

**SIMULACIÓN DE UN NODO DE RED DE TELECOMUNICACIONES  
USANDO LA HERRAMIENTA COMNET III**

**JAIVER YOVANI PIAMBA LONDOÑO**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS  
POPAYÁN  
2002**

**SIMULACIÓN DE UN NODO DE RED DE TELECOMUNICACIONES  
USANDO LA HERRAMIENTA COMNET III**

**JAIVER YOVANI PIAMBA LONDOÑO**

**Monografía para optar al título de  
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones**

**Director**

**FRANCISCO JOSE PINO CORREA**

**Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS**

**POPAYÁN**

**2002**

## **GLOSARIO**

**CONMUTAR:** Analizar una solicitud de llamada de un abonado conectado a una central y conectarla al abonado correspondiente según la solicitud hecha.

**ENRUTAR:** recibir información de un elemento de red y enviarla por un enlace a otro que vaya destinada o que la necesite.

**FASE:** cada una de las divisiones que contiene un proceso de desarrollo de un proyecto.

**FLUJO DE TRABAJO:** son un conjunto de actividades específicas que se realizan dentro de una etapa técnica (análisis, diseño, etc), buscando aportar a un desarrollo de una iteración.

**ICONO:** Son las figuras representativas que contiene un determinado software. Ellas poseen atributos y expresan una determinada funcionalidad.

**IMPLEMENTAR:** Es el proceso de describir un diseño en un lenguaje específico. Para el propósito de este trabajo implementar es describir a través de los componentes de la herramienta Comnet III diseño previo.

**INTERACTUAR:** Son las acciones de relación que llevan a cabo dos objetos, buscando intercambiar información, prestar un servicio, o responder ante un evento.

**INTERCONECTAR:** Comunicar dos elementos de red a través de un medio o interfaz.

**ITERACIÓN:** Proceso de realización de determinadas actividades para conseguir un objetivo. También constituye cada una de las partes en que se puede dividir una fase.

**MODELO:** Es la representación que se hace de un sistema. Su interpretación es única de acuerdo al punto de vista que fue construido.

**PROCESAMIENTO DE LLAMADA:** son las acciones que se realizan para dar atención a una solicitud de llamada.

**REQUISITO:** son las condiciones de trabajo en las cuales opera un determinado sistema que se va a simular.

**SOLICITUD DE LLAMADA:** Es el deseo de comunicación de un abonado conectado a una central, enviando la información del destino que solicita.

**TARIFICACIÓN:** Es el proceso de contabilidad que se hace a cada abonado conectado a una central, con base en los servicios que solicita de ella.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1 MARCO TEÓRICO	3
1.1 REDES DE COMUNICACIONES	3
1.1.1 La planificación de redes de telecomunicaciones	4
1.1.2 Telefonía	4
1.1.3 El nuevo modelo de la telecomunicaciones	6
1.1.4 Propuesta de Convergencia (Modelo Convair)	7
1.2 MODELADO	8
1.2.1 Los conceptos de un sistema	9
1.2.2 Tipos de modelos	11
1.2.3 Principios Utilizados en el modelado	12
1.3 SIMULACIÓN	12
1.3.1 Etapas para realizar un estudio de simulación	13
1.3.2 Ventajas y desventajas en el uso de simulación	15
1.3.3 Análisis de los resultados de la simulación	16
1.3.4 Lenguajes de Simulación	16
1.4 LENGUAJE UNIFICADO DE MODELADO (UML)	18
1.4.1 Diagramas utilizados en el desarrollo de proyectos	19
1.5 COMNET III	22
1.5.1 Módulos de Comnet III	23
1.5.3 Aplicaciones Comnet III.	25
2 GUIA METODOLÓGICA PARA EL DESARROLLO DE UNA SIMULACIÓN UTILIZANDO COMNET III.	26
2.1 CONCEPTOS BÁSICOS	27

2.2	ASPECTOS GENERALES DE LA GUÍA	29
2.3	DIRECTRICES DE LA GUIA	36
2.3.1	Dirigida por casos de uso	36
2.3.2	Centrada en la arquitectura	37
2.3.3	Iterativa e incremental	37
2.3.4	Orientada a la experimentación	38
2.4	DESCRIPCIÓN DE LAS FASES DEL CICLO DE VIDA	38
2.4.1	Fase de Inicio	38
2.4.1.1	Definición de los objetivos y alcance de la simulación	39
2.4.1.2	Criterios de evaluación de la fase	39
2.4.1.3	Flujo de trabajo de una iteración en la fase de inicio	42
2.4.1.4	Ejecución de los flujos de trabajo fundamentales	43
2.4.1.5	Evaluación de la fase de inicio	45
2.4.1.6	Planificación de la fase de elaboración	46
2.4.2	Fase de elaboración	46
2.4.2.1	Flujo de trabajo de una iteración en la fase de elaboración	47
2.4.2.2	Ejecución de los flujos fundamentales	48
2.4.2.3	Evaluación de las iteraciones de la fase de elaboración	52
2.4.2.4	Planificación de la fase de construcción	53
2.4.3	Fase de construcción	53
2.4.3.1	Establecimiento de los criterios de evaluación	54
2.4.3.2	Ejecución de los flujos de trabajo fundamentales	55
2.4.3.3	Evaluación de la fase de construcción	59
2.4.4	Fase de transición	59
2.4.4.1	Planificación de la fase de transición	59
2.4.4.2	Los flujos fundamentales	60
2.4.4.3	Criterios de evaluación	60
3.	DESCRIPCION DEL SISTEMA. NODO DE RED DE TELECOM UBICADO EN POPAYÁN	62
3.1	RESEÑA HISTORICA	62
3.2	NODO DE RED DE TELECOM EN POPAYAN	63

3.3 SERVICIO DE TELEFONÍA LOCAL	64
3.3.1 Central telefónica DMS	64
3.3.1.1 Módulos periféricos	65
3.3.2 Dimensionamiento Central DMS-100 Nortel-Popayán	67
3.3.2.1 Datos locales	67
3.3.2.2 Datos Interurbanos	67
3.3.2.3 Datos de troncales	68
3.3.3 Procesamiento de llamadas locales y larga distancia	68
3.3.4 Procesamiento de llamadas entre municipios	69
3.4 SERVICIO DE TELEFONÍA LARGA DISTANCIA	70
3.4.1 Central larga distancia NEAX 61E	70
3.4.1.1 Subsistema de operación y mantenimiento	70
3.4.1.2 Sistema de conmutación	71
3.4.1.3 Subsistema de procesamiento	71
3.4.1.4 Subsistema de aplicación	71
3.4.2 Modo de interconexión y procesamiento de llamadas	72
3.4.2.1 Local	72
3.4.2.2 Interurbano	72
3.4.2.3 Nacional	73
3.4.3 Probabilidad de llegada de una llamada	74
3.5 SISTEMA DE TRANSMISIÓN	74
3.5.1 Equipos SDH	74
3.5.2 Equipos PDH	75
4. DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN DEL NODO DE RED DE TELECOMUNICACIONES	79
4.1 FASE DE INICIO	79
4.1.1 Definición de los objetivos y Alcances de la simulación	79
4.1.2 Flujo de trabajo de los requisitos	80
4.1.2.1 Requisitos de utilización del sistema	80
4.1.2.2 Actores	81
4.1.2.3 Casos de uso y su descripción	82

4.1.2.4	Prioridad de los casos de uso	82
4.1.3	Flujo de trabajo análisis	83
4.1.3.1	Análisis de los requisitos	83
4.1.3.2	Análisis de la arquitectura	86
4.1.4	Flujo de trabajo diseño.	86
4.1.4.1	Diseño de la arquitectura.	86
4.1.5	Flujo de trabajo implementación, pruebas y experimentación	88
4.1.6	Evaluación de la fase de Inicio	88
4.1.7	Planificación de la fase de elaboración	88
4.2	FASE DE ELABORACIÓN	88
4.2.1	Flujo de trabajo de los requisitos	89
4.2.1.1	Recopilación de nuevos requisitos	89
4.2.1.2	Actores	89
4.2.1.3	Detallando los casos de uso	89
4.2.1.4	Estructuración del modelo de casos de uso	89
4.2.2	Flujo de trabajo análisis	90
4.2.2.1	Análisis de la arquitectura	90
4.2.2.2	Análisis de los Casos de uso	90
4.2.2.3	Análisis de clases	92
4.2.2.4	Análisis de un paquete	93
4.2.3	Flujo de trabajo diseño	94
4.2.3.1	Diseño de la arquitectura	94
4.2.3.2	Diseño de casos de uso, clases de diseño, subsistema.	96
4.2.4	Flujo de Trabajo implementación	100
4.2.4.1	Implementación de la arquitectura, subsistemas y clases relevantes	100
4.2.5	Flujo de trabajo pruebas y experimentación	102
4.2.6	Evaluación de la fase de elaboración	103
4.2.7	Planificación de la fase de construcción	103
4.2.7.1	Primera iteración	103
4.2.7.2	Segunda iteración	104
4.2.7.3	Tercera iteración	105



