuro factible tanto en la configuración actual como en la configuración propuesta.
- Realizar un estudio de la asignación de los turnos de los operadores en el CST.
- Realizar una evaluación económica comparativa entre las configuraciones del CST.
- Identificar, documentar y analizar los procesos claves de atención al cliente en el CST.
- Definir las variables de estudio a medir dentro de los procesos para ser incluidas dentro del modelo de simulación.
- Definir el paquete adecuado a utilizar para realizar el estudio de simulación.

II.4 Justificación del Estudio

Motivados en el interés manifestado por la Dirección de Procesos y Calidad de la Corporación Digitel, de mantener excelentes niveles de calidad de servicio, se tomó la decisión de realizar un estudio que permitiera evaluar el desempeño actual y futuro del CST.

Entre los tópicos de interés para la Corporación Digitel, se encuentran:

- Impacto de demandas futuras sobre el rendimiento del CST
- Niveles de utilización de recursos disponibles actualmente
- Impacto de las modificaciones propuestas por la Gerencia de Servicios al Cliente en el desempeño del CST.

La simulación de los procesos permitirá examinar la utilización de los recursos, las colas, y los tiempos de espera, entre otros indicadores, sirviendo así de base para la planificación futura de nuevas instalaciones.

La ventaja principal de la utilización de este tipo de herramienta radica en el hecho de poder evaluar propuestas de proyectos de mejoras sin necesidad de incurrir en los costos asociados a éstos. Esta ventaja implica una mejora en la calidad en la atención al cliente debido a que la experimentación, pasa a ser parte de una etapa previa a la implementación y ésta se hará en un ambiente de " laboratorio" que se aproxima suficientemente a la realidad para la toma de decisiones[2]; al respecto los autores Mehotra, Profozich y Bapat mencionan en su artículo "Simulation: The Best Way To design Your Call Center" de la revista Telemarketing & Call Center Solutions: "La introducción de simuladores de Centros de Servicio Telefónico, le da a la gerencia herramientas que permiten evaluar la implementación de nuevas ideas en un ambiente de laboratorio...esta capacidad involucra también minimizar el riesgo asociado a la implantación de nuevas tecnologías asociadas a la evolución" (Mehotra, Profozich y Bapat. *Telemarketing & Call Center Solutions.* Noviembre 1997, p. 2)

[2] Para experimentar con la configuración de un CST es necesario estar seguro que los afectados (los suscriptores) no van a sufrir las consecuencias.

II.4 Análisis DAFO Para un Estudio Basado en Simulación

Debilidades	*Amenazas*
✖ Requiere adiestramiento especial. ✖ Requiere de una cantidad de tiempo considerable. ✖ Los paquetes de simulación son costosos. ✖ Puede ser usada inapropiadamente cuando existe una solución analítica más económica y en menos tiempo. ✖ En Venezuela son muy poco populares por lo tanto es difícil conseguir apoyo para realizarlo.	✖ Los resultados de la simulación pueden ser difíciles de entender, debido a la aleatoriedad de sus variables. ✖ Si no se tiene el tiempo o los recursos necesarios es posible generar una simulación que no represente fielmente el sistema real ✖ La bondad del análisis dependerá de la fidelidad de los datos de entrada. ✖ No aporta ningún beneficio si el modelo no es una válida representación de la realidad
Fortalezas	*Oportunidades*
✓ Permite el análisis de cambios importantes en los sistemas, sin incurrir en costos significativos. ✓ Permite observar el funcionamiento de los sistemas a distintas velocidades con el fin de investigarlos exhaustivamente. ✓ Diagnosticar problemas, al permitir un mejor entendimiento de las interacciones entre las variables en los sistemas complejos. ✓ Permite generar y controlar distintas condiciones experimentales. ✓ Los paquetes actuales permiten la interacción con otros tipos de paquete incrementando sus potencialidades. ✓ Puede servir para innumerables análisis sobre el mismo sistema cambiando distintas variables. ✓ Sirve para experimentar sobre períodos largos de tiempos en sólo una minúscula fracción del tiempo simulado.	✓ A través del modelaje del sistema real, generalmente se obtiene un mejor entendimiento del mismo. ✓ Se pueden generar conclusiones en casos comparativos entre dos o más opciones dando así oportunidades de mejora. ✓ Permite entender el ¿Por qué? de ciertos hechos reconstruyendo la escena. ✓ Permite anticipar problemas al generar pronósticos de comportamiento del sistema. ✓ La característica gráfica de la animación representa un factor determinante al momento de demostrar soluciones.

Figura 2.1 Matriz DAFO para un estudio basado en simulación. Elaboración propia sobre la base de la bibliografía consultada para el estudio.

II.6 Alcance del Estudio

El alcance de este trabajo se enfoca en la simulación de los procesos clave del Centro de Servicio Telefónico de la empresa Digitel, entendiéndose por procesos claves, a aquellos que por su frecuencia, son los más influyentes y determinantes para el rendimiento del CST. Es importante hacer notar que los resultados que se obtengan van a depender directamente de la

veracidad de la información obtenida de la empresa y del apoyo recibido por parte de la alta gerencia de la Corporación Digitel, C.A.

También es importante resaltar que los modelos de simulación son "Descriptivos" y no "Prescriptivos". Ellos dicen cómo trabaja un sistema bajo ciertas condiciones dadas y no cuál es la mejor manera de disponer las condiciones para hacer que el desempeño del sistema sea el mejor. Es decir, la simulación no optimiza, únicamente describe[3].

II.7 Limitaciones

El estudio de simulación propuesto en este trabajo no contiene métodos o procedimientos inherentes a los micro movimientos referentes a los procedimientos de los operadores del CST. Por lo tanto el estudio no conllevará a una reducción de tiempos por Economía de Movimientos, sino por configuración de los sistemas.

En este estudio no se considera los abandonos de llamadas una vez que han entrado al sistema. Por lo tanto no es de extrañar que algunas llamadas permanezcan en el modelo por mucho tiempo sin abandonar.

Los tiempos de servicio estudiados incluyen el tiempo utilizado por los Operadores para la consulta tanto en los Manuales de Operación como con los Supervisores.

No se consideran las llamadas que, después de ser atendidas por el IVR, deban ser enrutadas nuevamente hacia algún operador. Esto sucede esporádicamente cuando algún suscriptor considera que no ha obtenido suficiente información a través de este dispositivo y desea comunicarse con un operador.

El estudio no considera el funcionamiento electrónico de la red, por tanto las transferencias de llamadas y datos se consideran instantáneas.

[3] No optimiza tal y como pudiese hacerlo un modelo de programación lineal, sin embargo, permite comparar entre varias alternativas pudiéndose así hallar la mejor entre éstas.

CAPÍTULO III - Marco teórico

III.1 Procesos

III.1.1 Definición

En su libro *Cómo Controlar sus Gastos Generales* Rupert Booth define: "Un proceso representa la visión a alto nivel de cómo satisfacer las demandas de los clientes....desde un punto de vista simplificado, un proceso es un conjunto de actividades coordinadas para satisfacer las necesidades o exigencias de los clientes, tanto internos como externos de la empresa....un proceso consta de un número de actividades integrantes que requieren de control además de coordinación..." (Booth, 1994, p. 66) de modo que, siguiendo este orden de ideas, se pueden además identificar algunas de los propósitos que se quieren alcanzar cuando se definen procesos en las empresas:

- Implantar medios de seguimiento para identificar el estado y situación del desarrollo del trabajo.
- Desarrollar parámetros de estimación para reunir información sobre los recursos consumidos en el trabajo.
- Definir puntos de comparación para confrontar el trabajo real y el trabajo programado y para poner de relieve los atrasos e identificar sus causas.

Por otro lado las actividades que son las componentes de los procesos, representan, en detalle, lo que se hace realmente en la empresa para cumplir con las exigencias de los clientes. Para el diseño, documentación, estudio y análisis de los procesos en Digitel se adopta un enfoque particular que se menciona a continuación.

III.1.2 Enfoque para los procesos

Los procesos en las organizaciones modernas están desarrollados según las áreas de atención del negocio, así se pueden ver a las actividades de las organizaciones y corporaciones divididas en "Procesos Medulares del Negocio". Los procesos medulares de una

organización suelen ser procesos donde se definen los lineamientos a seguir para el cumplimiento de las funciones y objetivos de la organización.

"La identificación de los procesos medulares de una organización es el primer paso para una eficiente gestión de procesos...los procesos medulares de una organización se ven identificados cuando hay que satisfacer alguna exigencia bien sea externa o interna." (Booth R.1994, p.67)

Para la Corporación Digitel, se han definido cuatro procesos medulares dentro de los cuales se abarca toda la gestión de la empresa.

Los cuatro procesos medulares de la Corporación Digitel son los siguientes:

1. Proceso de Manejo de Clientes
2. Proceso de Administración de la Red
3. Proceso de Manejo del Producto
4. Proceso de Soporte del Negocio

Cada uno de estos cuatro procesos se subdivide en cierto número de actividades que son parte del desarrollo específico de cada proceso.

III.1.2.1 Actividades y Subprocesos

Una actividad o sub-proceso está relacionada más directamente con el componente del proceso que denota, es decir, es lo que hace realmente la organización para cumplir con las demandas y necesidades establecidas por los clientes. En realidad la distinción entre proceso y actividad es muy sutil dado que un proceso puede ser considerado como actividad al verlo desde un punto de vista más amplio. Todas las actividades pertenecientes a un proceso pueden ser clasificadas dentro de un conjunto de operaciones básicas. Estas operaciones básicas podemos dividirlas en: Operación, inspección, transporte, demora y almacenamiento.

III.1.3 Notación de Procesos en Digitel

La notación utilizada actualmente por el área de Procesos y Calidad es una distinta a la utilizada universalmente, sin embargo también es aceptada como válida. En esta notación simplemente se identifican las actividades, conectores, decisiones y fin del proceso; cada uno con una forma determinada. La simbología utilizada se muestra en el apéndice II.

III.1.4 Estudio de los procesos

Ya se ha visto que los procesos son un medio para alcanzar los objetivos y metas de toda organización. Todo proceso se descompone en una serie de actividades o procedimientos, y éstos a su vez en métodos, así existe una secuencia lógica y orgánica entre ellos. Para el estudio de los procesos deben entenderse el conjunto de procedimientos y métodos utilizados para la realización de éste y además comprender la influencia que puedan tener para el logro de los fines y objetivos de la empresa.

La captura de la información relacionada a cada proceso así como los pasos y actividades asociadas a éstos, es sólo el primer paso para la comprensión del sistema en estudio. Cada actividad del proceso está ligada a una persona o área funcional que a su vez es la responsable por ésta. Una vez que los procesos han sido debidamente documentados, se hace más fácil el hecho de mejorarlos o de re-ingeniarlos jugando con escenarios "¿ qué pasa sí?"

La predicción de la conducta de los procesos bajo diferentes condiciones puede ser usada, entre otras opciones, para:

- Rediseño y desarrollo de procesos
- Desarrollar y probar esquemas de control alternativos
- Mejorar las operaciones de la organización
- Obtener la confiabilidad de los procesos y estudios de disponibilidad de recursos
- Entrenamiento de personal de la organización

III.2 Simulación

III.2.1 Definición

Jerry Banks en su *Manual de Simulación* (1998) define: "La simulación es la imitación de la operación de los sistemas reales en el tiempo...e involucra la generación de historia artificial... a través de la cual se puede hacer inferencia sobre las características operacionales de los sistemas reales."(p.3). A esta idea agrega: "...desde un punto de vista práctico la simulación asistida por computadora es el proceso de diseñar y crear un modelo computarizado de un sistema real, con el propósito de someterlo a experimentos numéricos que permitan tener un mejor entendimiento del comportamiento del sistema para una combinación de variables dada." (p.3)

En su libro *Simulación con Arena* (1998) David Kelton también define: "El término simulación se refiere a un amplio espectro de métodos y aplicaciones usadas para imitar el comportamiento de sistemas reales...esta definición es un tanto general debido a que es referida a numerosos campos, industrias y aplicaciones".(p.3)

En la actualidad y debido a los grandes avances en las áreas de software y hardware lo más común es llevar a cabo este tipo de estudios mediante el uso de computadoras y paquetes específicos, con la ventaja de poder modelar sistemas complejos con mayor facilidad. Estos aspectos han dado un impulso importante a la popularidad de esta herramienta para el análisis de sistemas con alto nivel de complejidad y por consiguiente la toma de decisiones referentes a las variables involucradas.

III.2.2 Conceptos Básicos

En la presente sección se describen brevemente algunos de los conceptos tratados comúnmente en una simulación. Es importante aclarar en este punto que todas las definiciones han sido tomadas y traducidas libremente del libro *Simulación con Arena* de Kelton (1998). (pp. 24 – 26)

- Entidades:

Las entidades son objetos dinámicos pertenecientes al modelo de simulación que pueden moverse, cambiar de estatus, afectar y ser afectados por otras entidades y estados del sistema y afectan las medidas de desempeño del sistema. En otras palabras son los objetos que fluyen a través del sistema. Un ejemplo de entidades son los componentes que llegan a una línea de ensamblaje y fluyen a través de ésta.

- Atributos:

Un atributo es una característica que poseen las entidades para ser individualizadas, cada atributo puede variar en valor de una entidad a otra. Por ejemplo las entidades llamadas componentes (que llegan al sistema) pueden tener atributos que son específicos en cada una de ellas: Hora de llegada, prioridad, color, etc. Un atributo generalmente tiene distintos valores para cada entidad

- Variables:

Es una información que refleja alguna característica del sistema independientemente del número de entidades existentes en el sistema. En los paquetes de simulación las variables más comunes son predeterminadas y las que deben satisfacer necesidades específicas son creadas por el usuario.

- Recursos:

Los recursos son las facilidades con las que cuenta el sistema para atender a las entidades. Un recurso puede representar un grupo de servidores cada uno de los cuales puede ser contabilizado como una unidad. Las entidades compiten entre sí para ser atendidas por dicho recurso.

- Colas:

Cuando una entidad no puede avanzar para acceder a algún recurso debe ser "almacenada" en algún lugar generalmente llamado cola. Es decir una cola es una colección de entidades que esperan ser atendidas por una unidad de algún recurso.

- Eventos:

Un evento es algo que sucede en un instante de tiempo (simulado) y que puede cambiar atributos, variables o acumuladores estadísticos. Por ejemplo: llegada, salida, fin, etc. Para la ejecución de una simulación, deben tomarse en cuenta los eventos que pasarán en el futuro.

III.2.3 Tipos de Simulación

Existen diversas clasificaciones para los estudios de simulación. A continuación se indican los grupos principales que concentran a la mayoría de los estudios de simulación. Habiendo consultado varios autores se han agrupado los estudios de simulación según sigue:

- Estática o Dinámica

Una simulación es estática cuando el tiempo no es una variable a considerar en el modelo, en la mayoría de los casos la variable tiempo tiene un papel fundamental en el desarrollo de las operaciones de los sistemas, por tanto, lo más común es realizar las simulaciones dinámicas.

- Continua o Discreta:

La característica distintiva entre estos dos tipos de simulaciones está representada en los cambios de estado del sistema en el tiempo; En una simulación discreta los cambios en el sistema ocurren en puntos separados de tiempo, es decir, el número de cambios que experimente el sistema, en un determinado lapso de tiempo, es finito, un ejemplo de este tipo

de simulación es un sistema de colas donde las llegadas ocurren en instantes distanciados entre sí. En la simulación continua los cambios que experimenta el sistema son realizados gradualmente y en todo instante de tiempo, es decir, el sistema está en todo instante cambiando su estado, como ejemplo se tiene el nivel de agua en un tanque.

- Determinística o Estocástica:

Este aspecto representa la existencia o no de data aleatoria. Cuando se sabe con total certeza como se comportan las variables que afectan al sistema se conduce una simulación determinística, en caso contrario se deben considerar variables aleatorias, tratándose entonces de simulación estocástica. En la mayoría de los modelos existe cierto grado de incertidumbre o variabilidad por tanto, las simulaciones estocásticas son las más comunes.

- Sistemas con Condición de Parada o Sistemas Continuos:

Otra de las distinciones importantes que se tienen al momento de clasificar un estudio de simulación, está sujeto a la forma en que se van a llevar a cabo las corridas del modelo desde el punto de vista del marco de tiempo empleado[4]. Esta distinción depende del análisis que se quiera realizar sobre el sistema.