4.2.7.4 Cuarta iteración	105
4.2.7.5 Quinta iteración	106
4.2.7.6 Sexta iteración	107
4.2.7.7 Séptima iteración	108
4.2.8 Planificación de la fase de transición	109
4.3 FASE DE CONSTRUCCIÓN	110
4.3.1 Iteración 1. Procesamiento de llamada interna	110
4.3.1.1 Flujo de trabajo de los requisitos y análisis	110
4.3.1.2 Flujo de trabajo de Diseño	110
4.3.1.3 Flujo de implementación	112
4.3.1.4 Flujo de Pruebas	116
4.3.1.5 Flujo de experimentación	116
4.4 FASE DE TRANSICIÓN	118
4.4.1 Comprobar la implementación de la simulación	119
4.4.2 Experimentación con la simulación	120
4.4.3 Evaluación de la fase de transición	122
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	123

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Central Telefónica	5
Figura 2. Propuesta del Nuevo Modelo de las Telecomunicaciones	7
Figura 3. Esquema de convergencia del modelo Convair	8
Figura 4. Tipos de modelo	11
Figura 5. Fases de un proyecto de simulación en relación con las iteraciones y los flujos de trabajo	32
Figura 6. Porcentajes de distribución del Tiempo en las fases del ciclo de vida de un proyecto	33
Figura 7. Esquema de actividades de la guía metodológica	34
Figura 8. Diagrama de trazabilidad de los artefactos	35
Figura 9. Fase de inicio en el desarrollo del proyecto de simulación	42
Figura 10. Flujo de trabajo de los requisitos en la fase de inicio	44
Figura 11. Flujo de análisis en la fase de inicio	44
Figura 12. Flujo de diseño en la fase de inicio	45
Figura 13. Fase de elaboración en el desarrollo de un proyecto de una simulación	48
Figura 14. Fase de construcción en el desarrollo de un proyecto de simulación	55
Figura 15. Fase de transición en el desarrollo de un proyecto de simulación	60
Figura 16. Principales componentes de la central DMS-100	65
Figura 17. Principales componentes de la central NEAX 61 E	71
Figura 18. Vista del modelo de casos de uso en la fase de inicio	82
Figura 19. Arquitectura candidata del modelo del sistema	87
Figura 20. Reestructuración del modelo de casos de uso	90
Figura 21. Paquete de análisis	94
Figura 22. Vista del modelo de análisis	92

Figura 23. Vista del modelo de diseño	96
Figura 24. Diagrama de colaboración de la Vista del modelo de diseño	99
Figura 25. Modelo de implementación	102
Figura 26. Diagrama de composición de la clase de diseño IOPAC	112
Figura 27. Distribución de las IOPACS en el nivel de subred	115
Figura 28. Implementación de la iteración 1	115
Figura 29. Ejemplo de la caída de un enlace	121

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Probabilidades de enrutamiento de llamadas en el nodo de Telecom en Popayán	76
Tabla 2. Tiempo de Emisión de llamadas de las centrales	77
Tabla 3. Capacidad de los enlaces en el sistema de Transmisión	78

## INTRODUCCION

Partiendo del trabajo de grado realizado “Estudio del software de simulación de redes, Comnet III”, se ha elaborado el proceso de simulación de un nodo de red de telecomunicaciones. Hasta el momento la utilización de la herramienta Comnet III en la universidad solamente había sido limitada a la experimentación realizada en el proyecto anterior. Se busca así con este trabajo sustentar las capacidades y ampliar la utilización de Comnet III en el desarrollo de nuevos proyectos en distintas áreas del sector de las comunicaciones.

El desarrollo de la guía metodológica específica para Comnet III permite dirigir la realización de distintos tipos de simulaciones, que brinden: soporte a los conocimientos adquiridos de manera teórica, elementos prácticos de operación de entornos de comunicaciones y facilidad en el aprendizaje de temas relacionados con la implementación que se produzca. Una metodología clara, precisa, ajustada, dinámica y de fácil entendimiento en el manejo de Comnet III, como la presentada en el Capítulo II, estimula el aprendizaje por parte de docentes y estudiantes para su múltiple utilización tanto en sencillos como complejos requerimientos.

Luego del marco teórico y la presentación de la guía metodológica de los dos primeros capítulos se realiza un estudio acerca del nodo de red de Telecom en Popayán, orientándolo a los aspectos necesarios a conocer, de cara a la implementación de la simulación; en donde se describe la composición y funcionamiento de las dos centrales que posee el nodo de red (La central para conmutación local DMS-100 y la central para conmutación larga distancia NEAX-E) y los demás componentes que forman parte de la red de Telecom en el departamento del Cauca (Centrales en los municipios, enlaces, equipos de radio, etc).

Partiendo de esta base se describe en el Capítulo IV, el proceso de implementación del nodo en la herramienta de simulación, dirigido este por la guía metodológica desarrollada. En él se detalla las operaciones que se realizan paso a paso hasta llegar a la culminación de la simulación, proporcionando un claro ejemplo de la ventaja de la utilización de la guía para Comnet III, y la ventaja de la utilización de Comnet III en simulación de requerimientos como este. Debido a lo extenso que resulta el detalle de la construcción, la totalidad de ella se encuentra recopilada en el Anexo 5.

El trabajo de desarrollo puede resultar mucho más extenso debido a los múltiples aspectos de funcionalidad que puede contener un nodo de red. Por eso la simulación solamente abarca los aspectos de Enrutamiento de llamadas locales, enrutamiento de llamadas larga distancia y la comunicación realizada con los diferentes municipios del departamento del Cauca. Otros aspectos como tarificación, operación y mantenimiento, etc., pueden ser objetivos para nuevos proyectos.

El anexo 1 describe los pasos necesarios para poner en marcha la simulación del nodo con las características de finalización según el alcance definido. Para una mejor comprensión de la utilización de la herramienta se proporciona en el anexo 2 con información específica de la utilización del módulo de conmutación de circuitos de Comnet III, utilizado en este trabajo.

Los resultados de las pruebas realizadas al nodo a través de la simulación proporcionan una clara idea de las ventajas que en aspectos de planeación y prevención otorga este trabajo a una empresa que decida implementar este tipo de proyectos en Comnet III. El anexo 3 recopila gran parte de la variedad de reportes que la herramienta de simulación genera, con base en la información específica y precisa que se suministre del sistema objeto de estudio (para este caso el nodo de red de Telecom en Popayán).

Finalmente para mayor comprensión de la guía metodológica el anexo 4 proporciona mas detalles de su aplicación a un proceso de implementación.

## **1. MARCO TEÓRICO**

La fusión de las computadoras y las comunicaciones ha tenido una profunda influencia en la forma en que los sistemas de cómputo se organizan. El compartir recursos, la alta confiabilidad, disponibilidad, el ahorro son solo algunos de los beneficios obtenidos de esta fusión. Es también la simulación de equipos de telecomunicaciones un importante resultado que proporciona hoy en día una perspectiva diferente en la construcción de redes (de telecomunicaciones, de datos) y que permite ahorrar recursos y mejorar el trabajo de planeación, fundamental para este campo.

Es por ello importante entender los conceptos básicos de redes de comunicaciones, modelado, simulación para comprender los beneficios que resultan de su relación y como consecuencia la gran importancia del desarrollo de nuevas herramientas computacionales (COMNET III), que permitan la implementación de estas relaciones, así como una guía metodológica clara y organizada que nos lleve a conseguir los objetivos planteados, y finalmente una forma entendible por todos los participantes e interesados para plasmar los resultados del trabajo realizado (UML).

### **1.1 REDES DE COMUNICACIONES**

Las telecomunicaciones son fundamentales para el desarrollo de la sociedad, ya que todas las actividades comerciales y sociales dependen en gran medida de ellas y tienen repercusiones sobre ellas. En el mundo actual se observa no solamente un aumento en la utilización del teléfono y de la tasa de penetración telefónica sino también una demanda de nuevos servicios o facilidades especiales de diferente clase.

Tal es la importancia que han adquirido las telecomunicaciones en la vida moderna que todas las administraciones se ven obligadas a efectuar continuamente grandes inversiones

en equipos de telecomunicaciones para hacer frente a este desarrollo, equipos que se caracterizan por tener una larga vida útil, un elevado costo y una gran complejidad técnica.

**1.1.1 La planificación de redes de telecomunicaciones.** El requisito fundamental que debe cumplir el sistema telefónico es el de conseguir una calidad de comunicaciones acorde con las necesidades. Este criterio puede evaluarse en función de la probabilidad de obtener una conexión, de la rapidez con que se establecen las comunicaciones y de la calidad de la transmisión de la voz.

La red que sirve al sistema telefónico comprende nodos de conmutación y trayectos de transmisión, es decir, centrales telefónicas, circuitos locales, interurbanos y líneas de abonado. La planificación de una red constituye un proceso continuo e iterativo cuyos elementos son la observación de la red, el conocimiento del entorno en la que ésta funciona, la creación de planes para satisfacer la demanda de servicios existentes y nuevos, la puesta en práctica de esos planes y la verificación de los resultados. Esta planificación tiene que ser un proceso continuo, ya que, por ejemplo, puede que los resultados no correspondan al plan, que se produzcan cambios en la hipótesis y restricciones, que se modifiquen las circunstancias tecnológicas y que haya que modificar los planes para reflejar todos esos cambios.

**1.1.2 Telefonía.** Dentro de los sistemas de comunicaciones, la telefonía seguirá siendo un sistema importante para la economía y el trabajo a realizar por una central telefónica seguirá siendo básicamente el mismo, aunque el avance en la tecnología ofrece alternativas nuevas (como las centrales de conmutación de paquetes para transmisión de voz, centrales inteligentes, etc.), más confiables, seguras, económicas y rápidas.

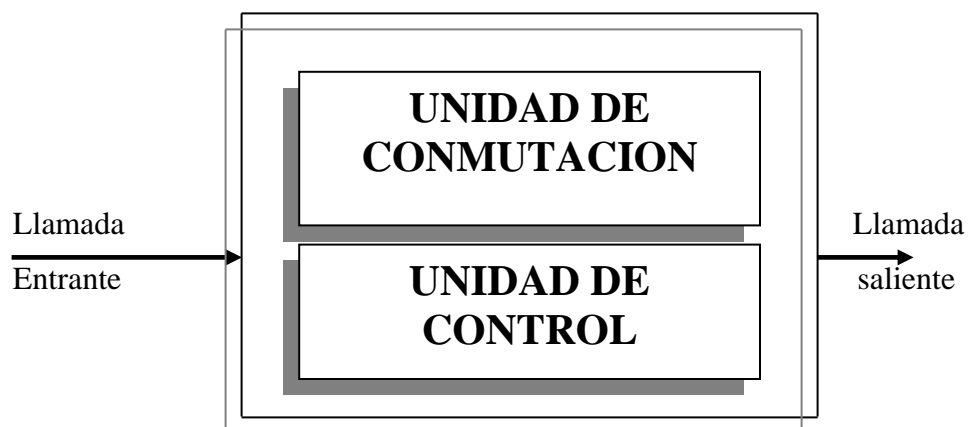
Los principios de trabajo de los diferentes sistemas de telecomunicaciones son en cierto modo semejantes por lo cual muchas de las soluciones que se aplican en telefonía pueden ser aplicados en los otros sistemas.



El problema básico de la comunicación es conectar dos usuarios de acuerdo a las necesidades de los mismos (voz, transmisión de datos, video) y desconectarlos cuando finalice la necesidad, para lo cual son las centrales telefónicas las que desempeñan y facilitan la solución de este problema, garantizando principalmente confiabilidad, seguridad y transparencia en la comunicación.

1.1.2.1 Central telefónica. En la mayoría de las centrales modernas se puede distinguir dos partes principales: la unidad de conmutación y la unidad de control.

La Unidad de conmutación establece la comunicación a través de la central de una solicitud entrante a un destino solicitado o a otra central según se necesite, en otras palabras establece y libera conexiones entre canales de transmisión. De los elementos básicos en una red de comunicaciones, los conmutadores son el más invisible para el usuario, sin embargo, representan el elemento más importante en términos del ofrecimiento de servicios. La introducción de los sistemas de conmutación por programa almacenado (SPC), indujo la designación de conmutación electrónica; con lo cual se obtiene una mayor velocidad de operación, confiabilidad, menor tamaño y utilización del medio en una red de transmisión de datos.



*Figura 1. Central Telefónica*

La Unidad de Control ayuda a la red de conmutación en la realización de la conexión, enviándole las órdenes necesarias para establecer la comunicación por el camino adecuado. Las unidades de control se clasifican en control progresivo y control simultáneo

**1.1.3 El nuevo modelo de las telecomunicaciones.** Las redes de telecomunicaciones han tenido una serie de cambios trascendentales especialmente en las dos últimas décadas, lo anterior debido en gran parte a la aparición de nuevos y variados servicios con mayores exigencias en cuanto al ancho de banda, velocidad de transmisión, mecanismos de gestión, entre otros. La tendencia que se presenta en la actualidad se enfoca hacia los servicios con características interactivas y opciones multimedia.

El soporte a los nuevos servicios será posible gracias a investigaciones que se están realizando en diferentes líneas tecnológicas. Dichas investigaciones han permitido presentar una propuesta que integra en un modelo diferentes partes que conforman una red de telecomunicaciones, diferente al antiguo esquema que se limitaba a las centrales que prestaban el servicio telefónico básico. Este antiguo esquema destaca aspectos de servicios y gestión dentro de las centrales locales sin detallar planos de inteligencia, es decir todo se presenta como un modelo monolítico y limitado por la tecnología de implementación de la central y a los enfoques propietarios de las mismas. Pese a sus limitaciones este modelo ha permitido la prestación de servicio de voz con alta calidad y confiabilidad durante casi un siglo.

Posteriormente se pasa a un modelo con visos de sistema abierto OS (Open System) en el cual se lleva a cabo un desacople de funciones mediante el empleo de una gran diversidad de planos que permiten entre otras ventajas la creación eficiente de servicios mediante una capa de control, presenta además una interfaz totalmente abierta y una capa de transporte respectivamente. Cada una de estas capas debe estar implementada con la mejor tecnología posible. Este puede ser considerado como un modelo intermedio entre el antiguo esquema y el modelo propuesto en la década pasada.

Ahora entonces se presenta la nueva propuesta en la que se integra a manera de planos y niveles funcionales los diferentes elementos que conforman la red de telecomunicaciones.

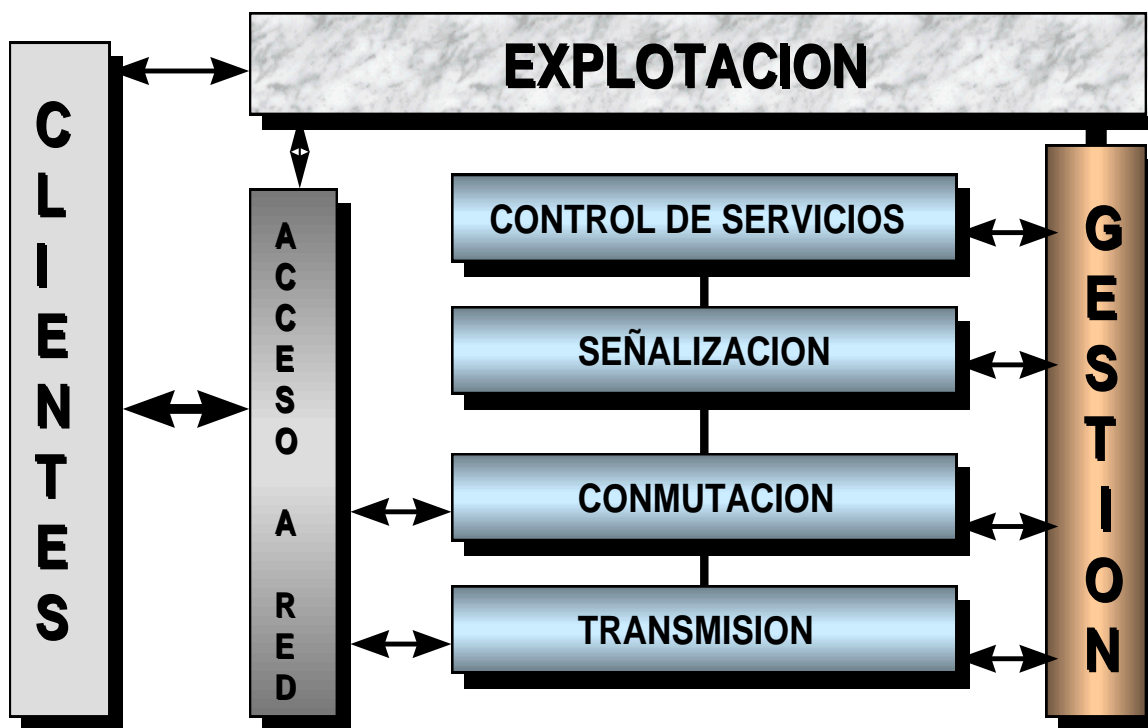


Figura 2. Propuesta del Nuevo Modelo de las Telecomunicaciones

**1.1.4 Propuesta de convergencia (Modelo Convair).** Dentro de los diferentes esquemas que se trazan para la posible evolución de una serie de conceptos relacionados con las telecomunicaciones, se habla sobre la convergencia entre las telecomunicaciones, la informática, los medios masivos de difusión (televisión y radio), la electrónica y el entretenimiento (denominado TIME). Esta convergencia (o integración) es posible gracias a que se cuenta con una gran variedad de avances en digitalización de señales, técnicas de compresión, la fibra óptica, los sistemas inalámbricos de alta eficiencia y la masificación de los computadores personales, este aspecto de integración es posible sentirlo en la red de redes internet la cual mediante el empleo del protocolo IP (Internet Protocol) puede transmitir vídeo, voz, imágenes y datos. También existe una gran variedad de equipos terminales como los PDA (Portable Digital Assitant), los teléfonos celulares, los PCS,

juegos de vídeo, etc. La figura 3 muestra el escenario para formar la infraestructura de telecomunicaciones propuesta.