En un sistema con condición de parada la simulación comienza y termina en un estado específico, por ejemplo, vacío y disponible. Este puede ser el caso de una tienda que abre sus puertas a las 9:00 am y cierra a las 11:00 pm. En este sistema las condiciones inicial y final están claramente definidas.

A diferencia del sistema con condición de parada, el caso de un sistema continuo centra el análisis en un período sin importar los estados inicial y final. La simulación pretende generar una condición donde se espera que las variables en estudio adquieran un "equilibrio dinámico". Este puede ser el caso de un estudio donde se pretenda evaluar a un sistema en un determinado período "pico" de labores.

[4] El marco de tiempo empleado está directamente relacionado con el período de estudio del modelo.

El objeto del presente trabajo son los estudios basados en simulaciones dinámicas, discretas, estocásticas y con condición de parada, por tanto, en lo siguiente cuando se haga referencia a una simulación, se trata de un estudio con dichas características.

III.2.4 Pasado, Presente y Futuro de la Simulación Computarizada

La técnica de la simulación ha ido evolucionando gracias a los avances de las técnicas de computación, pero su esencia ha sido siempre la misma. La historia de la simulación computarizada, tal y como lo expresa Kelton en su *Manual de Simulación*, puede ser dividida en cinco etapas: etapa inicial, etapa formativa, pasado reciente, presente y futuro, las cuales se reseñan brevemente a continuación:

Durante los últimos 40 años el concepto de cómo y dónde usar la simulación ha cambiado:

Etapa Inicial: A finales de los años 50´s y en los años 60´s la simulación computarizada era una herramienta muy costosa y altamente especializada, utilizada solo por las grandes corporaciones que podían invertir grandes cantidades de dinero, como lo eran las corporaciones aerospaciales... en estas empresas se formaban grupos de seis a doce personas para realizar las simulaciones, la mayoría de los integrantes de estos grupos eran Ph.D.s que desarrollaban complejos modelos en el lenguaje Fortran…." (Kelton, 1998, pp. 13,14)

Etapa Formativa: "A medida que las computadoras se hacían más rápidas y menos costosas, las ventajas de la simulación se fueron conociendo en otro tipo de empresas....en esta etapa la simulación alcanzó los salones de clases de los estudiantes de ingeniería industrial y otras carreras afines, haciéndose cada vez más y más popular." (Kelton, 1998, p. 14)

Pasado Reciente: "A finales de los años 80´s la simulación comenzó a afianzarse… debido a la introducción de las computadoras personales y los paquetes de animación. A finales de

este período muchas firmas importantes exigían la elaboración de simulaciones de los proyectos para su aprobación...."(Kelton, 1998, p. 14)

Presente: "...a principios de los años 90´s...compañías pequeñas la utilizaban en la etapa inicial de los proyectos, donde tenía el mayor impacto ya que evitaba que ocurriesen errores mucho antes de realizar inversiones de capital.... mejoras en las animaciones y computadoras mucho más rápidas sirvieron como catapulta de esta técnica...los paquetes comenzaron a diseñarse de manera amigable e intuitiva, además, la facilidad de integración con otros paquetes han hecho de la simulación una herramienta bastante poderosa en el campo de la toma de decisiones." (Kelton,1998, p.14)

Futuro de la Simulación: "El porcentaje de crecimiento de los usuarios de esta técnica se ha incrementado notablemente, y hay razones para creer que seguirá creciendo hasta lograr la aceptación general en el mundo de los negocios. Los paquetes de simulación han incorporado la ventaja de los nuevos sistemas operativos con lo cual su uso se ha hecho mucho más sencillo...lo cual permitirá a los analistas de simulación, construir simulaciones en paquetes que manejen el lenguaje de la empresa donde se desempeñan" (Kelton, 1998, p.15)

"Actualmente los proyectos de simulación se concentran en el diseño o re-diseño de sistemas complejos, que usualmente deben incluir sistemas de control para imitar fielmente el sistema real.... es lógico pensar que en el futuro, los sistemas de control incluidos en la simulación realmente manejen el sistema, es decir, la simulación no será hecha solo para tomar decisiones sino que se realizará también con el fin de controlar en tiempo real sistemas complejos.... además de alimentarse de los datos actuales del sistema y poder predecir su comportamiento a futuro. " (Kelton,1998, p.15)

III.3 Atención al cliente

III.3.1 El cliente

"Hasta la década de 1950 se tenía a bien pensar que el propósito principal de un negocio era única y exclusivamente el beneficio económico, los clientes eran vistos como un mal necesario para adquirir este objetivo". (Zemke R. y Woods J. *Best Practices in Customer Service.*(1998) En: Executive Book Summaries ,p. 3)

Hoy en día, respondiendo a las exigencias competitivas, las organizaciones centran sus esfuerzos en alcanzar el verdadero objetivo de sus negocios: S*atisfacer las necesidades y expectativas de los clientes*. Solamente satisfaciendo consistentemente las expectativas de los clientes las empresas pueden garantizar el éxito a largo plazo de sus negocios; y el beneficio económico, solo pasa a ser una medida que expresa qué tan cerca se ha llegado al objetivo principal que es la satisfacción del cliente.

III.3.2 Manejo de Quejas

"El hecho de tener establecido un sistema para el monitoreo y manejo de quejas significa que el negocio reconoce que no siempre se obtiene lo correcto....y que se da una segunda oportunidad para brindar satisfacción a los clientes." (Departamento de Procesos y Calidad de Digitel. *Manual de Inducción*. 2000, pp. 15,16)

Manejar las quejas de una manera positiva e incluso estimular a los clientes a que se quejen puede garantizar que la organización evite la pérdida de un cliente. Asimismo, esta propuesta proactiva faculta al personal de atención al cliente a resolver una queja en el lugar, a fin de evitar la insatisfacción de los clientes por mal manejo de sus reclamos.

III.4 Centro de Servicio Telefónico

Un Centro de Servicio Telefónico (denominado en inglés Call Center) según lo define la Empresa Nortel Networks es " un ambiente diseñado para procesar llamadas telefónicas y maximizar la satisfacción del cliente a través de la eficiencia... Las partes que lo integran son los Representantes de Servicio al Cliente llamados también Operadores o CSR (Customer Service Representative), personal gerencial, infraestructura tecnológica para distribuir las llamadas y redes de cómputo para registrar los requerimientos y quejas de los usuarios y poder emitir reportes e informes del desempeño" (Symposium Call Center Feature Document. Supervisor Telephone Set Features. 2000, p.2)

La importancia que han adquirido este tipo de instalaciones en una empresa de servicios se evidencia cuando se observan consideraciones como la que hacen Mehotra, Profozich y Bapat en su artículo de la revista Telemarketing & Call Center Solutions, "...hoy en día los Call Center constituyen la parte más importante de la mayoría de los negocios, los Call Center de ventas y servicios son a menudo el punto de contacto clave entre la compañía y sus clientes..." (Mehotra, Profozich y Bapat. *Telemarketing & Call Center Solutions.* Noviembre 1997, p.1)

Debido a la complejidad que representan las operaciones en una instalación de este tipo, es susceptible a ser estudiado a través de un estudio de simulación. Y al respecto también escriben los anteriormente mencionados autores: " ...la simulación permite, rápida y confiablemente entender cómo se desempeñarán la operaciones del Call Center bajo determinado escenarios...una vez que se ha construido el modelo de simulación... se pueden conducir experimentos que permitan medir el impacto de diferentes decisiones gerenciales ..." (Mehotra, Profozich y Bapat, 1997, p.2)

III.5 Antecedentes del Estudio

Los estudios de simulación son comunes y no es la primera vez que se intenta modelar y simular un Centro de Servicio Telefónico, sin embargo, se tiene poca documentación en las universidades venezolanas de estudios de simulación que se hayan desarrollado en esta área.

En revistas inherentes al área de Centro de Servicio Telefónico se describe a la simulación como una herramienta muy importante y ampliamente utilizada para el diseño y el estudio del desempeño de los "Call Center". Al respecto se menciona en uno de los *papers* de la empresa *Systems Modeling* que "la simulación es el único método de análisis que puede efectiva y precisamente modelar un Call Center y estudiar su desempeño" (s.e)

Se revisaron algunos "resúmenes" (a través de la web) de trabajos relacionados con el estudio de *Procesos de Poisson no Estacionarios* utilizando la técnica de *Thinning* como herramienta. Una de las referencias revisadas es un trabajo presentado por Preston White Jr. del Departamento de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Virginia en Charlottesville, U.S.A. El título del trabajo es: "Simulating a Nonstationary Poisson Process Using Bivariate Thinning: The Case of Tipical Weekday arrivals at a Consumer Electronics Store"

También se menciona este tipo de estudio de procesos de *poisson no estacionario* en un trabajo presentado por Massey William, perteneciente al Departamento de Matemáticas de Redes y Sistemas de los Laboratorios Bell y Lucent Tecnologies. El título del trabajo es: "Tutorial on the Analysis of Queues with Time Varying Rates for Telecommunications Models."

Un acercamiento más preciso en cuanto a la explicación de la técnica de Thinning y un proceso tipo Poisson no estacionario se puede obtener en el trabajo de Lawrence Leemis titulado "Nonparametric Estimation of the Cumulative Intesity Function for a Nonhomogeneous Poisson Process", Noviembre de 1990, Universidad de Oklahoma, Escuela de Ingeniería Industrial (ver Larry Leemis, home page: http://www.math.wm.edu/~leemis/) .

CAPÍTULO IV. Metodología

IV.1 Identificación de las Necesidades

El primer paso en la cadena metodológica la identificación de las necesidades de información, en el caso de estudio se identificaron siete grupos esenciales:

- Información Referente a los paquetes de simulación existentes en el mercado.

Con el fin de realizar la selección de un paquete de simulación que este acorde con los requerimientos del presente proyecto, es de vital importancia el conocimiento de las capacidades, especificaciones funcionales, y costos de los distintos paquetes existentes en el mercado.

- Información Referente a las Configuraciones del Sistema:

La información referente al sistema en sí es imprescindible, para ser capaces de entender cómo funciona e interactúan los elementos que lo conforman, de esta manera se sientan las bases para crear un modelo que imite fielmente dicho sistema. En este particular también es necesario identificar la configuración del sistema propuesto por las mismas razones expuestas anteriormente.

- Información Referente a los Procesos Claves del CST.

Es necesario conocer cómo son tratadas las distintas llamadas en el CST, para poder tener una comprensión global de cómo interactúa el sistema; así como también es necesaria la información referente a cuáles son los procesos claves.

- Información Referente a las Llegadas de Llamadas al CST

Con el fin de obtener una simulación ajustada a la realidad se hace imperativo tener conocimiento detallado de cuál es el patrón que siguen las llegadas de llamadas.

- Información Referente a los Tiempos de Atención de Llamadas.

De manera análoga al apartado anterior también es de vital importancia el conocimiento de los tiempos de servicio o atención discriminados por tipo de llamada. La calidad de esta información será determinante para la utilidad del presente trabajo.

- Datos Referentes a las Razones de Llamadas

Estos datos son importantes ya que se deben segmentar las llamadas dependiendo de su naturaleza, debido a que cada tipo de llamada posee sus propias particularidades.

- Datos Referentes al Número de Suscriptores

Con el fin de relacionar la demanda del CST con el incremento de los suscriptores, se requiere data histórica sobre el número de suscriptores de la Corporación Digitel, Esta información es esencial para hacer el pronóstico sobre el comportamiento futuro del CST.

IV.2 Identificación de las Fuentes

Una vez identificadas las necesidades de información es necesario determinar dónde buscar dicha información; en esta sección se identifican las fuentes de información segmentadas por los grupos definidos anteriormente. En el anexo 6 (Anexo 6: Ilustración de las fuentes de datos) se muestra la fuente de cada tipo de dato así como su relación con el estudio.

- Fuentes de Información para la Selección del Paquete de Simulación

Con el fin de asegurar la calidad y actualidad de la información referente a los paquetes de simulación existentes en el mercado se identificaron dos fuentes básicas de información como lo son: Internet y revistas especializadas. Entre las revistas consultadas se encuentra la publicación del IIE "Solutions. Special Simulation Issue" (Mayo 1998, pp. 48- 53). Ver Apéndices III y IV.

- Fuentes de Información para la Configuración del Sistema.

Dado el carácter técnico de este tópico se identificó como fuente de información al personal del Dpto. de Sistemas de Digitel y a los proveedores de hardware y aplicaciones del CST como lo son: Nortel Networks, KENAN, SAECA. También se identificaron como fuentes los manuales técnicos de los equipos que conforman el CST.

- Fuentes de Información Referente a los Procesos Claves del CST.

La fuente de principal de información referente a los procesos claves del CST fue el personal perteneciente a la Gerencia de Servicios al Cliente de Digitel, ya que son las personas con mayor conocimiento acerca del tratamiento de las llamadas. Con el fin de identificar las razones de llamada que definen los procesos clave es necesario el Reporte de las Razones de Llamada.

- Fuente de Información Referente a las Llegadas de Llamadas al CST

Se identificó como fuente principal, para la data de llegada de llamadas, a la base de datos del Servidor del CST.

- Fuente de Información Referente a los Tiempos de Atención de Llamadas.

Como única fuente de datos se identificó la observación directa de los operadores (CSR) en el CST.

- Fuente de Información Referentes a las Razones de Llamadas

Esta información se obtiene de la Gerencia de Servicios al Cliente a través de sus sumarios mensuales donde se especifican todas las razones de llamadas y su frecuencia.

- Fuente de Datos Referentes al Número de Suscriptores.

La Dirección de Procesos y Calidad lleva registros de reportes mensuales con información sobre el número de suscriptores, números de llamadas registradas en el CST, entre otra información. Esta información es estrictamente confidencial, por lo que se le prohibió a los autores publicarla en este trabajo. En el anexo 7(Anexo 7: Porción de un reporte de la Central Meridian) se observa una porción de un Reporte de la Central Meridian de un día de operación.

IV.3 Recolección de datos

Para la creación del modelo de este estudio de simulación se hizo necesaria la recolección de varios tipos de datos. Estos conjuntos de datos son aquellos referentes a las llegadas de las llamadas al Centro de Servicio Telefónico y los referentes a los tiempos de servicio de los operadores. También fue necesario obtener reportes asociados a los tipos de llamadas recibidas en el CST y la frecuencia de ocurrencia de estas. Para la obtención de estos datos se trabajó conjuntamente con la Gerencia de Servicios al cliente encargada del manejo administrativo y operativo de las funciones del CST en Digitel. Se hicieron entrevistas tanto a las personas pertenecientes a la gerencia así como a los operadores para tener un conocimiento más profundo acerca de la ocurrencia de eventos en el Centro de Servicio Telefónico.

- Datos Referentes al Número de Suscriptores.

Los datos del número de suscriptores son esenciales para llevar a cabo este estudio de simulación debido a que se pretende estudiar el impacto de futuras demandas sobre el desempeño del CST. Para la obtención de estos datos se hizo el requerimiento de acceso a los reportes de estadísticas diarias de Digitel (Digitel Daily Statistics Report). Se obtuvieron estos reportes correspondientes al período Septiembre de 1999 a Marzo de 2000 con el

registro de ventas. Este reporte forma parte de la información considerada como "Confidencial" en la Empresa por lo tanto se ha prohibido a los autores publicarlos.

- Datos Referentes a la llegada de llamadas al CST

Los datos exigidos por el presente estudio debían incluir los tiempos entre llegadas de llamadas, correspondientes a un tiempo significativo, para la obtención de tal reporte fue necesaria la intervención de un técnico de la empresa proveedora de la aplicación con el fin de configurar el servidor para generar dicho reporte (llamada por llamada), por motivos de errores en la configuración del servidor, hasta el momento de realización del presente trabajo no fue posible completar tal tarea, motivo por el cual para la llegada de llamadas fue utilizado otro reporte el cuál refleja el número de llamadas recibidas por el sistema en intervalos de quince minutos, durante todo el día. Es importante resaltar que todas las llamadas que entran al sistema son registradas tanto las efectivas como las caídas. Se obtuvo un reporte correspondiente a Marzo de 2000 con el registro de las llamadas. Este reporte forma parte de la información considerada como "Confidencial" en la Empresa por lo tanto se ha prohibido a los autores publicarlos.