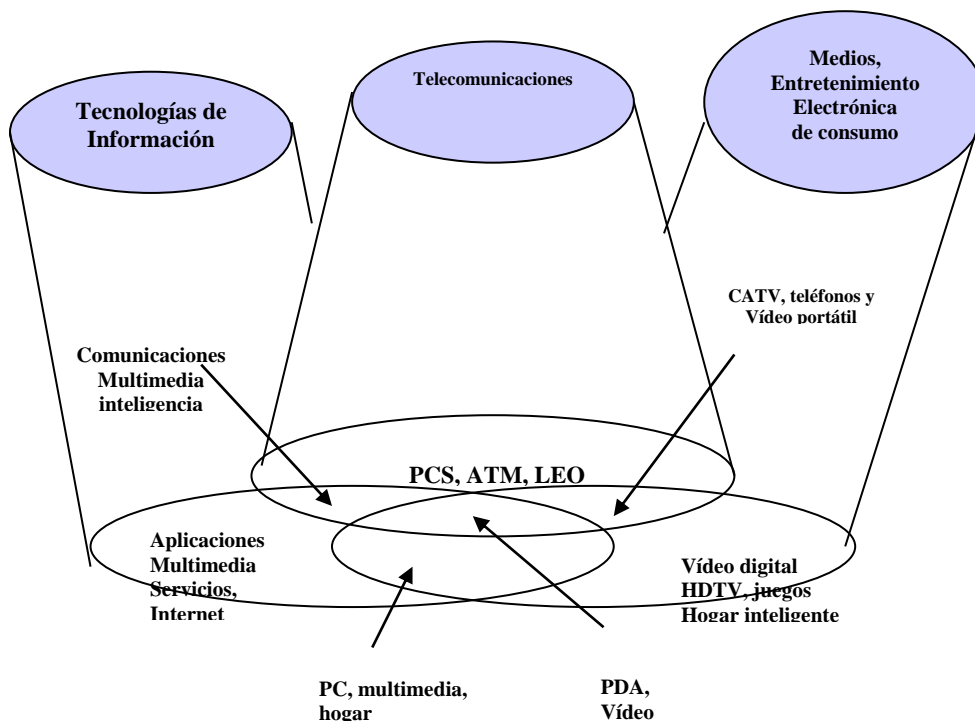


Figura 3. Esquema de convergencia de modelo Convair

## 1.2 MODELADO

El modelado no es más que la construcción de un modelo a partir de una especificación. Un modelo es una abstracción de algo, que se elabora para comprender ese algo antes de construirlo. El modelo omite detalles que no resultan esenciales para la comprensión del original y por lo tanto facilita dicha comprensión. Los modelos se utilizan en muchas actividades de la vida humana: antes de construir una casa el arquitecto utiliza un plano, los músicos representan la música en forma de notas musicales, los artistas pintan sobre el lienzo con carboncillos antes de empezar a utilizar los óleos, etc. Unos y otros abstraen una realidad compleja sobre unos bocetos, modelos al fin y al cabo.

Por ejemplo la OMT, intenta abstraer la realidad utilizando tres clases de modelos orientados a objetos: el *modelo de objetos*, que describe la estructura estática; el *modelo dinámico*, con el que describe las relaciones temporales entre objetos; y el *modelo funcional* que describe las relaciones funcionales entre valores. Mediante estas tres fases de construcción de un modelo, se consigue una abstracción de la realidad que tiene en sí misma información sobre las principales características de ésta.

Los modelos además, al no ser una representación que incluya todos los detalles de los originales, permiten probar más fácilmente los sistemas que modelan y determinar los errores. Según se indica en la *Metodología OMT*, los modelos permiten una mejor comunicación con el cliente por distintas razones:

- Es posible enseñar al cliente una posible aproximación de lo que será el producto final.
- Proporcionan una primera aproximación al problema que permite visualizar cómo quedará el resultado.
- Reducen la complejidad del original en subconjuntos que son fácilmente tratables por separado.

Se consigue un modelo completo de la realidad cuando el modelo captura los aspectos importantes del problema y omite el resto de elementos, porque no tiene mayor impacto sobre el sistema.

**1.2.1 Los conceptos de un sistema.** El término sistema se utiliza en tal diversidad de manera que es difícil llegar a una definición suficientemente extensa para que abarque los muchos usos, y que al mismo tiempo sea suficientemente concisa para que tenga un propósito útil. En consecuencia, se comienza con una definición simple de un sistema y se puede extender introduciendo algunos de los términos que se utilizan comúnmente cuando se estudian sistemas. Se define a un sistema como un agregado o conjunto de objetos reunidos en alguna interacción o interdependencia regular. Aunque esta definición es suficientemente general para que pueda incluir sistemas estáticos, el interés principal se centra en los sistemas dinámicos donde las interacciones provocan cambios en el tiempo.

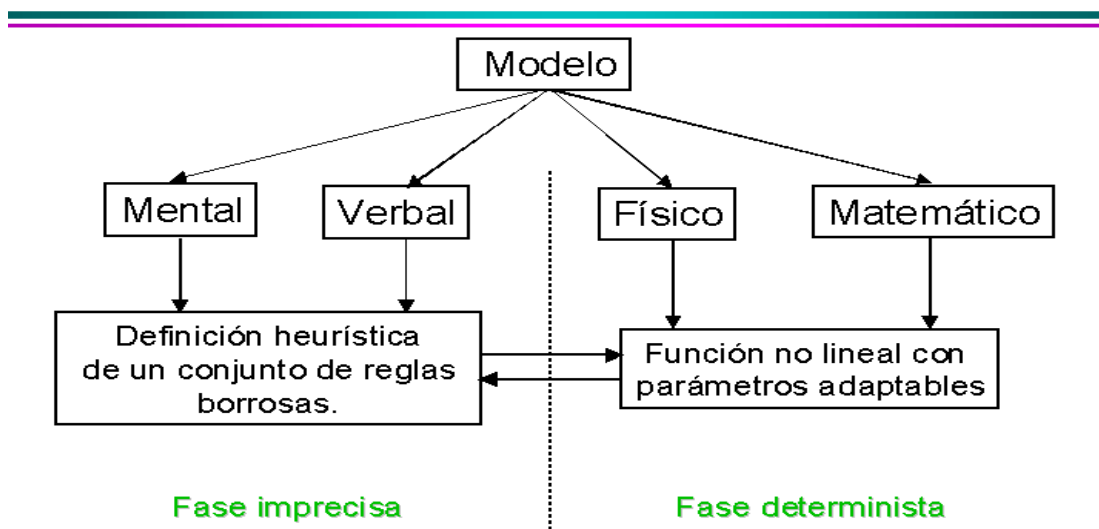
1.2.1.1 Ambiente del sistema. Los cambios que ocurren dentro del sistema lo afectan con frecuencia. Ciertas actividades del sistema también pueden producir cambios que no reaccionan en el mismo. Se dice que los cambios que ocurren fuera del sistema ocurren en el medio ambiente del sistema. Un paso importante en la modelación de sistemas es establecer el límite entre el sistema y su medio ambiente. La decisión puede depender del propósito del estudio. Por ejemplo en el caso de un sistema de fábrica, se puede considerar a los factores que controlan la llegada de los medios como influencia externa a la fábrica, y por tanto que forman parte del medio ambiente. Sin embargo, si se desea tomar en consideración el efecto de la oferta en la demanda, existe una relación entre la producción de la fábrica y la llegada de pedidos, misma que debe de considerarse como actividad del sistema.

1.2.1.2 Modelado del sistema. Para estudiar un sistema es desde luego posible experimentar con el mismo. Sin embargo, el objetivo de muchos estudios de sistemas es predecir la manera como se comportará el sistema antes de que sea construido. Es claro que no es factible experimentar con un sistema mientras está todavía en su forma hipotética. Una alternativa que se utiliza a veces es construir una cantidad de prototipos y probarlos, lo que puede ser muy costoso y dilatado. Incluso con un sistema existente, es seguro que sea imposible o impracticable experimentar con el sistema real. Por ejemplo no es factible estudiar los sistemas económicos mediante cambios arbitrarios de oferta y demanda de los bienes. En consecuencia, por lo general los estudios de sistemas se realizan con un modelo del sistema. Para fines de casi todos los estudios, no es necesario tener en cuenta todos los detalles de un sistema; en consecuencia, un modelo no sólo es el sustituto de un sistema, sino también una simplificación del mismo.

Definimos un modelo como el cuerpo de información relativa a un sistema conocido para fines de estudiarlo. Ya que el propósito del estudio determina la naturaleza de la información que se reúne, no hay un modelo único de un sistema. Los distintos analistas interesados en diferentes aspectos del sistema o el mismo analista producirán distintos modelos del mismo sistema según cambie su comprensión del sistema.

La tarea de obtener un modelo de un sistema se dividirá en forma genérica en dos subtareas: Determinar de la estructura del modelo y proporcionar los datos. La determinación de la estructura, fija la frontera del sistema e identifica las entidades, atributos y actividades del sistema. Los datos suministran los valores de los atributos que pueden tener y definen las relaciones involucradas en las actividades. Las dos tareas de crear una estructura y suministrar los datos se definen como partes de una tareas más que como dos tareas por separado, debido a que por lo general están tan íntimamente relacionados que no se pueden hacer una sin la otra. Las suposiciones relativas al sistema orientan la recolección de datos, y el análisis de éstos confirma o refuta las suposiciones. Es común que los datos recolectados revelen una relación no sospechada que cambie la estructura del modelo.

**1.2.2 Tipos de modelos.** Se han utilizado muchos tipos de modelos en los estudios de sistemas. A veces la clasificación se realiza en términos de la naturaleza del sistema que modelan, tal como: continuo versus discreto o determinista versus estocástico. Una segunda distinción la constituyen los modelos estáticos y modelos dinámicos. En el caso de modelos matemáticos, una tercera distinción es la técnica que se emplea para resolver el modelo. Se establece una distinción entre los métodos analítico y numérico.



*Figura No 4. Tipos de Modelo*

**1.2.3 Principios utilizados en el modelado.** No es posible suministrar reglas según las cuales se construyan modelos matemáticos, aunque sí se puede expresar una diversidad de principios de guía. No describen los pasos claros que se realizan en la construcción de un modelo, sino que describen los distintos puntos de vista desde los cuales se puede juzgar la información a incluir en el modelo.

- ✓ Formación en bloques. La descripción del sistema se debe organizarse en una serie de bloques o subsistemas. El propósito de formar los bloques es simplificar la especificación de las interacciones dentro del sistema. Cada bloque describe parte del sistema que depende de pocas, preferiblemente una, variables de entrada y produce unas pocas variables de salida. Luego puede describirse al sistema como un todo en términos de las interconexiones entre los bloques. En forma correspondiente, se puede representar gráficamente al sistema como un diagrama simple de bloques.
- ✓ Relevancia. El modelo sólo debe de incluir los aspectos del sistema relevantes a los objetivos del estudio. Aunque la información irrelevante en el modelo no perjudica, se debe de excluir debido a que aumenta la complejidad del modelo y genera más trabajo en la solución del modelo.
- ✓ Exactitud. Debe de tenerse en cuenta la exactitud de la información que se recaude según el propósito fijado del modelo.
- ✓ Agregación. Un factor adicional que debe de considerarse es el grado con que pueden agruparse las distintas entidades individuales en entidades más grandes. El gerente general de la fábrica estará satisfecho con la descripción que se ha dado. Sin embargo, el gerente de control de la producción querrá considerar los talleres de los departamentos como entidades individuales.

### 1.3. SIMULACIÓN

Últimamente la simulación se ha convertido en una herramienta ampliamente utilizada en el ámbito organizacional en la medida en que es cada vez más fácil aprovechar su potencial para promover procesos de aprendizaje. Simular la realidad en un ambiente artificial, consiste en recrear el comportamiento de un sistema a través de cálculos numéricos sobre un modelo. Por ello es que el valor de la simulación no está solamente en la interacción



con este ambiente, sino en la creación del modelo en el cual confluyen hipótesis y puntos de vista variados, haciendo explícitos un conjunto de supuestos de cómo funciona un sistema, cuáles son sus puntos importantes y cómo debe evaluarse.

En un sentido amplio, la simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos períodos de tiempo. De manera más estricta la simulación es una técnica numérica para realizar experimentos en una computadora digital. Estos experimentos involucran ciertos tipos de modelos matemáticos y lógicos que describen el comportamiento de sistemas de negocios, económicos, sociales, biológicos, físicos o químicos a través de largos períodos de tiempo.

**1.3.1 Etapas para realizar un estudio de simulación.** Se ha escrito mucho acerca de los pasos necesarios para realizar un estudio de simulación. Sin embargo, la mayoría de los autores opinan que los pasos necesarios para llevar a cabo un experimento de simulación son:

- ✓ Definición del sistema. Para tener una definición exacta del sistema que se desea simular, es necesario primeramente un análisis preliminar del mismo, con el fin de determinar la interacción del sistema con otros sistemas, las restricciones del sistema, las variables que interactúan dentro del sistema y sus interrelaciones, las medidas de efectividad que se van a utilizar para definir y estudiar el sistema y los resultados que se esperan obtener del estudio.
- ✓ Formulación del modelo. Una vez que están definidos con exactitud los resultados que se esperan obtener del estudio, el siguiente paso es definir y construir el modelo con el cual se obtendrán los resultados deseados. En la formulación del modelo es necesario definir todas las variables que forman parte de él, sus relaciones lógicas y los diagramas de flujo que describan en forma completa al modelo.
- ✓ Colección de datos. Es posible que la facilidad de obtención de algunos datos o la dificultad de conseguir otros, pueda influenciar el desarrollo y formulación del modelo.

Por consiguiente, es muy importante que se definan con claridad y exactitud los datos que el modelo va a requerir para producir los resultados deseados. Normalmente, la información requerida por un modelo se puede obtener de registros contables, de órdenes de trabajo, de órdenes de compra, de opiniones de expertos y si no hay otro remedio por experimentación.

- ✓ Implementación del modelo en la computadora. Con el modelo definido, el siguiente paso es decidir si se utiliza algún lenguaje o se utiliza algún paquete para procesarlo en la computadora y obtener los resultados deseados.
- ✓ Validación. Una de las principales etapas de un estudio de simulación es la validación. A través de esta etapa es posible detallar deficiencias en la formulación del modelo o en los datos alimentados al modelo. Las formas más comunes de validar un modelo son:
  1. La opinión de expertos sobre los resultados de la simulación.
  2. La exactitud con que se predicen datos históricos.
  3. La exactitud en la predicción del futuro.
  4. La comprobación de falla del modelo de simulación al utilizar datos que hacen fallar al sistema real.
  5. La aceptación y confianza en el modelo de la persona que hará uso de los resultados que arroje el experimento de simulación.
- ✓ Experimentación. La experimentación con el modelo se realiza después de que éste ha sido validado. La experimentación consiste en generar los datos deseados y en realizar análisis de sensibilidad de los índices requeridos.
- ✓ Interpretación. En esta etapa del estudio, se interpretan los resultados que arroja la simulación y basándose en este se toma una decisión. Es obvio que los resultados que se obtienen de un estudio de simulación ayudan a soportar decisiones del tipo semi-estructurado, es decir, la computadora en sí no toma la decisión, sino que la información que proporciona ayuda a tomar mejores decisiones y por consiguiente sistemáticamente obtener mejores resultados.
- ✓ Documentación. Dos tipos de documentos son requeridos para hacer un mejor uso del modelo de simulación. La primera se refiere a la documentación de tipo técnico, es decir, a la documentación que el departamento de procesamiento de Datos debe tener del modelo. La segunda se refiere al manual del usuario, con el cual se facilita la

interacción y el uso del modelo desarrollado, a través de una terminal de computadora o un PC.

**1.3.2 Ventajas y desventajas en el uso de la simulación.** Aunque la técnica de simulación generalmente se ve como un método de último recurso, recientes avances en la metodologías de simulación y la gran disponibilidad de software que actualmente existe en el mercado, han hecho que la técnica de simulación sea una de las herramientas más ampliamente usadas en el análisis de sistemas. Además de las razones antes mencionadas, existen otras ventajas:

- ✓ A través de un estudio de simulación, se puede estudiar el efecto de cambios internos y externos del sistema, al hacer alteraciones en el modelo del sistema y observando los efectos de esas alteraciones en el comportamiento del sistema.
- ✓ Una observación detallada del sistema que se está simulando puede conducir a un mejor entendimiento del sistema y por consiguiente a sugerir estrategias que mejoren la operación y eficiencia del sistema.
- ✓ La técnica de simulación puede ser utilizada como un instrumento pedagógico para enseñar a estudiantes y/o profesionales habilidades básicas de un sistema.
- ✓ La simulación de sistemas complejos puede ayudar a entender mejor la operación del sistema, a detectar las variables más importantes que interactúan en el sistema y a entender mejor las interrelaciones entre estas variables.
- ✓ La técnica de simulación puede ser usada para experimentar con nuevas situaciones, sobre las cuales se tiene poca o ninguna información. A través de esta experimentación se puede anticipar mejor a posibles resultados no previstos.
- ✓ La técnica de simulación se puede utilizar también para entrenamiento de personal. En algunas ocasiones se puede tener una buena representación de un sistema (como por ejemplo los juegos de negocios), y entonces a través de él es posible entrenar y dar experiencia a cierto tipo de personal.
- ✓ Cuando nuevos elementos son introducidos en un sistema, la simulación puede ser usada para anticipar cuellos de botella o algún otro problema que puede surgir en el comportamiento del sistema.