- Datos Referentes a las Razones de Llamada Registradas en el CST

Adicionalmente a los anteriores conjuntos de datos, se obtuvieron reportes de las Razones de Llamadas realizadas al Centro de Servicio Telefónico durante los meses de Marzo y Abril de 2000, las cuales son registradas por los operadores (vía sistema) al momento de atender una llamada. Este reporte de datos presenta el Total de Llamadas recibidas por los operadores conjuntamente con las Razones de Llamada. Al igual que el reporte de llegadas de llamadas este reporte también forma parte de la información considerada como "Confidencial" en la Empresa por lo tanto se ha prohibido a los autores publicarlos.

- Datos Referentes al Tiempo de Servicio de los Operadores Según la razón de la Llamada

Para la obtención de los datos referentes al tiempo de servicio de los operadores, se tuvo que hacer un levantamiento de datos en el sitio debido a que el sistema no genera reportes de tiempos de servicio discriminados según el tipo de llamada (o razón de llamada). Para esto, se utilizó una pequeña herramienta desarrollada en *MS Access* para capturar la data correspondiente al tiempo de servicio y al mismo tiempo discriminar la posibilidad de que esa llamada pudiese ser atendida a través de un IVR. En el Anexo 6 (Anexo 6: Pantalla de la Herramienta de *MS Access*) puede verse una pantalla donde se aprecia la forma de captura y recolección de la data.

IV.4 Tratamiento y Análisis de los Datos

Los conjuntos de datos recopilados fueron objeto de un tratamiento específico para incorporarlos en los modelos de simulación. A continuación se explica el tratamiento que se le dio a los datos, así como también algunos análisis que se llevaron a cabo.

- Datos referentes a la llegada de Llamadas al CST

Como se mencionó anteriormente los datos de llegada de llamadas debían contener directa o indirectamente el tiempo entre llegadas consecutivas, para luego ser sometidos a un proceso de ajuste de distribuciones aleatorias teóricas. Debido a la inexistencia de estos datos específicos, y la imposibilidad de medirlos en campo (no existe manera de determinar en que momento específico entra una llamada al CST) se decidió trabajar con una metodología alterna.

La forma en que se genera el reporte usado para analizar las llegadas de llamadas, es totalizando las llamadas registradas en la central telefónica (Meridian 1) en intervalos de 15 minutos y agrupando esos datos. De esta forma, se generan en el reporte 72 intervalos de 15

min. (18 horas, 7:00AM, 1:00AM) detallando para cada uno el número de llamadas registradas. Para procesar los reportes con información del mes Marzo de 2000 fue necesario graficar las llegadas promedio por día de semana e identificar si existía algún patrón común.

Como se señaló en varias ocasiones anteriormente, se debe utilizar una metodología alterna para procesar los datos existentes de llegadas de llamadas, para hacer esto se realizaron algunas suposiciones sustentadas, que son explicadas a continuación.

Es lógico pesar que en este sistema la tasa de llegadas de llamadas es variable a través del tiempo lo que lleva a realizar una importante aproximación para poder llevar a cabo el estudio. La aproximación contempla que las llegadas de llamadas se comportan mediante un proceso tipo *Poisson no Estacionario*. Averill M. Law y W. David Kelton hacen mención a este tratamiento de datos en su libro *Simulation Modeling and Analyisis (1982, p. 207)*. Esencialmente, se considera la tasa de llegadas de llamadas constante dentro de los intervalos de tiempo pero distinta para cada intervalo.

Las consideraciones necesarias para suponer a un proceso como tipo *Poisson no estacionario* se deben cumplir principalmente dos premisas:

1. Las llegadas suceden una tras otra (no suceden dos llamadas al mismo tiempo) y son independientes una de otra.
2. La tasa de llegadas de las llamadas no permanece constante en el transcurso del tiempo.

La primera consideración la cumple el modelo debido a que técnicamente es imposible que se registren dos llamadas exactamente al mismo tiempo, los tiempos entre llegadas de llamadas pueden ser muy pequeños pero nunca igual a cero.

La segunda consideración se cumple por la naturaleza del sistema en estudio, la llegada de una llamada no influye en las llegadas de otras.

Al graficar los datos de las tasas promedios (de cuatro semanas) de llegadas por horas para cada intervalo, se obtuvo el grafico que se muestra en la Figura 4.1.

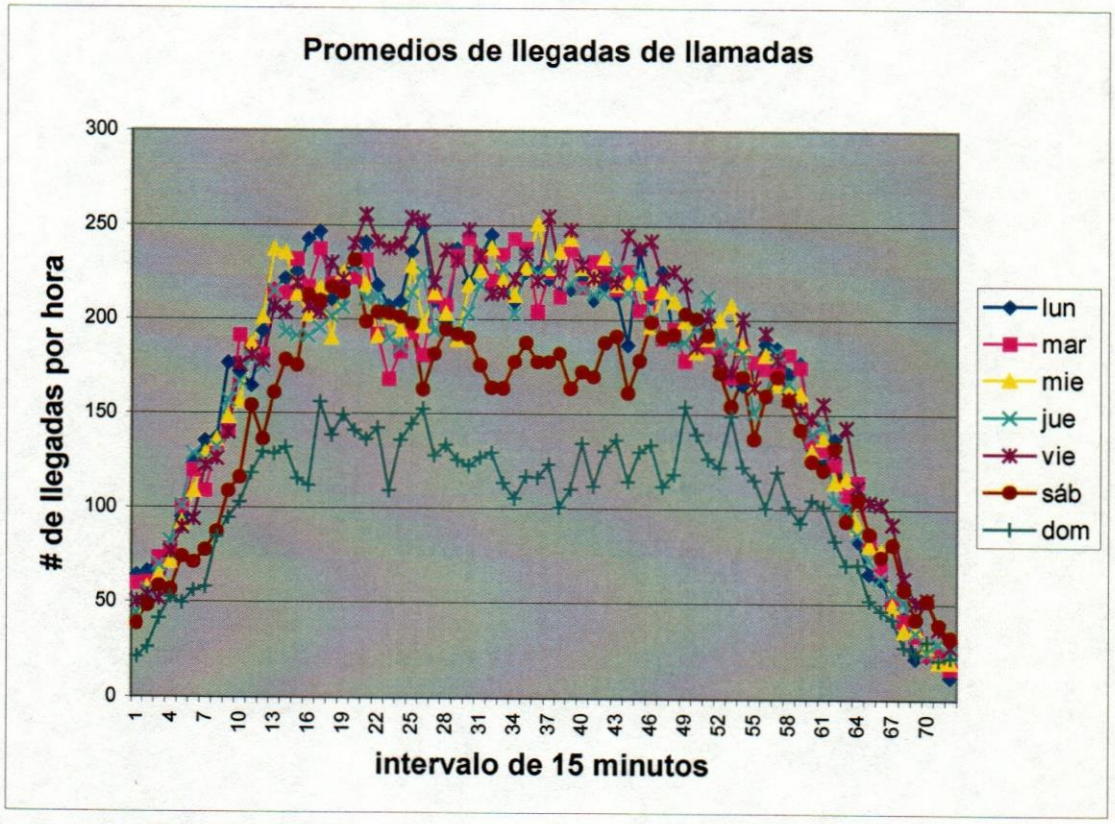


Figura 4.1. Promedios de las llegadas de llamadas según el día de la semana.
Fuente de datos: Reportes de la Central Meridian

Se observó un patrón de comportamiento, es decir, para todos los días existe un comportamiento similar, baja tasa de llegada de llamadas al inicio del día luego aumenta hasta estabilizarse (relativamente) por gran parte del día y al final de la jornada desciende notablemente. Aunque el patrón de comportamiento es similar, existen diferencias en las dimensiones. Específicamente, la diferencia se hizo más notable en los días Domingo, lo que llevó a dividir el análisis en "Días de alto tráfico" y "Día de bajo tráfico" separando los promedios de llegadas de llamadas en dos conjuntos de valores. Esta diferencia puede observarse en el gráfico correspondiente a la Figura 4.2.

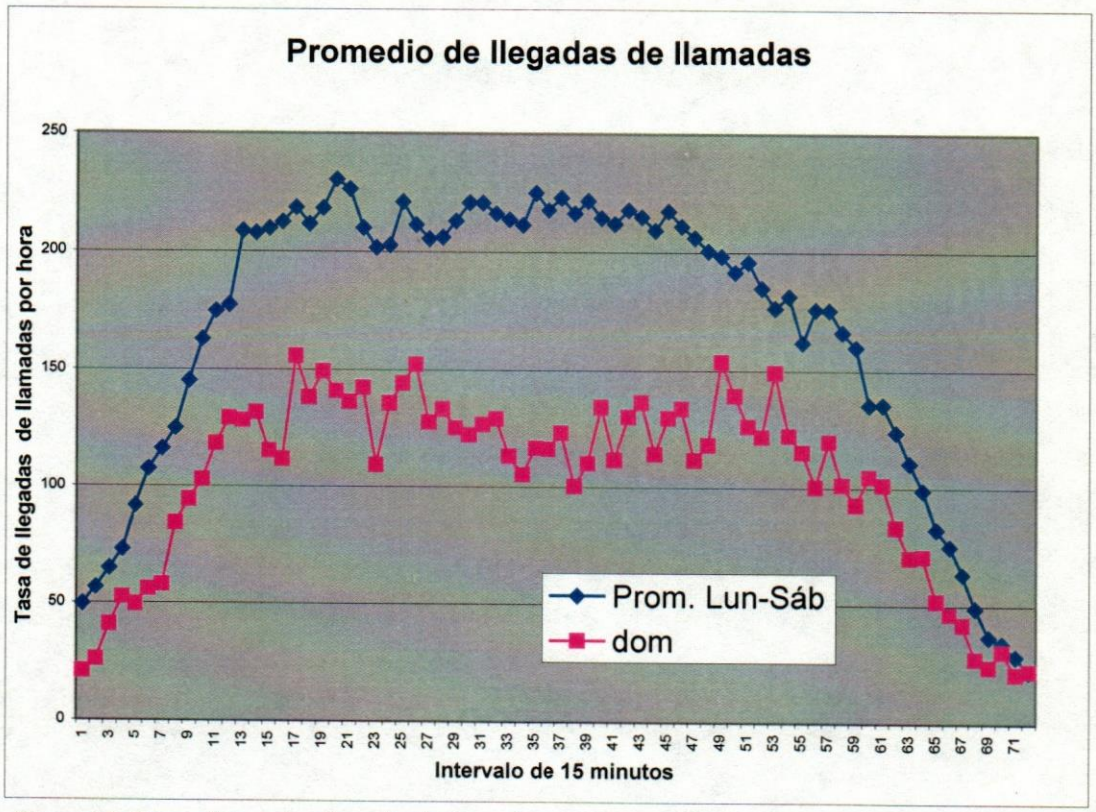


Figura4.2. Promedios de las llegadas de llamadas según para día de la semana y para días domingo. Fuente de datos: Reportes de la Central Meridian

Al asumir el proceso de llegadas según tipo de *Poisson no Estacionario* se debe definir cómo es el comportamiento del parámetro λ (lambda) en el tiempo, es decir, se debe hallar la función $\lambda(t)$, esta función queda definida completamente por las tasas de llegadas por hora, para cada intervalo, al graficar dicha función para los días de alto tráfico se obtiene la Figura 4.3 y la función en días de bajo tráfico es la correspondiente a la Figura 4.4

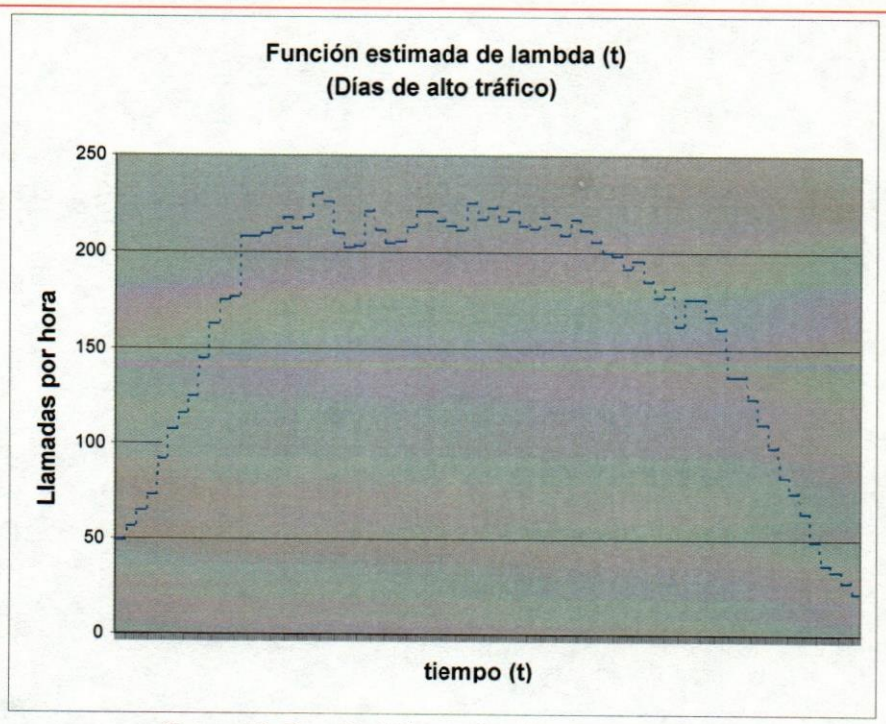


Figura 4.3. Función λ(t) para los días de alto tráfico.
Fuente de datos: Reportes de la Central Meridian

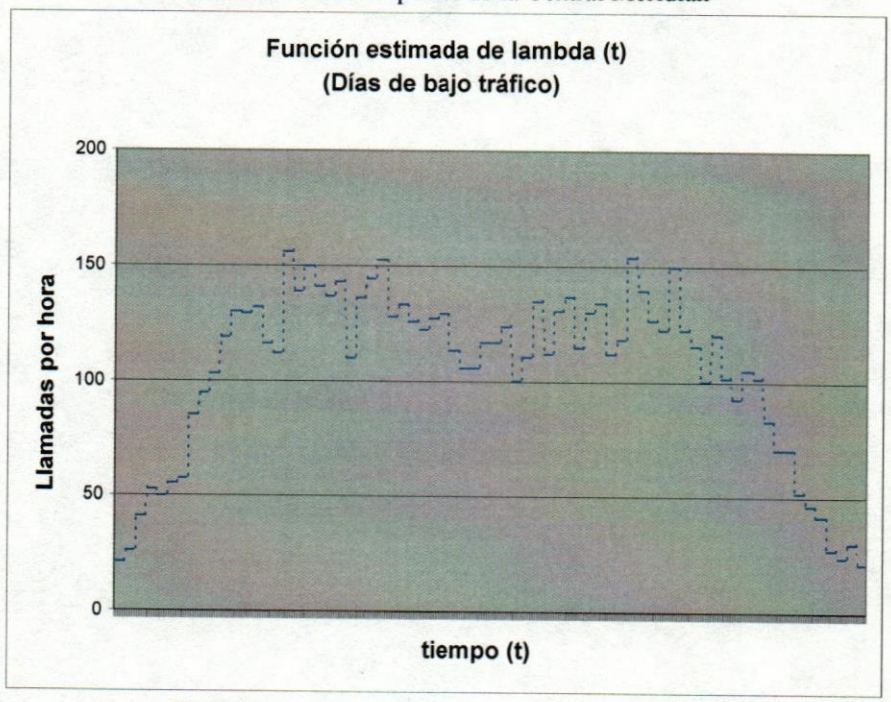


Figura 4.4. Función λ(t) para el día de bajo tráfico.
Fuente de datos: Reportes de la Central Meridian

- Datos Referentes a las Razones de Llamada Registradas en el CST

Estos datos son los que permiten limitar el alcance del modelo haciendo un análisis de Pareto con respecto a las razones de llamadas y el total de llamadas recibidas en el Centro de Servicio Telefónico.

Al procesar los datos referentes a las razones de llamadas y sus respectivas frecuencias se obtuvo el Pareto que se muestra en el Anexo 7 (Anexo 7: Diagrama del Estudio de Pareto). Es importante destacar que del total de llamadas recibidas en el mes de Marzo (72354 llamadas), solamente el 45,54 % (32950 llamadas) llegan efectivamente al CST (un promedio de 1063 llamadas por día). El resto son llamadas caídas o de pruebas realizadas en la red. Para el estudio de jerarquización por frecuencia se tomó en cuenta únicamente este 45,54 % de llamadas consideradas como efectivas para el CST.

Los resultados del estudio de jerarquización por frecuencia (realizado para el mes de Marzo) para las razones de llamadas arrojaron que es conveniente centrar el estudio solo en las razones correspondientes al segmento "A", debido a que representa el 84,47 % del total de llamadas y solo el 24 % del total de las razones de llamadas.

Grupo del Pareto	*Número de llamadas*	*% Sobre el Total de Llamadas*	*Numero de Razones de llamada*	*% Sobre el Número de Razones de llamada*
A	27834	84.47	6	24.00
B	3566	10.82	5	20.00
C	1550	4.70	14	56.00

Tabla 4.1. Valores correspondientes al Estudio de Pareto.
Fuente: Datos correspondientes a las razones de llamada (prohibida su publicación)

Las razones de llamada del Grupo A resultaron ser:

- ✓ *Prepago*

Este tipo de llamadas incluyen casos como el de solicitud de información referente al sistema prepago, balance prepago (saldo), solicitud de recarga y emisión de reclamos referentes al servicio prepago. Algunos de los casos presentados aquí podrían ser procesados sin la intervención de un operador, a través del Interactive Voice Response (IVR), como por ejemplo balance de prepago, e información de prepago.

- ✓ *Información de Servicios Especiales:*

Esta clasificación está conformada por las llamadas referentes a información de costos de paquetes, solicitud de servicios especiales (buzón de mensajes, identificación de llamadas, etc), y cualquier información del funcionamiento de algunos de estos servicios.
Debido a la diversidad de contenido de este tipo de información es indispensable la intervención de un operador para este tipo de llamadas.

- ✓ *Información de Digitel*

Información general Digitel (RRHH, central, etc.), información sobre tarifas, información sobre otras compañías con tecnología GSM (ELCA e INFONET). Existen solicitudes de información muy comunes en este renglón por tanto podrían ser grabadas en el IVR, y de esta manera no se necesitaría que el operador interviniera.

- ✓ *Facturación*

Estas son llamadas referentes a solicitud de detalles de facturación, fechas de corte, saldo (postpago), solicitud de cobro, emisión de reclamos por facturación. Es posible configurar el IVR para que maneje las solicitudes de saldo y fechas de corte.

✓ *Información de Cobertura*

Este tipo de llamadas se originan con la motivación de solicitar información de la cobertura de la Red Digitel, cuándo se planea incorporar la red a áreas donde actualmente no se presta el servicio etc. Debido a que esta información varía constantemente no sería muy útil incluirla en los casos que podría manejar el IVR, ya que quedaría obsoleta en poco tiempo y por tanto habría que reconfigurar continuamente el IVR.

✓ *Información Sobre Manejo de Equipos.*

Esta clasificación se refiere a las llamadas de clientes con problemas acerca del manejo de equipo, menús, y otras particularidades de los teléfonos móviles. Al igual que el caso anterior, no sería posible incluir esta información de manera eficiente en el IVR, por tanto se seguirán necesitando operadores para manejar estas llamadas.

- Datos referentes al Tiempo de Servicio de los Operadores Según la razón de la Llamada

A través de la herramienta creada en *MS Access* (ver Anexo 6) se obtuvieron dos conjuntos de datos relacionados con cada razón de llamada. Por un lado se obtuvo el tiempo de servicio asociado a cada razón de llamada y por otro se obtuvo si la llamada cumple con ciertas características para ser atendida a través de un IVR.

Para cada razón de llamada también se calculó la proporción de llamadas que pueden ser manejadas por el IVR sin la intervención de un operador (CSR) de acuerdo a las razones explicadas anteriormente. Estas proporciones se muestran en la Tabla 4.2

Razón de Llamada	*Porcentaje que no requieren atención de un CSR*	*Porcentaje que requieren atención de un CSR*
Inf. Prepago	68	32
Inf. Servicios Especiales	0	100
Inf. Digitel	27	73
Inf. Facturación	34	66
Inf. Cobertura	0	100
Inf. Manejo de Equipo	0	100

Tabla 4.2. Valores de los porcentajes de llamadas que pueden ser manejadas sin intervención de CSR.
Fuente: elaboración propia

En este caso los datos deben ser tratados mediante alguna aplicación para conseguir ajustes en las distribuciones aleatorias teóricas, estos ajustes se determinan mediante las pruebas de Chi-cuadrado y Kolmogorov, y el criterio utilizado es que cualquier ajuste con valor de p mayor a 0.1 es aceptado como adecuado.

Al procesar los tiempos de servicio en el "Input Analizer" de Arena se observaron varios ajustes y se seleccionaron los que arrojaban mayores valores p en las pruebas de Chi-cuadrado. En el Anexo 8 (Anexo 8: Ajustes de Datos para Tiempos de Servicio) se muestra una de las pantallas del programa para uno de los ajustes. En la tabla 4.3 se reporta un resumen sobre los ajustes realizados a los tiempos de servicio clasificados por razón de llamada.

Razón de llamada	*Tiempo de Servicio*	*p-value (Prueba Chi Cuadrado)*
Información de Prepago	LOGNORMAL(1.68, 1.14)	0.111
Información de Servicios Especiales	LOGNORMAL(1.3, 1.2)	0.375
Información Digitel	NORMAL(3.71, 1.74)	0.288
Información de Facturación	NORMAL(1.44, 0.927)	0.128
Información de Cobertura	TRIANGULAR(0.34, 0.892, 2.18)	0.249
Información de Manejo de Equipos	UNIFORME(0.28, 4.53)	0.101

Tabla 4.3 Valores de la distribuciones de probabilidad asociadas a los tiempos de servicio.
Fuente: Elaboración propia

- Datos Referentes al Número de Suscriptores.

En primer lugar se hizo necesario relacionar la demanda del CST con el número de suscriptores, para tal fin se realizó una regresión tomando como variable independiente el número de suscriptores y como independiente el número promedio de llamadas diarias registradas en el CST (desde el mes de Septiembre de 1999 hasta Marzo de 2000) , también fue necesario hacer un pronóstico del número de suscriptores para un horizonte de seis meses (Sept 2000) mediante una regresión de el número de suscriptores (variable dependiente) y el tiempo (Variable independiente). El valor pronosticado de número de suscriptores sirvió como entrada para la función obtenida en primera instancia y así poder pronosticar la demanda del CST para Septiembre del año 2000. La información se muestra en la tabla 4.4.

Regresión Para	*Expresión*	R^2	*Tipo de Función*	*Valor pronosticado Sept. 2000*
# Suscriptores vs. Meses	$y = 1628{,}4 * x^{1.6233}$	0,996	Potencial	104719 (Suscriptores)
# Llamadas vs. Suscriptores	$y = 0{,}9104 * x^{0.7869}$	0,923	Potencial	8119 (Promedio diario de llamadas)

Tabla 4.4 Expresiones para las regresiones realizadas y valores pronosticados respectivos.
Fuente: Elaboración propia

Los datos, las curvas y los ajustes de las regresiones realizadas se muestran en el Anexo 9 (Anexo 9: Cálculo de las Regresiones y Pronósticos)

Dividiendo el valor pronosticado de la cantidad de llamadas promedio diarias realizadas al CST para Septiembre de 2000, entre el valor correspondiente al mes de Marzo de 2000, se obtiene un Factor de Incremento para la tasa de llegada de llamadas. Al realizar estos cálculos el valor obtenido del factor es igual a 3,48. Al multiplicar este Factor de Incremento por las tasas de llegadas actuales se obtienen las tasas de llegadas correspondientes al mes pronosticado.

Se supone que para el mes de Septiembre de 2000 el comportamiento de las llegadas de llamadas seguirá el mismo patrón que el actual multiplicado por el Factor de Incremento hallado. (Las tablas con los datos registrados y pronosticados se observan en el Anexo 9).

IV.5 Definición de las Variables de Estudio

Para poder diferenciar el rendimiento del sistema bajo diversas condiciones, es necesario definir ciertas variables a medir, estas deben aportar la información necesaria para realizar conjeturas acerca del desempeño del sistema.

- Tiempo Promedio en la Cola CSR.

Esta variable tiene la característica de ser persistente en el tiempo, es decir, va cambiando su valor global durante toda la simulación y representa el tiempo en promedio que pasan las llamadas en la cola antes e ser atendidas por un operador. Probablemente es una de las variables más determinantes del estudio, ya que la estación de los operadores es la más sensible a la alta demanda. Se define como

$$\frac{\sum_{i=1}^{N} D_i}{N}$$

Donde:

Di=tiempo en cola de la llamada i

N= Número de llamadas que pasan por la cola (completamente).

- Número Promedio en la Cola de los CSR

Esta variable, de la misma forma que la anterior es persistente en el tiempo, y expresa el número promedio de entidades en la cola con respecto a una unidad de tiempo, es decir, se toma una observación al número de llamadas en cola cada minuto y se realiza un promedio en función al tiempo transcurrido. Esto es:

$$\frac{\sum_{i=0}^{T} Q_i(t)}{T}$$

Donde:

Q(t): Es la función que representa el número de llamadas en cola para cualquier tiempo t.

T: Es el tiempo de Estudio.

- Utilización de Recursos (IVR, CSR, Central)

Esta variable también es persistente en el tiempo, y se define en un instante como el número de recursos ocupados, dividido por el total de la capacidad del recurso en ese momento, y se promedian los valores de toda la corrida. Este valor debe estar comprendido entre 0 y 1 y mientras más cercano a uno índica mayor utilización de los recursos.

- Número de Llamadas Atendidas.

Esta variable hace referencia a un contador, en el que sólo importa el máximo valor durante la corrida, indica cuantas llamadas fueron procesadas completamente en el CST.

- Nivel de Servicio.

Es una relación entre las llamadas que son atendidas antes de veinte segundos en espera, y el total de llamadas atendidas, viene expresado como porcentaje. La Federal Comunications Commission (FCC) ha establecido un estándar de calidad para los CST donde este valor no debe ser menor al 80%. Ver Anexo 10 (Anexo 10: Recomendaciones de la FCC)

- Umbral de Abandono.

Esta variable expresa una relación entre las llamadas que esperan más de noventa segundos antes de ser atendidas y las llamadas totales, también es expresada en porcentaje. Aunque en los modelos no se consideran los abandonos es muy probable que en la realidad una gran proporción de estas llamadas abandonen la cola por el largo tiempo de espera. Mientras más pequeño este valor más eficiente es el CST.

- Número de Llamadas que reciben tono de ocupado (Balked)

Este contador representa al número de llamadas que intentan entrar al sistema, y no pueden debido a que la central no tiene capacidad para atender más llamadas, en ese momento.

- Número de Llamadas Atendidas por los CSR y por el IVR.

Estos contadores sirven para dar una idea de cuantas llamadas son atendidas por el IVR y cuantas necesitan la intervención de los CSR.

IV.6 Diseño del Modelo

En esta sección se pretende reseñar cómo se concibe lógicamente el modelo, es decir, cómo es la conceptualización del sistema; para cumplir con tal cometido se segmenta esta tarea por área lógica del modelo, como lo son el área de llegada, áreas de servicio CSR e IVR y áreas de salida.

- Área de Llegada

En esta parte del modelo las entidades llegan según un proceso tipo Poisson no estacionario, por tanto la tasa de llegadas será variable dependiendo de la hora del día, en este momento se deben segmentar las llegadas de acuerdo con las razones de llamadas claves, respondiendo a una proporción determinada en el Tratamiento y Análisis de los Datos Referentes a las Razones de Llamada. Las llamadas caídas son desechadas del modelo casi en el mismo instante de su ingreso, ya que este es el momento crítico para establecer la comunicación efectiva. Esta área de llegada está representada en el sistema real por la Central Telefónica conjuntamente con la lógica de tratamiento de llamadas que aporta el servidor.

- Área de Servicio IVR

Como se reseñó anteriormente, en la configuración propuesta el IVR es el encargado de recibir la llamada y dar la opción de acceder a un operador o simplemente resolver la llamada a través de sus opciones computarizadas. Como no existen datos de cuánto pueda tardarse una persona dentro estos procesos, todas las cifras relativas a tiempos de servicios en el IVR son asignados basándose en estimaciones de tiempo mínimo para escuchar las grabaciones del dispositivo. En el sistema real, una llamada que se encuentre en el área de servicio IVR, estará ocupando un puerto en la Central Telefónica y un puerto del IVR al mismo tiempo.

- Área de Servicio de los Operadores (CSR)

Esta es el área donde las llamadas son atendidas por un operador, intercambian la información necesaria y luego de una resolución bien sea temporal o definitiva se envía la llamada a la salida. Los tiempos de servicios utilizados en este apartado son los que resultan del Tratamiento de los Datos referentes al Tiempo de Servicio de los Operadores Según la razón de la Llamada. En el sistema real, una llamada que se encuentre en el área de servicio CSR, estará ocupando un puerto en la Central Telefónica y un operador del CST al mismo tiempo.

- Área de Salida.

Al igual que en el área de entrada las asignaciones aquí hechas no representan ningún tiempo, la utilidad de esta área radica en contabilizar y desechar las llamadas. En el sistema real, las llamadas que han sido atendidas desocupan el sistema al finalizar y dejan libre tanto el puerto de la Central Telefónica como al CSR.

IV.7 Codificación del Modelo

Luego de que el modelo es conceptualizado debe ser codificado en un paquete de simulación para así poder realizar las simulaciones respectivas, para tal tarea es necesario el conocimiento técnico del paquete para plasmar lo que se conceptualizó sin que se pierda, en el proceso, parte de la información. También se deben incluir en esta etapa los variables determinadas para obtener los resultados requeridos. No es la intención del presente trabajo explicar detalladamente la codificación del modelo, aunque es pertinente una descripción somera del mismo. El esquema de la codificación tal y como se modeló el sistema se muestra en el Anexo 13 (Anexo 13: Diagramas de la codificación del modelo).

Para codificar el modelo se identificaron tres estructuras lógicas a considerar, la primera de ellas tiene la función de ser el "calendario" para la simulación, es decir, esta estructura se encarga de contabilizar los periodos de quince minutos para poder cambiar la tasa de llegadas tal y como se plantea en un proceso tipo *Poisson no estacionario*. La segunda se encarga de ubicar la tasa de llegada máxima necesaria para modelar las llegadas según la metodología "*thinning*" , esta estructura no es vital para el modelo pero se quiso incluir ya que le imprime versatilidad al modelo, debido a que se pueden incluir otro grupo de datos de llegadas distintos y este funcionará sin hacer modificaciones adicionales.

La tercera estructura es la más importante ya que representa al sistema en sí en este caso se utilizó un módulo "ARRIVE" para modelar las llegadas, seguidamente se aplicó un módulo "CHANCE" con la finalidad de filtrar las llamadas caídas además de servir como el controlador para el "*thinning*", acto seguido se hicieron las asignaciones(módulos "ASSIGN") necesarias para cada tipo de llamada dependiendo de su probabilidad de ocurrencia; finalmente las entidades fueron enrutadas y procesadas según la estación correspondiente.

IV.8 Verificación y Validación.

Luego que se tiene el modelo codificado en el paquete elegido, es necesario comprobar que está funcionando bien, lógicamente y adecuado a la realidad del sistema.

IV.8.1 Verificación

En este proceso se debe probar el modelo en condiciones extremas, y verificar que los valores de los resultados son coherentes, por ejemplo se puede hacer una corrida con una tasa de llegada muy baja y luego otra con una muy alta y verificar que los valores correspondientes a los tiempos promedios en cola, nivel de servicio, etc. son adecuados al experimento.

IV.8.2 Validación

En esta etapa de la simulación se debe verificar que los indicadores o variables de estudio se encuentran dentro de un rango factible , además se debe someter a la aprobación de los clientes, en este caso el personal de la Gerencia de Servicios al Cliente los cuales deben validar la información generada por el modelo.

La formulación utilizada para la validación fue la correspondiente al intervalo de confianza para la diferencia entre dos medias poblacionales:

$$\overline{X_1} - \overline{X_2} \pm z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}} \qquad (1)$$

En la ecuación (1) $\overline{X_1}$, σ_1^2, N_1 y $\overline{X}_2$, σ_2^2, N_2 son las respectivas medias, varianzas y tamaños de las dos muestras poblacionales.

En el caso de que los resultados de esta operación resulte en un intervalo que contenga al cero, se puede decir entonces que no existe diferencia "Estadísticamente Significativa" entre el modelo y el sistema. Sin embargo, dependiendo que tan grande (relativamente a la media) sea esa diferencia, puede o no existir una diferencia "Prácticamente Significativa". (Averill, 1982, pp. 345-346)

IV.9 Determinación del Número de Réplicas

Existen aplicaciones que permiten hacer un análisis de los datos generados por la corrida de simulación. Los datos generados en la corrida son almacenados en archivos de salida y luego son agrupados para ser analizados a través de inferencia de Intervalos de Confianza para la media.