A diferencia de las ventajas mencionadas, la técnica de simulación presenta el problema de requerir equipo computacional y recursos humanos costosos. Además, generalmente se requiere bastante tiempo para que un modelo de simulación sea desarrollado y perfeccionado. Finalmente, es posible que la alta administración de una organización no entienda esta técnica y esto crea dificultad en vender la idea.

**1.3.3 Análisis de los resultados de una simulación.** Los resultados de una simulación evalúan la eficiencia u operación de un sistema. Sin embargo, la confiabilidad de estos resultados dependen del número de observaciones que se tienen, es decir, del número de veces que se lleve a cabo la simulación. Por consiguiente, es necesario determinar intervalos de confianza para las variables del sistema que se están analizando.

La determinación de intervalos de confianza depende de si los resultados de la simulación son independientes o están correlacionados. Por ejemplo, en la simulación de un sistema de colas, el tiempo de espera de un cliente en el sistema, depende del número de clientes que este último cliente encontró al llegar al sistema. También la obtención de intervalos de confianza depende de si el sistema se analiza en estado transiente o en estado estable.

**1.3.4 Lenguajes de simulación.** Las primeras etapas de un estudio de simulación se refieren a la definición del sistema a ser modelado y a la descripción del sistema de términos de relaciones lógicas de sus variables y diagramas de flujo. Sin embargo llega el momento de describir el modelo en un lenguaje que sea aceptado por la computadora que se va a usar. En esta etapa se tiene dos cursos a seguir: 1) Desarrollar un software requerido para estudios de simulación, o 2) Comprar algún paquete de simulación. Sin embargo, para la segunda alternativa existe una gran cantidad de paquetes que hace difícil decidir cuál paquete se ajusta mejor a una aplicación determinada. Esta situación origina que en la mayoría de las veces, la selección de un paquete depende de si el analista lo conoce, lo entiende y lo sabe aplicar. No obstante, estas dos alternativas se deben de evaluar en términos económicos antes de tomar una decisión.

1.3.4.1 Ventajas de los lenguajes de simulación. El proceso evolutivo de los lenguajes de simulación ha sido largo y extenso. Empezó a finales de la década de los cincuenta. En un principio los lenguajes que se desarrollaron eran de propósito general. Sin embargo, poco a poco los estudiosos de este tema se dieron cuenta de la gran similitud que existía entre las diferentes situaciones o sistemas que se simulaban. Lo anterior condujo obviamente al desarrollo de lenguajes de propósito especial, los cuales en la actualidad tienen una gran demanda y su proceso de comercialización ha sido amplio y extenso. Entre las ventajas principales de estos lenguajes de simulación, se pueden mencionar las siguientes.

- ✓ Reducción en la tarea de programación. Con los lenguajes de simulación, el tiempo dedicado a la programación del modelo se reduce considerablemente.
- ✓ Mejor definición del sistema. A través de los lenguajes de simulación, se facilita la tarea de definir las diferentes entidades que interactúan dentro del sistema. También, con estos lenguajes se determina con mayor facilidad las interrelaciones que existen entre las entidades que forman el sistema.
- ✓ Mayor flexibilidad para cambios. Con los lenguajes generales el proceso de cambios puede ser largo y tedioso. Sin embargo, con el uso de lenguajes de simulación, los cambios son una tarea simple y rutinaria.
- ✓ Mejor diferenciación de las entidades que forman el sistema. El uso de lenguajes de simulación facilita determinar o definir las características y atributos de una entidad. Con las entidades bien definidas y diferenciadas, se aumenta y mejora el entendimiento del sistema a simular.
- ✓ Se relacionan mejor las entidades. Con las entidades bien definidas, los lenguajes de simulación permiten relacionar mejor a cada una de estas entidades, es decir, se determina más fácilmente las relaciones que las entidades guardan entre sí y el análisis de cada una de ellas.

1.3.4.2 Factores a considerar en la selección de un lenguaje. La selección de un lenguaje de simulación generalmente está supeditada al tipo de computadora que se tiene disponible, es decir, en la mayoría de las veces ya se cuenta con cierta configuración de hardware. Por

consiguiente conociendo la computadora que se va a usar, los factores a considerar en la selección del lenguaje serían:

- ✓ Los manuales disponibles. Es muy importante considerar la facilidad de entender e interpretar los manuales disponibles.
- ✓ La documentación y diagnóstico de errores. Es conveniente analizar la forma en que el lenguaje reporta las inconsistencias y los errores de lógica.
- ✓ La eficiencia. Uno de los factores principales a considerar en la selección de un lenguaje es su eficiencia de operación. Dentro de la eficiencia se considera el tiempo de organizar, programar, compilar y ejecutar.
- ✓ Los costos involucrados. Entre los costos que origina la adquisición de un paquete se puede mencionar: la instalación, mantenimiento, actualización y el costo de operación.
- ✓ Conocimiento del lenguaje. Otro factor importante a considerar en la selección del lenguaje, es el conocimiento y dominio que de éste tengan las personas o analistas encargados de realizar los estudios de simulación.
- ✓ Las técnicas de simulación y programación.

#### **1.4. LENGUAJE UNIFICADO DE MODELADO (UML)**

UML es un lenguaje para especificar, construir, visualizar y documentar los artefactos de un sistema de software orientado a objetos (OO). Un artefacto es una información que es utilizada o producida mediante un proceso de desarrollo de software.

UML es un *lenguaje estándar* con el que es posible modelar todos los componentes del proceso de desarrollo de aplicaciones. Sin embargo, hay que tener en cuenta un aspecto importante del modelo: no define un modelo estándar de desarrollo, sino únicamente un lenguaje de modelado, es un lenguaje de modelado y no un método.

El lenguaje de modelado es la notación (principalmente gráfica) de que se valen los métodos para expresar los diseños. El lenguaje de modelado es la parte más importante del método. Ciertamente es la clave para la comunicación.

Con la creación del UML se obtuvo un lenguaje que es capaz de abstraer cualquier tipo de sistema, sea informático o no, mediante los diagramas, es decir, mediante representaciones gráficas que contienen toda la información relevante del sistema. Un **diagrama** es una representación gráfica de una colección de elementos del modelo, que habitualmente toma forma de grafo donde los arcos que conectan sus vértices son las relaciones entre los objetos y los vértices se corresponden con los elementos del modelo. Los distintos puntos de vista de un sistema real que se quieren representar para obtener el modelo se dibujan de forma que se resalten los detalles necesarios para entender el sistema.

#### **1.4.1 Diagramas utilizados en el desarrollo de proyectos.**

1.4.1.1 Diagramas de Casos de Uso. Un **caso de uso** es una secuencia de transacciones que son desarrolladas por un sistema en respuesta a un evento que inicia un actor sobre el propio sistema. Un *actor* es una entidad externa al sistema que se modela y que puede interactuar con él; un ejemplo de actor podría ser un usuario o cualquier otro sistema. Los diagramas de casos de uso sirven para especificar la funcionalidad y el comportamiento de un sistema mediante su interacción con los usuarios y/o otros sistemas. O lo que es igual, un diagrama que muestra la relación entre los actores y los casos de uso en un sistema. Una relación es una conexión entre los elementos del modelo, por ejemplo la relación y la generalización son relaciones.

Los diagramas de casos de uso se utilizan para ilustrar los requerimientos del sistema al mostrar como reacciona una respuesta a eventos que se producen en el mismo. Las relaciones entre casos de uso y actores pueden ser las siguientes:

- ✓ Un actor se comunica con un caso de uso.
- ✓ Un caso de uso extiende otro caso de uso.
- ✓ Un caso de uso utiliza otro caso de uso.

1.4.1.2 Diagramas de Clases. Los *diagramas de clases* representan un conjunto de elementos del modelo que son estáticos, como las clases y los tipos, sus contenidos y las relaciones que se establecen entre ellos.