Para la determinación del número de réplicas que se deben aplicar al modelo se siguió la siguiente formulación:

$$h = t_{n-1,1-\alpha/2} * \frac{s}{\sqrt{n}} \qquad (1)$$

para n grande (más de 30 datos), la curva de *t de Student* y la *Normal Estándar* se aproximan, de modo que es posible sustituir $t_{n-1,1-\alpha/2}$ por $z_{1-\alpha/2}$. Luego, despejando *n* de la ecuación (1) se tiene:

$$n = z_{1-\alpha/2}^2 * \frac{s^2}{\varepsilon^2} \qquad (2)$$

Donde ε es el error absoluto correspondiente a 5 % de la media de los valores de la variable con mayor dispersión entre todas las observadas en la corrida de simulación.

Debido a que *s* es la desviación de la muestra de tamaño n, la ecuación (2) tiene dos incógnitas (*n* y *s*), para sortear este hecho se realiza la corrida con una muestra piloto y se toma el valor de la desviación en esta muestra como aproximación a *s*. Luego se calcula *n*, se realizan las réplicas correspondientes y se repite el proceso hasta que n_k sea mayor que n_{k+1}, siendo *k* el número de la iteración correspondiente. Esta metodología la detalla Kelton en su libro *Simulación con Arena* (Kelton, 1998, pp. 185,186)

CAPÍTULO V. Determinación y desarrollo de los procesos clave

V.1 Identificación de los Procesos Clave.

Los procesos clave son los procesos asociados a las razones de llamada que se incluyen en el modelo de simulación, estos se han desarrollado y documentado para la realización del estudio.

Para el desarrollo de estos procesos clave se han tomado en cuenta algunos factores entre los que cuentan las razones de llamada más importantes dentro del conjunto total de razones de llamadas. Otro proceso clave que se ha tomado en cuenta para desarrollar ha sido el que está asociado con el funcionamiento del sistema una vez que se haya implementado el IVR en el sistema.

Con ayuda de la Gerencia de Servicios al Cliente de la Corporación Digitel, se establecieron los parámetros que ayudarían a decidir cuáles iban a ser los procesos clave a ser tratados en este estudio. Se llegó a la determinación de considerar la frecuencia de ocurrencia de una razón de llamada en específico, como el factor determinante para decidir sobre la introducción de algún proceso al modelo. Para llevar a cabo la determinación de los procesos clave se realizó el análisis de Pareto mencionado anteriormente en el capítulo IV cuando se indicó el tratamiento de los Datos Referentes a las Razones de Llamada Registradas en el CST.

Debido a que los resultados obtenidos por el análisis de Pareto indican que la mayoría de las razones de llamada son específicamente para recibir información. Los procesos clave de este estudio de simulación son básicamente aquellos relacionados con la información que brindan los operadores. Estos procesos son sencillos debido a que la oferta de información se realiza de una manera estándar y no requieren de un análisis extraordinario.

V.2 Ubicación de los Procesos Clave Dentro de los Procesos Medulares de Digitel

Dentro del esquema de los procesos medulares de Digitel, los procesos de atención al cliente a través del Centro de Servicio Telefónico se encuentran establecidos en el Proceso Medular de Manejo de Clientes.

A continuación se muestran los esquemas que representan los procesos clave desarrollados en el estudio.

Proceso Clave: Atención al Cliente para Información en Línea.

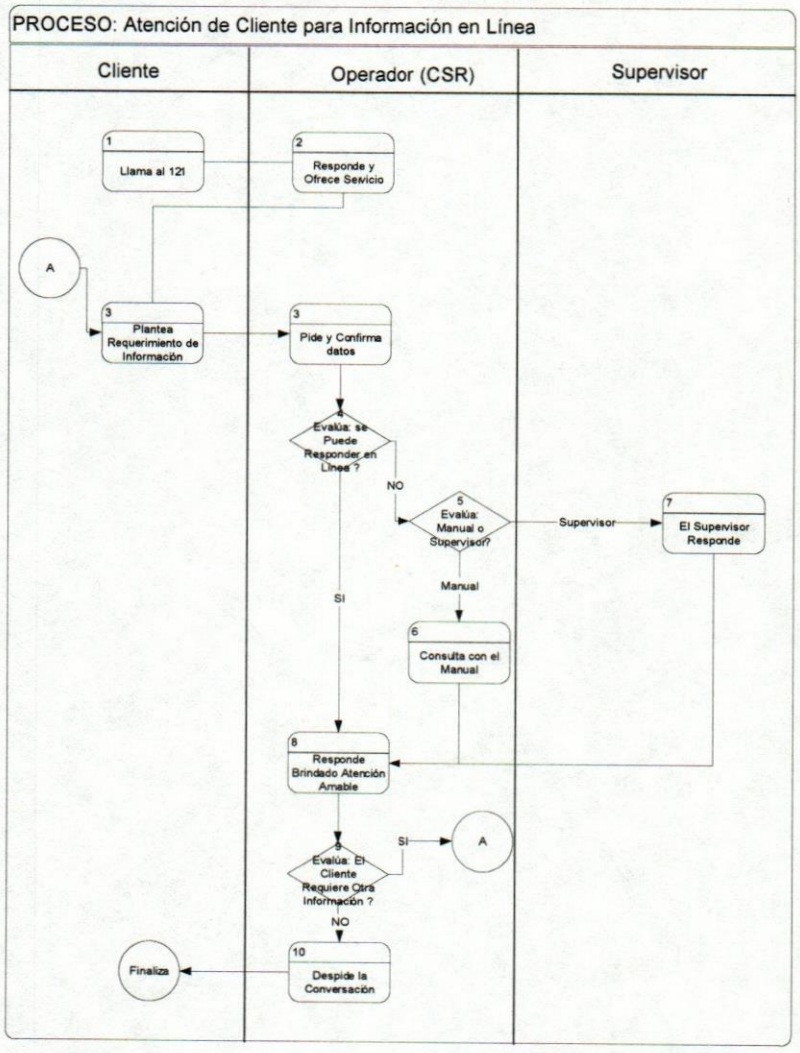


Figura 5.1. Proceso de atención al cliente para brindar información

Proceso Clave: Información a Través del IVR.

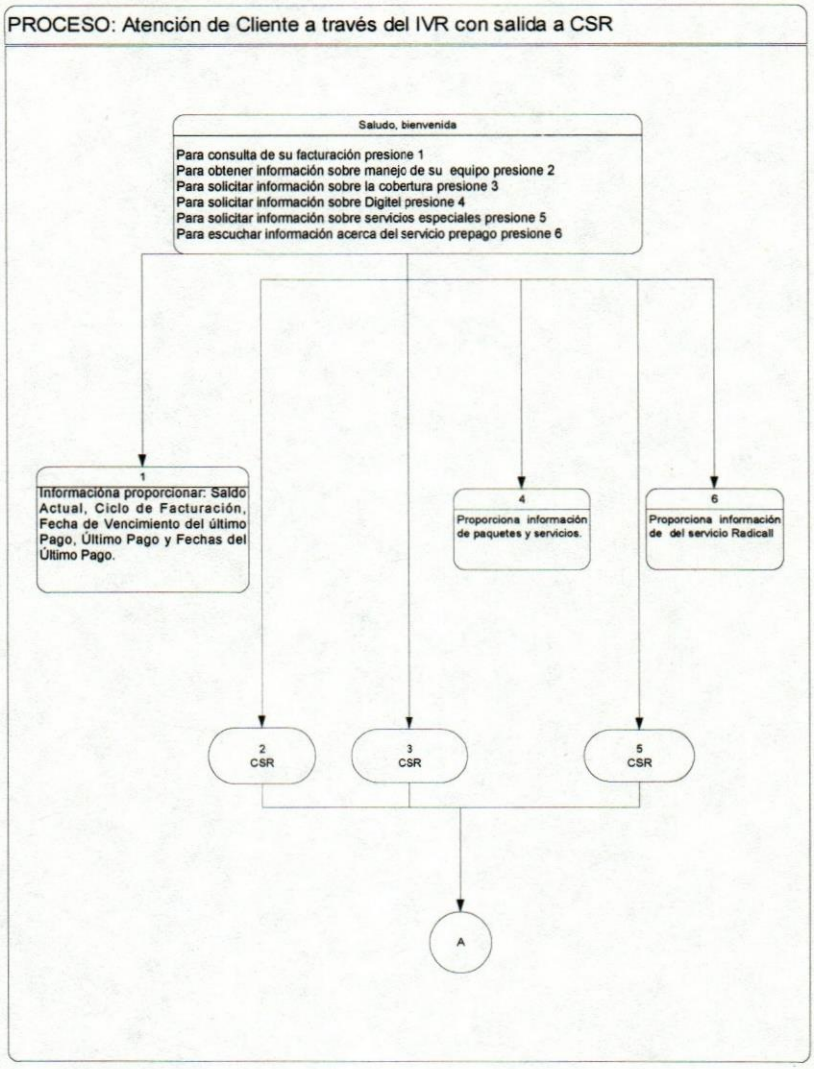


Figura 5.2. Proceso de atención al cliente para brindar información a través del IVR

Estos procesos quedan incluidos dentro del esquema de procesos medulares de Digitel. Estos procesos pasan a ser codificados por el Departamento de Procesos y Calidad de Digitel.

CAPÍTULO VI. Simulación del modelo.

VI.1 Consideraciones Generales

VI.1.1Consideraciones sobre la llegada

Es necesario enfatizar que, con el fin de simular las llegadas según un proceso tipo *Poisson no estacionario*, fue necesario aplicar un método llamado *thinning*. Kelton (1998) menciona en su libro Simulación con Arena a Lewis Shedler 1979 como referencia para la aplicación de esta técnica. El método consiste en generar las llegadas de llamadas a una tasa constante, igual a la tasa máxima de llegada, en el tiempo de estudio. Es decir, se debe identificar el período en el que la tasa de llegada es máxima y generar las llegadas a través de toda la simulación a esa tasa; inmediatamente después de entrar las entidades al modelo se deben filtrar para que solo entre la proporción correspondiente al periodo simulado, esto se hace mediante el módulo "CHANCE" y la probabilidad de que una llamada se incorpore al sistema es igual al valor de la tasa correspondiente al período simulado dividido entre la tasa máxima. Esta es la mejor manera de simular las llegadas en un proceso tipo *Poisson no estacionario* ya que es con la que se incurre en menor error al momento de cambiar de tasa de llegadas entre períodos.

VI.1.2 Consideraciones Relativas al Descanso de los Operadores

En el sistema real cada uno de los operadores tiene media hora de descanso, esta consideración no fue incluida en el modelo debido a la limitación que tiene el paquete en su versión académica, el modelo realizado del CST está en el límite de módulos permitidos. (Ver Anexo 13: Limitaciones de la Versión Académica del Paquete).Se debe tener en mente esta salvedad, ya que seguramente es fuente de diferencias entre los resultados obtenidos en la simulación y los obtenidos en el sistema real.

VI.1.3 Consideraciones Relativas a las Limitaciones de la Versión Académica del Paquete

Existen limitaciones inherentes al paquete de simulación en su versión académica, ya que este limita el tamaño de los modelos. Por esta razón no es posible incluir todos los aspectos del sistema en el modelo. Las limitaciones técnicas se muestran en el Anexo 13.

VI.2 Validación del Modelo.

Antes de validar el modelo es necesario obtener los resultados de la simulación referentes a los días de alta demanda, configuración actual y a los días de baja demanda configuración actual. Los resultados de estas corridas se muestran en el anexo 14 (Anexo 14: Tablas de Resultados de las Corridas de Simulación). Para validar el modelo se compararon los resultados obtenidos en las corridas de simulación, con los datos correspondientes al mes de Abril suministrados por la Gerencia de Atención al Cliente de Digitel. Debido a la poca información disponible sobre el tema la validación fue hecha con una sola variable del sistema real. La comparación de datos se muestra en la Tabla 6.1

Variable	*Media Simulación*	*Desviación Simulación*	*Media Real*	*Desviación Real*	*Intervalo de Confianza para la Diferencia de Medias*
Número de Llamadas Atendidas (Alto Tráfico)	1370	36	2991	908	1621 ± 349
Número de Llamadas Atendidas (Bajo Tráfico)	849	29	1601	228	752 ± 224

Tabla 6.1 Comparación entre los resultados de la simulación y el sistema real.
Fuente Elaboración Propia.

Los datos del sistema (datos reales para validar) utilizados para la tabla 6.1 son los correspondientes al mes de Abril de 2000.

En vista de la ausencia de otras variables registradas en el sistema para validar, se hizo énfasis en la verificación del modelo de simulación con los supervisores y gerentes de la Gerencia de Servicios al Cliente, tal como lo recomiendan Kelton D, Sadowski R. y Sadowski D. (1998). (p. 446). En este proceso la opinión emitida por los entrevistados fue positiva en cuanto a las expectativas de desempeño del modelo.

VI.2.1 Análisis de Diferencias en la Validación

- Diferencias Observadas en Número de Llamadas

En la tabla 6.1 se puede notar que existe una diferencia "Estadísticamente Significativa" en el número de llamadas atendidas en los días de alto tráfico y bajo tráfico, no obstante, para la finalidad de este modelo, no se considera (por parte de la Gerencia de Servicios al Cliente) tal diferencia como "Prácticamente Significativa".

Los datos de entrada del modelo fueron recolectados en Marzo del presente Año y la validación se hace con el mes de Abril, por tal motivo es lógico pensar que existen fluctuaciones mes a mes ya que la demanda del CST es evidentemente creciente; más aún en el mes de Abril ya que se realizaron una serie de promociones extraordinarias que dieron un impulso adicional a las ventas.

VI.3 Experimentación

Para poder tener información relevante sobre el comportamiento del sistema, en distintitas situaciones de interés es necesario realizar distintos modelos combinando factores claves, y poder compararlos entre ellos, para tal fin se deben determinar varios casos de estudio.

VI.3.1 Casos analizados en este estudio

En este estudio de simulación se analizaron varios modelos que se diferencian fundamentalmente en tres aspectos, descritos a continuación:

- Tasa de Llegada

En primer lugar se consideró la tasa de llegadas de llamadas al Call Center. La tasa de llegada de llamadas difiere considerablemente entre el promedio de llegadas de Lunes a

Sábado y el promedio de llegadas los días Domingos, este aspecto es discutido con más profundidad en el Capítulo de Aplicación de la Metodología.

- Configuración del Sistema

Los casos que pretenden analizar este estudio de simulación se refieren a dos configuraciones básicas: configuracón actual y configuración propuesta ya mencionadas en el Capítulo II

- Entorno

Dependiendo del momento se clasificó el entorno en actual y futuro, para el primer caso se realizó el estudio de la demanda presente del centro de servicio telefónico, en el último caso se realizaron pronósticos tanto de Número de Suscriptores como de la Demanda del Centro de Servicio telefónico, al relacionar ambas variables se obtuvo una descripción de cómo pudiese ser la demanda para el mes de Septiembre del presente año.
Sin se combinan estas clasificaciones se tienen ocho casos para el análisis, que se observan en la tabla 6.2

Modelo con:	Configuración Actual	Configuración Futura (IVR Antepuesto)
Días de alta demanda (Lunes a sábado)	Demanda Actual Caso 1 / Caso 5 Demanda futura	Demanda Actual Caso 3 / Caso 7 Demanda futura
Día de baja demanda (Domingo)	Demanda Actual Caso 2 / Caso 6 Demanda futura	Demanda Actual Caso 4 / Caso 8 Demanda futura

Tabla 6.2. Casos de estudio del modelo de simulación

Para cada uno de los casos analizados en el estudio es necesario determinar el número de réplicas de las corridas del modelo de simulación.

VI.4 Determinación del Número de Réplicas de la Corrida por Caso

Para el cálculo del número de réplicas se utilizó inicialmente una muestra piloto de 20 réplicas y sobre los valores obtenidos se realizó el cálculo de los errores, se selecciono la variable con mayor error para cada caso y se aplicó un proceso iterativo para recalcular el número de réplicas. La formulación utilizada para tal fin es la que se explicó en el *Capítulo V–Metodología.*

Es importante destacar que para el cálculo del número de réplicas se ha tomado el valor de la variable con mayor error, debido a que es lógico pensar que si se obtiene el número de réplicas para la variable con el error mayor todas las demás variables tendrán valores de errores permisibles (<5%). En el anexo 15 (Anexo 15: Pantallas de resultados de las salidas de la simulación) se muestran las pantallas correspondientes a algunas de las salidas de la última iteración realizada para el cálculo del número de réplicas donde se observan los valores correspondientes a todas las variables en estudio. Al realizar el proceso iterativo se obtuvieron los valores que se muestran en las Tablas siguientes.

Caso 1: Este caso se refiere al sistema con la configuración actual, días de alta demanda bajo el entorno actual. La Tabla 6.3 muestra los valores obtenidos en el cálculo de tamaño de muestra detallando cada una de las iteraciones realizadas. La variable usada fue el valor promedio del tiempo en cola.

Iteración	*Media*	*Desviación Estándar(σ)*	*Error(ε)*	*% Error*	*N_0*	*Próximo N (número de réplicas)*
1	0.0874	0.062	0.029	33.18	20	774
2	0.106	0.0967	0.0068	6.43	774	1279
3	0.105	0.0987	0.0054	5.16	1279	1358
4	0.105	0.0981	0.0052	4.97	1358	1342

Tabla 6.3. Valores correspondientes a la variable "Valor Promedio del Tiempo en Cola " en el proceso iterativo del cálculo del número de réplicas en la corrida de la simulación, caso 1.

Caso 2: Este caso corresponde al modelo del sistema en su configuración actual sometido a baja demanda en el entorno actual. La variable en la que se observo un error mayor fue tiempo promedio en la cola de los operadores, y las iteraciones hechas para obtener el número de réplicas se reseñan en la Tabla 6.4

Iteración	*Media*	*Desviación Estándar(σ)*	*Error(ε)*	*% Error*	*N_0*	*Próximo N (número de réplicas)*
1	0.0243	0.0211	0.00986	40.58	20	1159
2	0.0241	0.021	0.00121	5.02	1159	1167
3	0.0240	0.0210	0.00120	5.00	1279	1120

Tabla 6.4. Valores correspondientes a la variable "Valor Promedio del Tiempo en Cola " en el proceso iterativo del cálculo del número de réplicas en la corrida de la simulación, caso 2.

Caso 3: Este caso corresponde al modelo que representa el sistema propuesto sometido a un nivel de demanda alto en el entorno actual, la variable usada para determinar el número de réplicas en este caso fue tiempo promedio en cola para ser atendido por un operador (CSR). Los resultados obtenidos en el proceso iterativo para el cálculo del tamaño de muestra se pueden observar en la Tabla 6.5.

Iteración	*Media*	*Desviación Estándar(σ)*	*Error(ε)*	*% Error*	*N_0*	*Próximo N (número de réplicas)*
1	0.0259	0.0257	0.012	46.33	20	1512
2	0.0247	0.0216	0.00109	4.41	1512	1175

Tabla 6.5. Valores correspondientes a la variable "Valor Promedio del Tiempo en Cola " en el proceso iterativo del cálculo del número de réplicas en la corrida de la simulación, caso 3

Caso 4: Este caso es el que representa al modelo de configuración propuesta sometido a un nivel de demanda bajo en las condiciones del entorno actual. En este caso caso también la variable con mayor error en la apreciación de su intervalo de confianza es el tiempo promedio en la cola de los operadores. Los resultados del cálculo del tamaño de muestra se reseñan en la Tabla 6.6

Iteración	*Media*	*Desviación Estándar(σ)*	*Error(ε)*	*% Error*	*N_0*	*Próximo N (número de réplicas)*
1	0.00615	0.0084	0.00393	63.90	20	2867
2	0.00780	0.00975	0.000357	4.57	2867	2401

Tabla 6.6. Valores correspondientes a la variable "Valor Promedio del Tiempo en Cola " en el proceso iterativo del cálculo del número de réplicas en la corrida de la simulación, caso 4

Caso 5: En este caso se analiza el sistema con la configuración actual sometido a un nivel alto de demanda en un entorno pronosticado. Los resultados obtenidos para la primera muestra de veinte réplicas arrojaron que la variable con mayor error resultó ser Umbral Superior (Umbral de Abandono) por lo que se debió continuar el proceso iterativo por un ciclo más. Los resultados obtenidos en el proceso iterativo sobre esta variable se observan en la Tabla 6.7

Iteración	*Media*	*Desviación Estándar(σ)*	*Error(ε)*	*% Error*	N_0	*Próximo N (número de réplicas)*
1	27.4	5.81	2.72	10	20	70
2	28.1	5.8	1.38	4.9	70	67

Tabla 6.7. Valores correspondientes a la variable "Umbral Superior" en el proceso iterativo del cálculo del número de réplicas en la corrida de la simulación, caso 5

Caso 6: Sistema con la configuración actual sometido a un nivel de demanda bajo en un entorno pronosticado. En este caso la variable que presentó el intervalo de confianza del 95% con mayor error fue la que representa a las llamadas que no pueden acceder al sistema debido a que este se encuentra ocupado (Variable Balked) . Los resultados obtenidos en el proceso iterativo sobre esta variable se observan en la Tabla 6.8

Iteración	*Media*	*Desviación Estándar(σ)*	*Error(ε)*	*% Error*	N_0	*Próximo N (número de réplicas)*
1	32.9	21.7	10.1	30.7	20	669
2	38.1	21.5	1.63	4.28	669	490

Tabla 6.8. Valores correspondientes a la variable "Balked " en el proceso iterativo del cálculo del número de réplicas en la corrida de la simulación, caso 6

Caso 7: El presente caso representa el sistema en configuración propuesta sometido a un nivel de demanda alta, en las condiciones de un entorno pronosticado a seis meses. En este caso la variable que presentó el intervalo de confianza del 95% con mayor error fue la que representa a las llamadas que no pueden acceder al sistema debido a que éste se encuentra ocupado (Variable Balked) . Los resultados obtenidos en el proceso iterativo sobre esta variable se observan en la Tabla 6.9.

Iteración	*Media*	*Desviación Estándar(σ)*	*Error(ε)*	*% Error*	*N_0*	*Próximo N (número de réplicas)*
1	72.5	45.4	21.2	29.2	20	603
2	71	31.3	2.5	3.52	603	299

Tabla 6.9. Valores correspondientes a la variable "Balked " en el proceso iterativo del cálculo del número de réplicas en la corrida de la simulación, caso 7

Caso 8: En este caso el modelo opera con la configuración propuesta, a un nivel de demanda bajo, y en un entorno pronosticado. Al realizar la muestra piloto de veinte réplicas se observó que la variable que presentaba mayor error para el intervalo de confianza fue la variable que representa el número promedio de llamadas en cola (NumCola). Los resultados obtenidos en el cálculo de la muestra para todas las réplicas se observa en la Tabla 6.10.

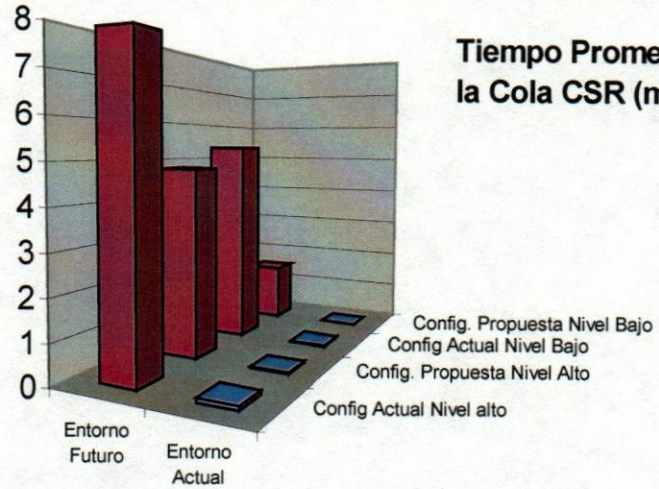
Iteración	*Media*	*Desviación Estándar(σ)*	*Error(ε)*	*% Error*	*N_0*	*Próximo N (número de réplicas)*
1	3.35	2.27	1.06	31.64	20	706
2	2.88	1.6	.12	4.09	706	475

Tabla 6.10. Valores correspondientes a la variable "NumCola " en el proceso iterativo del cálculo del número de réplicas en la corrida de la simulación, caso 8.

VI.5 Resultados Obtenidos

Los resultados obtenidos de las distintas corridas se muestran detalladamente en el anexo 15, en este apartado se muestran los resultados de forma gráfica para establecer una comparación entre los distintos valores obtenidos.

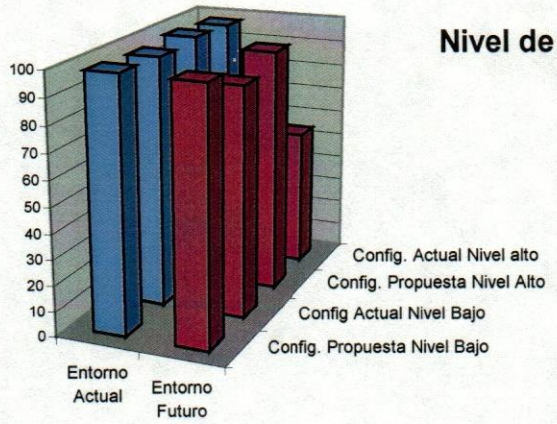
La influencia del entorno futuro sobre ambas configuraciones es de alto impacto. Probablemente se tendrán que adoptar medidas adicionales a las consideradas en este estudio para garantizar a los suscriptores tiempos en cola aceptables.



	Config Actual Nivel alto	Config. Propuesta Nivel Alto	Config Actual Nivel Bajo	Config. Propuesta Nivel Bajo
Entorno Actual	0.105	0.026	0.024	0.008
Entorno Futuro	7.93	4.79	5.32	1.53

Figura 6.1. Resultados para el tiempo promedio en cola CSR en todos los casos.

En la figura 6.1 se muestra una de las variables más relevantes del estudio, la primera inferencia sobre el gráfico mencionado esta relacionada con el hecho que los valores promedios de tiempo en cola son muy bajos, esta característica también es observada en el sistema real, y es atribuida principalmente a que todavía se esta trabajando muy por debajo de la capacidad real, es decir, la demanda actual es pequeña en relación con la dimensión del Centro de Servicio Telefónico. En la figura 6.1 también se observa una marcada diferencia entre los desempeños relativos a las dos configuraciones en estudio, al simular con la configuración actual los tiempos promedios en cola son mucho mayores que para la configuración propuesta, este hecho es lógico ya que en la configuración propuesta el IVR resuelve algunos casos sin necesidad de la intervención de un operador, es decir la carga de trabajo sobre los operadores se ha reducido, por lo que el sistema completo tiene un mejor desempeño. Otro aspecto que merece atención es el hecho referente a que bajo la demanda pronosticada para Septiembre del año 2000, todos los valores del promedio de tiempo en cola son muy altos, por tanto existe una clara diferencia, entre el sistema real y el modelo, debido a que en el sistema real no hay muchas personas que estén dispuestas a esperar tanto tiempo para ser atendidas, en este punto se debe recordar que el presente trabajo no considera abandono de llamadas.



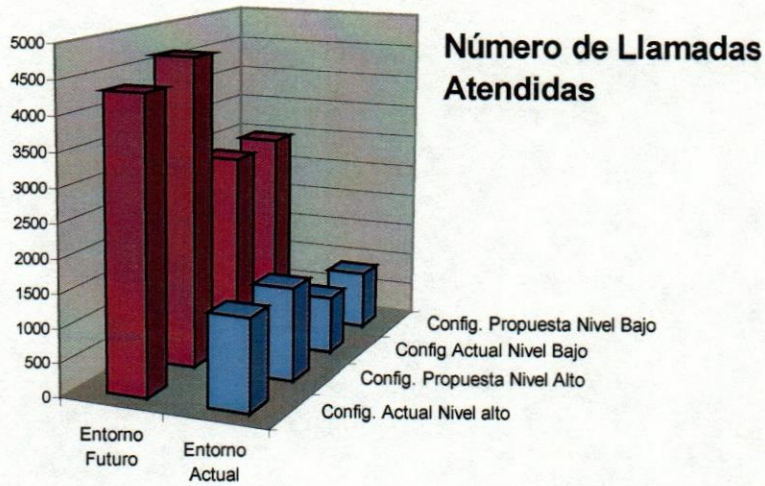
	Config. Actual Nivel alto	Config. Propuesta Nivel Alto	Config Actual Nivel Bajo	Config. Propuesta Nivel Bajo
Entorno Actual	97.5	98.9	97.8	98.9
Entorno Futuro	54.3	95.7	90.1	98.6

Figura 6.2. Resultados Obtenidos para todos los casos de la variable Nivel de Servicio.

El entorno actual no es un factor muy influyente sobre el Nivel de Servicio, tal como lo muestra la figura 6.2, a diferencia del entorno futuro, en el que se observaron diferencias notables entre el nivel de servicio para las distintas configuraciones. Para justificar tal aseveración se puede utilizar el mismo argumento usado en el caso del tiempo promedio en cola, es decir actualmente las dimensiones del CST son más grandes de las requeridas para manejar la demanda presente, caso contrario se observa en el entorno fututo, donde la demanda puede llegar a ser mayor a la que puede manejar el CST manteniendo los niveles de servicios requeridos.

De mantenerse el sistema con la configuración actual, se pronostica una disminución sustancial en el Nivel de Servicio, de tal manera que no se podría cumplir con los parámetros de calidad recomendados. (Ver anexo 12: Recomendaciones de la FCC).

Si se implementa la configuración propuesta la simulación muestra que se superarían los Niveles de Servicio recomendados, sin alterar el número de operadores.



	Config. Actual Nivel alto	Config. Propuesta Nivel Alto	Config Actual Nivel Bajo	Config. Propuesta Nivel Bajo
Entorno Actual	1370	1390	849	865
Entorno Futuro	4340	4660	2900	2953

Figura 6.3. Resultados para el número de llamadas en cola CSR en todos los casos.

En la figura 6.3 se puede observar un gran incremento del número de llamadas atendidas en solo seis meses, causado por el aumento de la demanda, tal hecho demuestra que los requerimientos del sistema pueden verse exigidos a corto plazo. Al combinar este resultado con el obtenido para el Nivel de Servicio (figura 6.2) se percibe que aunque para el caso de la configuración actual a un nivel alto de demanda se atenderían alrededor de 300% más llamadas en Septiembre que en Marzo el nivel de servicio bajaría considerablemente, no así para la configuración futura que al hacerle el mismo análisis resultó que puede manejar la demanda sin sacrificar tanta porción del Nivel de Servicio. Otro aspecto de importancia es el hecho relativo a que bajo el entorno futuro con la configuración propuesta se atienden en promedio 320 llamadas más al día, este hecho se explica con las llamadas que tratan de entrar al sistema pero los encuentran ocupado como se demuestra en la figura 6.4

El resultado que se expresa en la figura 6.4 es de vital importancia para la percepción del servicio por parte de los clientes, es decir, si a un cliente le es difícil comunicarse con el CST se generará una imagen negativa sobre el servicio. En la figura 6.4 no se incluyen los resultados para el entorno actual ya que estos son iguales a cero en todo los casos.