Algunos de los elementos que se pueden clasificar como estáticos son los siguientes:

- ✓ Paquete. Es el mecanismo de que dispone UML para organizar sus elementos en grupos, se representa un grupo de elementos del modelo. Un sistema es un único paquete que contiene el resto del sistema, por lo tanto, un paquete debe poder anidarse, permitiéndose que un paquete contenga otro paquete.
- ✓ Clases. Una clase representa un conjunto de objetos que tienen una estructura, un comportamiento y unas relaciones con propiedades parecidas. Describe un conjunto de objetos que comparte los mismos atributos, operaciones, métodos, relaciones y significado. En UML una clase es una implementación de un tipo. Los componentes de una clase son:
  - Atributo. Se corresponde con las propiedades de una clase o un tipo. Se identifica mediante un nombre. Existen atributos simples y complejos.
  - Operación. También conocido como método, es un servicio proporcionado por la clase que puede ser solicitado por otras clases y que produce un comportamiento en ellas cuando se realiza.
  - Tipos. Es un descriptor de objetos que tiene un estado abstracto y especificaciones de operaciones pero no su implementación. Un tipo establece una especificación de comportamiento para las clases.
- ✓ Interfaz. Representa el uso de un tipo para describir el comportamiento visible externamente de cualquier elemento del modelo.
- ✓ Relación entre clases. Las clases se relacionan entre sí de distintas formas, que marcan los tipos de relaciones existentes.
- ✓ Asociación. Es una relación que describe un conjunto de vínculos entre clases. Pueden ser binarias o n-arias, según se implican a dos clases o más. Las relaciones de asociación vienen identificadas por los *roles*, que son los nombres que indican el comportamiento que tienen los tipos o las clases, en el caso del rol de asociación



(existen otros tipos de roles según la relación a la que identifiquen). Indican la información más importante de las asociaciones.

- ✓ Generalización. Cuando se establece una relación de este tipo entre dos clases, una es una Superclase y la otra es una Subclase. La subclase comparte la estructura y el comportamiento de la superclase. Puede haber más de una clase que se comporte como subclase.
- ✓ Dependencia. Una relación de dependencia se establece entre clases (u objetos) cuando un cambio en el elemento independiente del modelo puede requerir un cambio en el elemento dependiente.

1.4.1.3 Diagramas de Interacción y Comportamiento. Muestran las interacciones entre objetos ocurridas en un escenario (parte) del sistema. Hay varios tipos:

- ✓ Diagrama de secuencia. Muestran las interacciones entre un conjunto de objetos, ordenadas según el tiempo en que tienen lugar. En los diagramas de este tipo intervienen objetos, que tienen un significado parecido al de los objetos representados en los diagramas de colaboración, es decir son instancias concretas de una clase que participa en la interacción.
- ✓ Diagrama de colaboración. Muestra la interacción entre varios objetos y los enlaces que existen entre ellos. Representa las interacciones entre objetos organizadas alrededor de los objetos y sus vinculaciones. Un diagrama de colaboraciones muestra las relaciones entre los objetos, no la secuencia en el tiempo en que se producen los mensajes. Los diagramas de secuencias y los diagramas de colaboraciones expresan información similar, pero en una forma diferente.
- ✓ Diagramas de estado. Representan la secuencia de estados por los que un objeto o una interacción entre objetos pasa durante su tiempo de vida en respuesta a estímulos (eventos) recibidos. Representa lo que se puede denominar en conjunto una máquina de estados. Un *estado* en UML es cuando un objeto o una interacción satisface una condición, desarrolla alguna acción o se encuentra esperando un evento.
- ✓ Diagramas de actividad. Son similares a los diagramas de flujo de otras metodologías. En realidad se corresponden con un caso especial de los diagramas de estado donde los estados son *estados de acción* (estados con una acción interna y una o más transiciones

que suceden al finalizar esta acción, o lo que es lo mismo, un paso en la ejecución de lo que será un procedimiento) y las transiciones vienen provocadas por la finalización de las acciones que tienen lugar en los estados de origen. Siempre van unidos a una clase o a la implementación de un caso de uso o de un método. Los diagramas de actividad se utilizan para mostrar el flujo de operaciones que se desencadenan en un procedimiento interno del sistema.

1.4.1.4 Diagramas de Implementación Se derivan de los diagramas de proceso y módulos de la metodología de Booch, aunque presentan algunas modificaciones. Los diagramas de implementación muestran los aspectos físicos del sistema. Incluyen la estructura del código fuente y la implementación, en tiempo de implementación. Existen dos tipos:

- ✓ *Diagramas de componentes.* Muestra la dependencia entre los distintos componentes de software, incluyendo componentes de código fuente, binario y ejecutable. Un componente es un fragmento de código software (una fuente, binario o ejecutable) que se utiliza para mostrar dependencias en tiempo de compilación.
- ✓ *Diagrama de plataformas o despliegue.* Muestra la configuración de los componentes hardware, los procesos, los elementos de procesamiento en tiempo de ejecución y los objetos que existen en tiempo de ejecución. En este tipo de diagramas intervienen nodos, asociaciones de comunicación, componentes dentro de los nodos y objetos que se encuentran a su vez dentro de los componentes.

Para una mayor información acerca del lenguaje unificado de modelado se puede consultar las referencias bibliográficas presentadas al final del documento.

## 1.5 COMNET III

COMNET III es una herramienta para analizar el desempeño de redes de computadores y de comunicaciones, basándose en la descripción de la red, sus algoritmos de control y la carga de trabajo. Comnet III simula la operación de la red y proporciona medidas del funcionamiento sin programación previa. La estructura de red es creada gráficamente por medio de una interfaz gráfica que lleva rápidamente a la formulación del modelo. Comnet

III realiza un acercamiento a la red mediante la construcción en bloques, los cuales son objetos familiares del mundo real. Empieza con una biblioteca de objetos de red que modelan estrechamente los objetos del mundo real debido a la manipulación de sus parámetros. Comnet III posee un marco de trabajo orientado a objetos que le da flexibilidad para probar un número ilimitado de escenarios, apoyando los resultados en un cuadro animado de la configuración de la red.

Para el análisis de la simulación la computadora entrega en detalle las implicaciones y consecuencias de una red propuesta, como consecuencia, la simulación es mas realista y los resultados son más fáciles de entender que con otras formas de análisis.

Comnet III está diseñado para soportar varias topologías y algoritmos de enrutamiento como LAN, WAN, sistemas internetworking, redes de conmutación de circuitos y mas. Una característica significativa de Comnet III es la capacidad para abstraer porciones de un modelo de red y tratarlos como componentes modulares. Esta facilidad permite crear una librería de componentes de red, los cuales pueden ser introducidos y cambiados a voluntad del usuario.

Los reportes producidos son un estimativo de las expectativas de la red real. Su exactitud depende de los parámetros con los que se describe la red y del tiempo de ejecución de la simulación, este tiempo determina cuantos eventos aleatorios son usados para representar las estadísticas de tráfico generado.

**1.5.1 Módulos de Comnet III.** Los módulos de Comnet III especifican las capacidades especializadas en un tipo de tráfico en particular, por ejemplo el módulo de conmutación de circuitos simula tráfico de voz en un ambiente orientado a la conexión.

1.5.1.1 Módulo de Software Distribuido(DSM). La función del módulo es modelar el comportamiento de procesos software y aplicaciones sobre la red. Los componentes DSM incluyen comandos, variables de usuario, expresiones y fuentes de aplicación.

1.5.1.2 Módulo tráfico de circuito conmutado. Es de alta fidelidad. Diseñado específicamente para ayudar a asegurar la facilidad del flujo de tráfico de circuito conmutado sobre la red. Realiza capacidades de planeación de escenarios para voz, requiriendo banda ancha sobre una cantidad de tiempo fija. Este módulo puede ser mezclado con el tráfico de paquetes de datos en Comnet III.

Entre otras cosas este módulo permite:

- ✓ Asegurar el nivel de servicio de conformidad con los acuerdos.
- ✓ Determinar el aumento en los bloqueos de llamada causados por la selección de un nodo o enlace fallidos.
- ✓ Predecir donde se requieren enlaces con mayor ancho de banda basado en la proyección del volumen de llamadas.
- ✓ Examinar total reducción del ancho de banda que puede ser logrado por la combinación de circuitos conmutados de voz y tráfico de paquetes en el mismo enlace T1 e identificar los bloqueos de llamadas y los retardos de paquetes que resulten.
- ✓ Evaluar los retardos de establecimiento de llamada.
- ✓ Determinar el número de llamadas que son desconectadas debido a fallos en el enlace o el nodo
- ✓ Identificar los potenciales cuellos de botella

1.5.1.3 Módulo Comnet Baseline. Mediante este módulo se lleva a cabo la gestión de redes y el monitoreo de sistemas. Un reto mayor para cualquier proyecto de modelamiento de red se presenta cuando se quiere recolectar datos de la red existente, reto que puede ser enfrentado con Comnet Baseline. Este extrae información de la topología de un sistema de gestión y la información de tráfico de una variedad de herramientas de monitoreo de red.