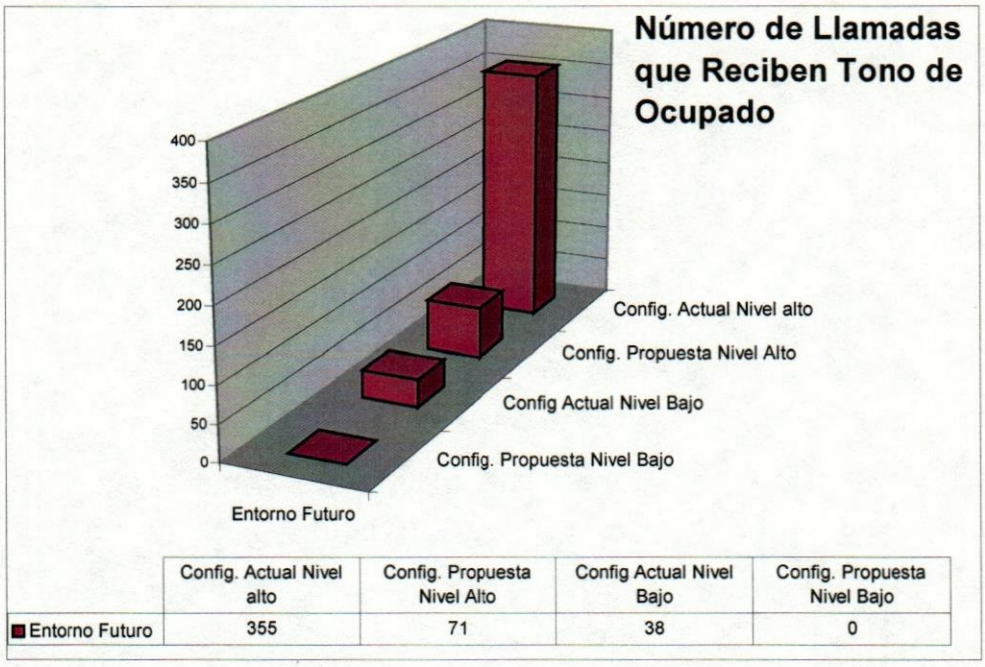


Figura 6.4. Resultados para el número de que reciben tono de ocupado al tratar de ingresar al sistema (Balked) para el entorno futuro

La figura 6.5 reseña gráficamente los resultados para la variable umbral superior (llamadas en espera por más de noventa segundos), en la que se pude apreciar la gran diferencia existente entre el valor para el sistema bajo la configuración actual y la propuesta en el entorno futuro, este variable es determinante en la comparación de ambos sistemas.

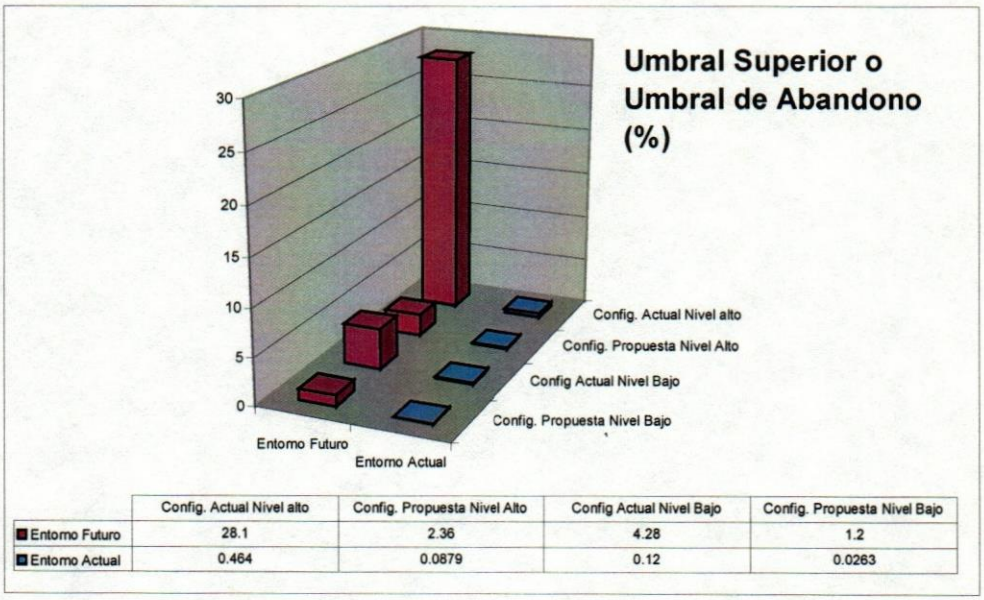
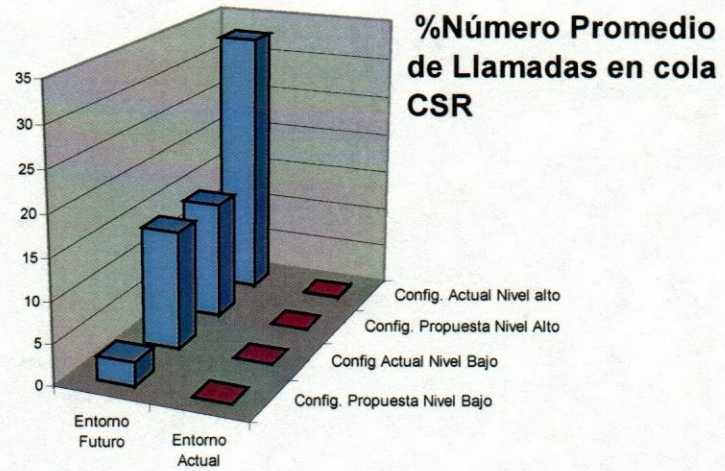


Figura 6.5. Resultados para el porcentaje de llamadas en espera por más de noventa segundos

Como se reseñó anteriormente las llamadas que esperan más de noventa segundos tienen alta probabilidad de abandonar el sistema, los altos valores observados para la simulación del sistema actual bajo el pronóstico de Septiembre del año 2000 son el resultado de un sistemas en el que se observan largas colas, es decir la demanda pronosticada ha sido capaz de "rebosar" el sistema, y en este caso aproximadamente el 30 % de las llamadas son potenciales abandonos. En todos los otros casos esta variable se mantiene en niveles aceptables menores al 5%

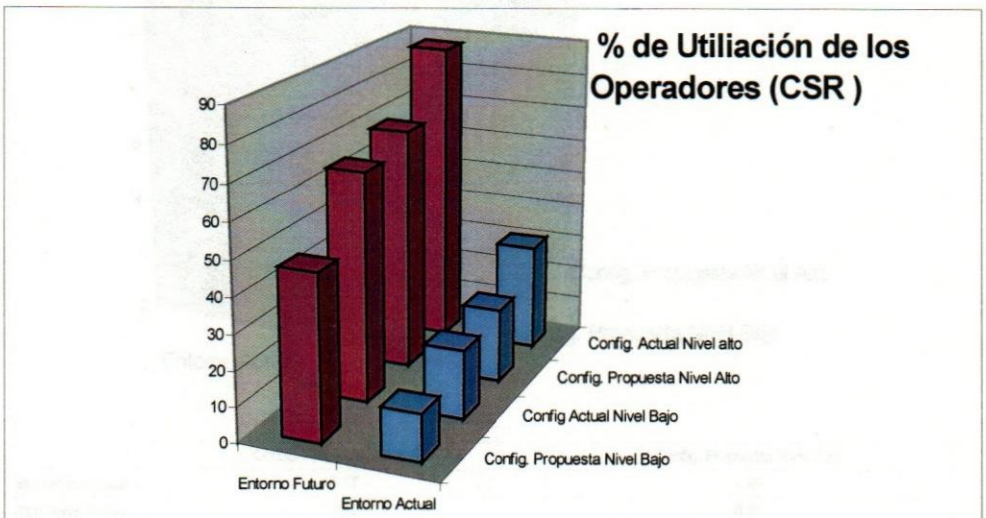


	Config. Actual Nivel alto	Config. Propuesta Nivel Alto	Config Actual Nivel Bajo	Config. Propuesta Nivel Bajo
Entorno Futuro	32.8	14.3	14.4	2.88
Entorno Actual	0.141	0.023	0.0198	0.00445

Figura 6.6. Resultados para el promedio de llamadas en cola CSR en todos los casos.

Cómo se explico en el capitulo el Capítulo II la Central Meridian tiene una capacidad máxima de atención simultánea de 90 llamadas, cada llamada ocupa una línea durante su permanencia en el sistema, por tanto la suma de todas las llamadas que hay en el sistema simultáneamente debe ser menor 90 para tener recursos disponibles para la atención de nuevas entidades. Las llamadas que están la cola de los operadores ocupan un puerto en la central de manera ociosa, es decir, no están siendo atendidas, por lo que lo ideal es mantener el promedio de llamadas en cola relativamente bajo en comparación con la capacidad de la central. En el caso de la configuración actual en un nivel alto de demanda para Septiembre del año 2000 se predice que aproximadamente en promedio el 30% de la capacidad de la

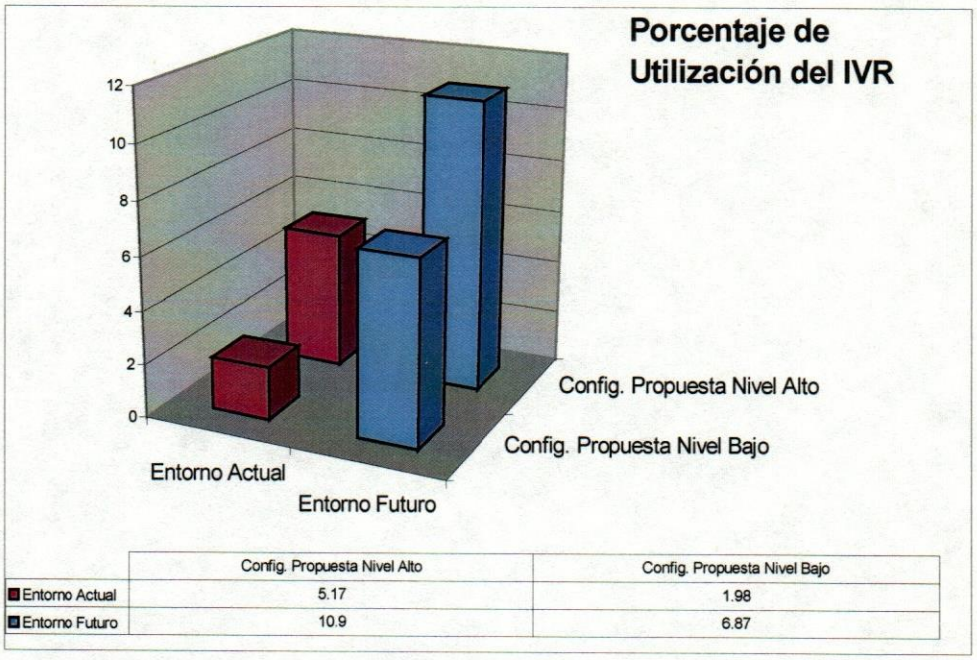
central estará ocupada por llamadas en cola, en todos los demás casos esta relación desciende a menos del 15%.



	Config. Actual Nivel alto	Config. Propuesta Nivel Alto	Config Actual Nivel Bajo	Config. Propuesta Nivel Bajo
Entorno Futuro	88	70	65.7	46.9
Entorno Actual	30.7	21	19.7	13.5

Figura 6.7. Resultados para el porcentaje de Utilización de los CSRs en todos los casos.

Aunque en la figura 6.7 se puede observar cierta holgura en la utilización actual de los CSRs, en el futuro estos se verán mucho más exigidos, y aún más si se continúa con la configuración actual del sistema. La baja utilización de los operadores presente puede justificar la opción de un estudio para el redimensionamiento del CST, pero si se observan los pronósticos, el efecto de la demanda a corto plazo invalidaría tal argumento. La utilización de los operadores para el sistema con la configuración actual a un nivel alto de demanda y en el entorno futuro, es notablemente alta, lo cual indica lo sobrecargado del sistema bajo dichas condiciones.



	Config. Propuesta Nivel Alto	Config. Propuesta Nivel Bajo
Entorno Actual	5.17	1.98
Entorno Futuro	10.9	6.87

Figura 6.8. Resultados para el porcentaje de Utilización de los CSRs en todos los casos.

La figura 6.8 muestra que el IVR estaría poco exigido bien sea en el entorno actual o al futuro, este hecho es atribuido a la poca versatilidad para resolver otros tipos de problemas sin la intervención de un operador, además de su capacidad de atender 30 llamadas simultáneamente, es importante destacar que la variable utilización del IVR solo tiene sentido bajo la configuración del sistema propuesto donde tiene un papel importante en la atención de llamadas. Por lo antes comentado el IVR no se considera como un elemento limitante del sistema bajo las condiciones estudiadas.

VI.6 Consideraciones de Costos

Para la implementación de la configuración propuesta por la Gerencia de Servicios al Cliente se requiere de una inversión inicial de US $ 88.594. El estudio de simulación permitió evaluar esta propuesta comparando los sistemas bajo la configuración actual y bajo la configuración propuesta sometidos ambos a la demanda futura (pronosticada a 6 meses).

Básicamente se quieren comparar dos sistemas desde el punto de vista monetario. Para realizar esta comparación se estableció el Nivel de Servicio como parámetro de estudio. Lo

que se hizo fundamentalmente fue aumentar la cantidad de CSR para llegar a obtener un nivel de servicio igual al que se tendría con el sistema propuesto y bajo la demanda futura.

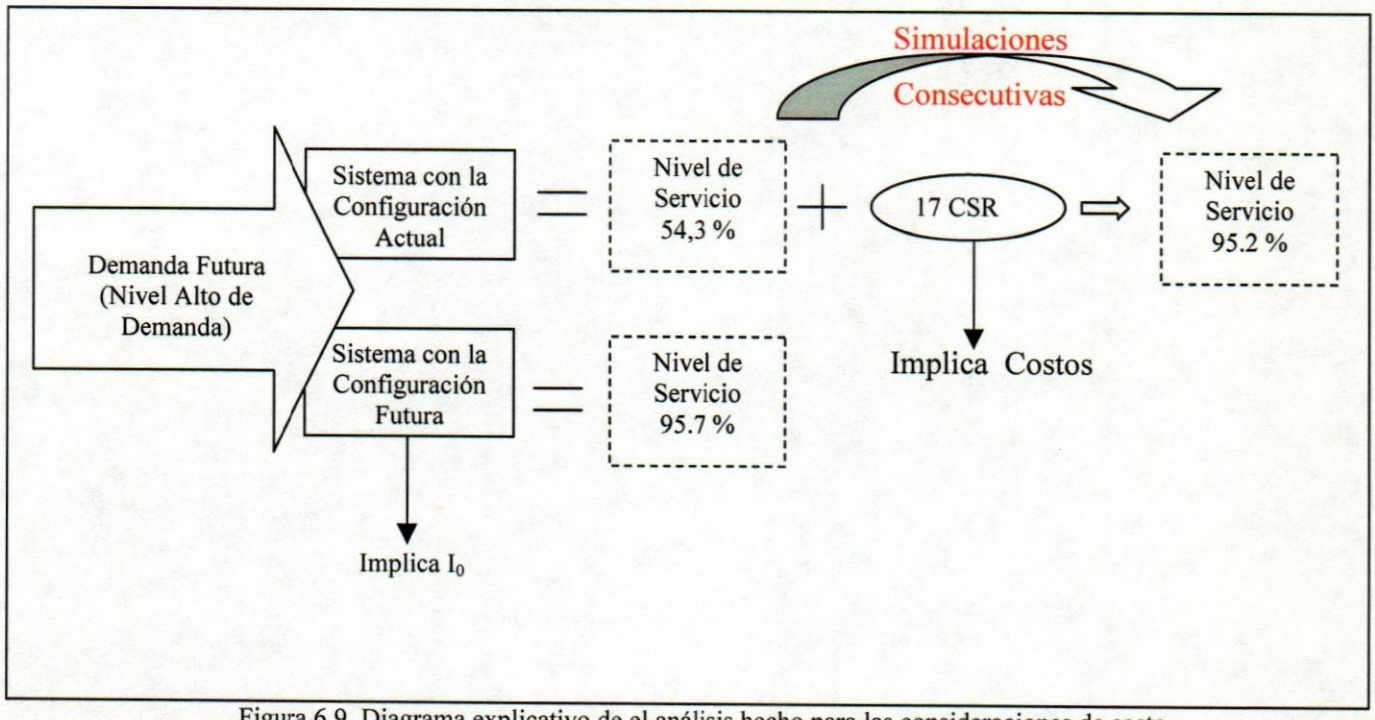


Figura 6.9. Diagrama explicativo de el análisis hecho para las consideraciones de costo.

Se quiere elegir entre dos alternativas que garantizan exactamente los mismos beneficios (mismos niveles de desempeño del Centro de Servicio Telefónico).

Alternativa 1: Invertir $ 88.594 (costo aproximado del proyecto) en modificaciones a la configuración de los equipos del centro de Servicio Telefónico, esta inversión se realiza en una sola cuota.

Alternativa 2: Contratar 17 Operadores con un paquete anual de Bs. 6.000.000 ($ 8.760) cada uno. Para un total de $ 10949 mensuales por todos los operarios extras.

Las expectativas de vida útil de la reconfiguración de los sistemas es de tres años (36 meses), por lo tanto se escogió este período como horizonte de tiempo para realizar el análisis económico. Para llevar a cabo el análisis se usó como TMAR el 11 % (establecida por Digitel); este valor es el que utiliza la compañía para evaluar sus proyectos y su cálculo

queda fuera del alcance de este trabajo. Los flujos de caja para ambos proyectos se ilustran en la figura 6.10

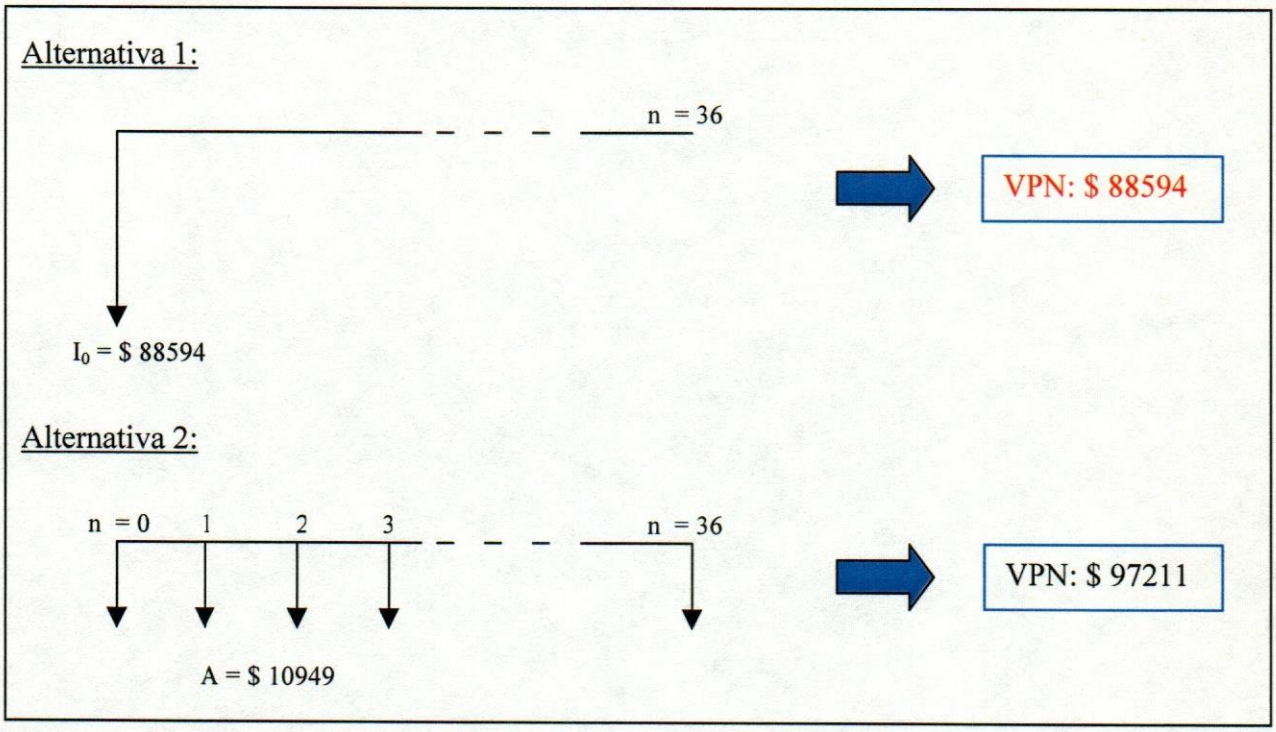


Figura 6.10. Flujos de caja correspondientes a ambas alternativas.

Para ambos proyectos el beneficio obtenido es el mismo, de modo que se suprimen los valores para ambas alternativas porque afectan igualmente a ambos proyectos y por lo tanto se anulan. Al realizar los cálculos del VPN de ambos proyectos se obtiene que es más rentable invertir ahora en la reconfiguración de los sistemas; como se trata de desembolsos de dinero, se elige el proyecto con menor VPN. Aunque la diferencia financiera entre las alternativas no sea muy grande se sugiere la Alternativa 1 debido a que se toman en cuenta factores imponderables tales como los problemas inherentes al trato con recursos humanos.

VI.7 Consideraciones sobre las asignaciones de los operadores del CST

Con el fin de estudiar la asignación de operadores en el CST se realizó un análisis en el que se comparan dos alternativas, la primera corresponde a los horarios y asignaciones de CSRs actual; la segunda es la que simula una alternativa realizada mediante la observación de la

demanda diaria (ésta es una entre las múltiples alternativas posibles). Ambas asignaciones fueron simuladas en las mismas condiciones (nivel de demanda alto, configuración actual).

La asignación de Operadores actualmente es de la siguiente manera:

- Turno de la Mañana: 11 Operadores desde las 7:00 AM hasta la 1:00 PM.
- Turno de la Tarde: 9 Operadores desde la 1:00 PM hasta las 7:00 PM.
- Turno de la Noche: 3 Operadores desde las 7:00 PM hasta la 1:00 AM.
- Turno Escalado de la Mañana: 1 Operador desde las 9:00 AM. Hasta las 3:00 PM.
- Turno Escalado de la Tarde : 4 Operadores desde las 3:00 PM hasta las 9:00 PM.
- En esta asignación se emplean 28 operadores en total.

El comportamiento de la demanda diaria indica que el número de llamadas recibidas se va incrementando paulatinamente en el transcurso de la mañana, de modo que para la mañana no es necesario tener los 11 operadores desde el inicio. Es preferible entonces que los operadores lleguen en el turno escalado de la mañana cuando comienza a incrementarse la demanda. Por otro lado, tener 9 personas en el turno de la tarde y 3 en el turno de la noche puede sustituirse por la alternativa de tener 7 personas en la tarde y 4 en la noche. Con un pequño análisis como este se ha logrado redistribuir los operadores y reducir en 1 la cantidad de ellos. Esta configuración no es la óptima pero se ha conseguido una mejor alternativa.

La asignación de operadores que se propone es la siguiente:

- Turno de la Mañana: 7 Operadores desde las 7:00 AM hasta la 1:00 PM.
- Turno de la Tarde: 7 Operadores desde la 1:00 PM hasta las 7:00 PM.
- Turno de la Noche: 4 Operadores desde las 7:00 PM hasta la 1:00 AM.
- Turno Escalado de la Mañana: 5 Operador desde las 9:00 AM. Hasta las 3:00 PM.
- Turno Escalado de la Tarde : 4 Operadores desde las 3:00 PM hasta las 9:00 PM.

Para un total de 27 operadores.

En las tablas 6.10 y 6.11 se observan los resultados de las simulaciones para la asignación de operadores actuales y la asignación sugerida respectivamente.

Número de réplicas=1945

Variable	*Media*	*Desviación Estándar*	*Intervalo Confianza 95%*
%Utiliz. CSR	28.7	1.1	0.0491
Nivel de Servicio	98.1	0.361	0.0161
Tiempo Avg. en Cola	0.0218	0.0215	0.000958

Tabla 6.11. Resultados para la simulación con la asignación actual de CSR

Número de réplicas =1358

Variable	*Media*	*Desviación Estándar*	*Intervalo Confianza 95%*
%Utiliz. CSR	30.7	1.29	0.022
Nivel de Servicio	97.5	0.414	0.0161
Tiempo Avg. en Cola	0.105	0.0981	0.00522

Tabla 6.12. Resultados para la simulación con la asignación propuesta de CSR

Al realizar los cálculos para estimar el intervalo del 95% de confianza para la diferencia de medias de las medidas analizadas en este caso se obtuvo la Tabla 6.13

Variable	*Diferencia*	*Desviación Estándar*	*% Diferencia .*
%Utiliz. CSR	2	0.084	6.51
Nivel de Servicio	0.6	0.027	0.61
Tiempo Avg. en Cola	0.0832	0.005	79,00

Tabla 6.13. Diferencias entre los resultados de la reasignación.

En la tabla 6.13 se observa que se reducen los tiempos en cola en un 79 % con la asignación propuesta, además de una disminución del 6.51% en la utilización de los operadores, no se observó diferencia prácticamente significativa en el nivel de servicio.

CAPÍTULO VII. Conclusiones y Recomendaciones

VII.1 Conclusiones

Se ha comprobado que la Simulación es una herramienta poderosa para entender el desempeño de los sistemas complejos bajo diferentes condiciones, sin incurrir en riesgos, costos excesivos o interrupciones.

Las características de demanda creciente para el negocio de las Telecomunicaciones hace esencial el desarrollo planificado de cada una de las áreas componentes de la empresa; tal es el caso que se presenta en el CST en donde los estudios de *Simulación* representan una valiosa herramienta potencial para la evaluación de alternativas y toma de decisiones.

Como se ha reseñado a través del desarrollo del presente trabajo, las exigencias de demanda para los próximos seis meses hace evidente la necesidad de realizar inversiones en recursos para mantener Niveles de Servicio que garanticen la satisfacción de los clientes. De esta forma se puede establecer la Calidad en la Atención al Cliente como ventaja comparativa con respecto a los competidores del mercado.

Entre las inversiones necesarias para el CST se incluye la reconfiguración del equipo IVR con el fin de aprovechar este equipo al máximo nivel de la capacidad de sus funciones. Según se infiere de los resultados del estudio al implementar la nueva configuración se disminuye la dependencia de los CSR como únicos actores de los procesos de atención al cliente, este aspecto es de gran importancia ya que se debe atender segmentadamente los requerimientos de los usuarios.

Con relación a las consideraciones de costos se considera como un acierto la implementación de la configuración propuesta para el CST tal como se discutió en el Capítulo VII; por otro lado el estudio sirvió para generar una herramienta que permita evaluar en un momento determinado la utilización de los recursos humanos asignados tal como puede suceder si se

evalúa la reasignación de turnos para mejorar el rendimiento y los % de utilización de los CSR.

La elección de un paquete de simulación de alto nivel permitió que se realizara el estudio de una forma expedita. Además debido a las características del Arena, se logró combinar la facilidad de uso de un paquete de simulación de alto nivel con la flexibilidad que brindaría un lenguaje de simulación de bajo nivel. Por otro lado, existe cierta limitación que está relacionada directamente con el paquete de simulación utilizado debido a que en su versión académica posee ciertas restricciones que impidieron la realización de un modelo más adecuado a la realidad, sin embargo, debido a que han sido identificadas las posibles causas de inexactitud, se pueden solventar una vez que se tenga a la mano el paquete de simulación con la licencia para operarlo comercialmente.

La obtención y recopilación de datos es fundamental para la correcta realización de un estudio de simulación. Esta afirmación es sostenida por el hecho de que el sesgo que puedan tener los resultados pueden atribuirse a la poca cantidad de datos tratados y en parte también a la volatilidad del negocio que le otorga características de alta variabilidad.

Al identificar correctamente los procesos clave relacionados con el estudio se estuvo en capacidad de generar un modelo que pudiese imitar fielmente la mayoría de los casos tratados en el sistema estudiado. La clasificación de Pareto realizada, permitió clasificar las razones de llamadas y al mismo tiempo identificar cuáles de ellas eran determinantes sobre el desempeño del CST.

VII.1 Recomendaciones

Se recomienda la adopción de un sistema de Desarrollo Planificado de los Procesos que involucre la *Simulación* de escenarios futuros para distintos procesos, que, al igual que los procesos de atención al cliente en el CST, son de vital importancia para el correcto desarrollo de la Corporación Digitel. La intención es brindar una herramienta que permita medir el desempeño a futuro de los procesos que dependen del incremento de la demanda con la finalidad de cubrir las expectativas de crecimiento para así adquirir y eventualmente aumentar la ventaja comparativa de la Corporación Digitel.

En este orden de ideas se recomienda también la evaluación del sistema de Retorno de Llamada (Call Back) en el cual, cuando el sistema se encuentra congestionado, se le da la opción al suscriptor (a través del IVR) de dejar un número de contacto para que el próximo operador disponible le devuelva la llamada.

Dentro de las alternativas de evaluación para estudios futuros también figura la configuración del sistema para enrutar las llamadas según el perfil de experticia de los operadores (Skill Based Routing)

Debido a que este sistema que se propone no involucra solamente al CST, sino a otras áreas funcionales de la Corporación (como puede ser el área de Operaciones de la Red) se recomienda adquirir un paquete de simulación general y no uno dedicado únicamente a la evaluación de Call Center (en especial Arena Standard Edition por su flexibilidad y facilidad de uso) para la correcta gestión de desarrollo y planificación del negocio.

El modelo desarrollado utiliza la técnica llamada *thinning* para el modelaje de las llegadas de las llamadas, se recomienda, readaptar el modelo para el caso en que se tenga el reporte de llamadas detallado (Call by Call) que no se pudo obtener (por fallas de configuración en el servidor) para este estudio. De esta forma, se puede tener un modelo un poco más adaptado a la realidad en cuanto a las llegadas de llamadas.

Para llevar a cabo coherentemente esta gestión es necesario "depurar" el modelo previamente creado en este estudio e ir retroalimentandolo con datos más precisos y agregar más data histórica con la intención de adecuar el modelo e ir afinándolo.

Se debe estar vigilante para monitorear constantemente los Niveles de Servicio del sistema actual y observar cuando las variables representativas del desempeño del sistema comiencen a variar notablemente. Para realizar esto, es indispensable adecuar los sistemas de registro y recolección de data estadística del CST.

BIBLIOGRAFÍA

Libros:

Averill M Law and Kelton David. (1982). *Simulation Modeling and Analysis*. USA. McGraw-Hill Capítulos: V, VIII, IX, X

Banks J. (Ed) (1998).*Handbook Of Simulation: .Simulation Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice*. USA. Engineering Management Press EMP/ WILEY-INTERSCIENCE PUBLICATION. Capítulos: Parte I, Parte II, Parte V

Booth Rupert.(1994). *Cómo controlar sus gastos generales*. Barcelona. Ediciones Folio. Capítulos: II, III

Coss B. Raúl.(1997). *Simulación. Un Enfoque Práctico*. LIMUSA.(México). Capítulos: I, III, IV, V.

Kelton W David. , Sadowski Randall, Sadowski Deborah. (1998). *Simulation With Arena*. USA. WCB/ McGraw-Hill. Capítulos: del I al X

Melinkoff R. (1983). Los procesos administrativos. (4ª Edición) Caracas. Contexto editores

Spiegel M. (1979). *Teoría y Problemas de Estadística*(2ª Edición). México. McGraw-Hill (Serie Schaum). Capítulos: X, XII, XIII.

Artículos de Libros:

Pessnell M. (1998). *Simulación por computadora*. En Hodson W K. Manual del Ingeniero Industrial. Cuarta edición. Capitulo 4.

Artículos de Revistas:

Feather, John J. "*Using Value Analysis to Target Customer Service Procees Improvements*". En: Solutions. Mayo, 1998 Volumen 30, Número 5 . Pag 33-38

Banks, Jerry and Roerer Matt. *"Required Skills of a Simulation Annalyst"*.En: Solutions. Mayo 1998. Volumen 30, Número 5 , pp. 20-23

Davis, Wayne J. "*Looking Into the Future of Simulation."* En: Solutions. Mayo 1998. Volumen 30, Número 5, pp. 24-30

Bowden, Royce. *"The Spectrum of simulation software"*. En: Solutions. Mayo 1998. Volumen 30, Núumero 5, pp. 44-46

Hicks, Donald A. "*Simulation Needs a Jump Start"*. En: Solutions. Octubre 1999. Volumen 31, Número 10, p. 18

Papers:

Leemis, Lawrence. "Nonparametric Estimation of the Cumulative Intensity Function for a Nonhomogeneous Poisson Process". Noviembre, 1990. (En: Larry Leemis, home page: http://www.math.wm.edu/~leemis/)

Páginas Web:

Larry Leemis Home Page:
http://www.math.wm.edu/~leemis/

Westbay Engineers Limited:
http://www.erlang.com

Statistics UCLA:

http://www.stat.ucla.edu/calculators/correlation.phtml

Teleconnect:

http://www.teleconnect.com/content/toc/

SPSS Statistical Package on the SP/Cluster:

http://www.ats.ucla.edu/at/sp/software/stat/spss.htm#AA

Glossary of statistical terms:

http://europa.eu.int/comm/eurostat/research/index.htm?http://europa.eu.int/en/comm/eurostat/research/isi/alpha/es/es80.htm&1

The Simulation Education Home Page:

http://www.acs.ilstu.edu/faculty/wjyurci/nsfteachsim/indexnew.html

Information About Selecting Simulation Software:

http://www.acs.ilstu.edu/faculty/wjyurci/nsfteachsim/simsoftwareinfo.html

BIBLIOTECA