1.5.1.4 Módulo Satelital y Móvil. Este módulo no se encuentra limitado estrictamente a satélites, se puede evaluar los parámetros de variación de tiempo de varios nodos móviles como aviones o vehículos terrestres. Con este módulo se reúnen datos que ayudan a visualizar la localización de cada satélite en el tiempo, determinando cuando este tiene acceso a la estación terrestre y estudia cual detector lo puede visualizar. El camino físico del nodo móvil puede ser importado sobre Comnet III con la interfaz software del módulo

móvil y satelital. Esto se logra por identificación de las constelaciones como usuarios de redes inalámbricas, los repetidores y los puntos de acceso a la red.

**1.5.3 Aplicaciones Comnet III.** Por las características de este software es ampliamente usado. Algunas de estas aplicaciones son:

- ✓ Simulación de comercio electrónico sobre internet
- ✓ Modelado de tráfico de video.
- ✓ Redes de conmutación de circuitos de voz y PSTN
- ✓ Modelado de grandes redes financieras.
- ✓ Capacidad de simulación de ambientes Cliente- servidor
- ✓ Circuitos virtuales sobre ATM.

## 2. GUIA METODOLÓGICA PARA EL DESARROLLO DE UNA SIMULACIÓN UTILIZANDO COMNET III

La actividad de la tecnología produce equipos y organizaciones de trabajo cada día más grandes y complejos, mejores adaptaciones a nuestras necesidades. El creciente desarrollo de Internet con distintos tipos de aplicaciones, (transferencias, textos, gráficos, multimedia), solicita equipos y software más sofisticado, redes más rápidas y diferentes tipos de servicios viene en creciente desarrollo.

Sin embargo, la realidad es diferente y difícil pues la forma de operar aun sigue siendo muy antigua, las actividades de planeación y construcción de estas redes y servicios siguen atrasadas, siendo esta la principal razón para la realización de múltiples estudios de trabajos de simulación, justificando la creación de una guía metodológica que aporte y que:

- ✓ Ofrezca posibilidades para mejorar la planeación y predicción de resultados de una simulación.
- ✓ Proporcione un orden a las actividades de trabajo.
- ✓ Dirija las tareas del (de los) desarrollador (es), aportando a un todo
- ✓ Ofrezca criterios para el control y la medición de los productos realizados, resultados obtenidos y actividades del proyecto.

La guía metodológica para el desarrollo de una simulación utilizando Comnet III, se basa en el Proceso Unificado de Desarrollo de Software, enfrentado a las características particulares del software de simulación Comnet III. El proceso Unificado (UP) es un producto final después de pasar por el Proceso Objectory (1987-1995) y Proceso Objectory de Rational (1996-1998), y al cual han aportado los métodos Ericsson, Rational Approach, SQA Process y Requirements College, para su construcción. UP en general es un producto para ingeniería de programación que busca asegurar la producción de software de alta

calidad, satisfaciendo las necesidades del cliente y con arreglo a un plan y presupuesto predecibles.

La guía ha sido construida para orientar las actividades a realizar al desarrollar una simulación en Comnet III. Ella proporciona los pasos necesarios para convertir un modelo de un sistema (diseñado o implementado en la realidad) en un modelo de simulación; sobre este se desarrollan actividades de exploración a través de las pruebas y la experimentación con Comnet III que permiten sacar conclusiones acerca del funcionamiento del modelo del sistema y sus posibilidades.

La utilidad en particular de esta guía es facilitar la utilización del software de simulación de redes de comunicaciones Comnet III, por tanto se han tomado elementos necesarios de UP para cumplir con los objetivos de simulación de redes con Comnet III. Todo usuario que tiene un diseño de una red, la cual desea observar su funcionamiento, las posibilidades de trabajo, etc. y quiere realizar un modelo de simulación en Comnet III, utiliza la guía para poder de manera ordenada conseguir sus objetivos.

## **2.1 CONCEPTOS BÁSICOS**

A continuación se definen algunos conceptos básicos utilizados en la guía metodológica, los cuales son necesarios tener en cuenta.

- ✓ Artefactos o productos. Cualquier tipo de descripción o información creada, producida, cambiada o utilizada por el desarrollador durante su trabajo con el sistema. Un Producto puede ser un modelo, un elemento de un modelo o un documento, un diagrama UML, prototipos, planes de prueba. Ellos son importantes en la descripción formal de algunos Casos de Uso, facilitan su identificación y descripción consistente.
- ✓ Modelo de simulación. Es la representación de un modelo de un sistema a través de un software de simulación, que para el caso es Comnet III.
- ✓ Modelo del sistema. Es la representación que obtengo de un sistema real en funcionamiento, puede ser una red, un nodo, un grupo de computadores, etc, para un

propósito particular. Para evitar confusión con los que es el modelo de simulación, en adelante se le llamará simplemente sistema.

- ✓ Modelos. Un modelo es una abstracción del sistema, especificando el sistema modelado desde un cierto punto de vista. Son abstracciones que construyen un desarrollador.

Un modelo es una abstracción cerrada y basada en el punto de vista a partir del cual se parte para realizar el modelo. Se desea una sola interpretación de ese modelo y una respuesta específica a un evento, según el modelo dado. Así mismo el modelo debe describir las partes interactuando con ese modelo en su entorno. En un modelo existe una jerarquía de los elementos que lo constituyen, ejemplo: Un modelo de diseño contiene subsistemas, interfaces y clases que pueden ser de nivel alto o menor, según pueda contener otros subsistemas. Los modelos principales para utilizar en el desarrollo de simulaciones en Comnet III son:

- Modelo de Casos de Uso. Se compone por todos los actores y todos los casos de uso del sistema. El modelo de Casos de Uso es terminado al recoger todos los requisitos funcionales correctamente. Este debe ser comprensible por los clientes y desarrolladores. Este cliente es considerado como la persona que propone el trabajo de simulación o que guía el desarrollo de ella, y quien tiene muy claro los objetivos y funcionalidades por alcanzar.

- Modelo de Análisis. El modelo de análisis crece incrementalmente a medida que se analizan más y más los Casos de Uso. Comenzamos primero examinando unos pocos Casos de Uso, creando sus realizaciones e identificando roles de las clases, las cuales pueden ser nuevas u otras solo modificadas de las ya existentes y al mismo tiempo estas clases pueden participar y desempeñar papeles en varias realizaciones de Casos de Uso.

Se crea de tal forma los diagramas de colaboración y/o composición, que describen como los objetos de las clases y las clases interactúan para realizar el Caso de Uso. Se puede además usar texto para explicar como interactúan los objetos al llevar a cabo un flujo de eventos en la implementación del Caso de Uso.

- Modelo de Diseño. Contiene subsistemas, interfaces y clases que pueden ser de nivel alto o menor, según pueda contener otros subsistemas. El diagrama de clases en el modelo de diseño incluye mas detalle que el diagrama de clases del modelo de



análisis, porque debe adaptarse al modelo de implementación. Se debe describir las interacciones entre los objetos del modelo de diseño cuando se lleva a cabo el Caso de Uso usando diagramas de secuencia, los cuales muestran el paso del control de un objeto a otro y el envío de mensajes. Se puede utilizar texto para mejorar la comprensión.

- ✓ Los actores. Los actores representan las acciones que desempeñan los usuarios, los cuales representan a su vez a personas, sistemas, maquinas, etc. Para el caso de simulación, un actor representa otros sistemas o subsistemas que interactúan con el modelo o que solicitan sus servicios. Un actor tiene y cumple determinados papeles al interactuar con el sistema y se comunican entre sí a través de mensajes o interfaces.
- ✓ Actores experimentales. Se definen como actores fuera del modelo que interactúan con el modelo de simulación buscando cumplir los objetivos de ella.

## **2.2 ASPECTOS GENERALES DE LA GUIA**

El desarrollo de una simulación conlleva múltiples actividades y de distintos tipos. Determinar el equilibrio de las secuencias de actividades, su importancia y prioridad en el momento indicado se traduce en una eficiente ejecución de una simulación. Desde las primeras hasta las últimas actividades, ellas tienen un énfasis de trabajo variable. La guía metodológica divide el proceso de desarrollo de una simulación en cuatro fases y estas fases en iteraciones. Las fases se nombran según el momento en que se desarrollan.

- ✓ La fase de inicio establece los objetivos del producto final junto con los alcances de la simulación y se presenta el análisis del sistema. De igual manera producto de este análisis se establece la viabilidad del proyecto.

El objetivo es definir hasta donde es posible realizar la simulación, si se sigue adelante o no, con base en los objetivos planteados para el desarrollo de la simulación. Se centran cuatro pasos para la fase de inicio.

- Determinar el ámbito del modelo, su alcance, límites, posibles interfaces o relaciones con otros sistemas y los objetivos de proyecto de simulación.

- Conocer la potencialidad de Comnet III, su funcionamiento, métodos, módulos alcance, modo de operación, etc.
  - Esbozar la arquitectura del sistema, no tendiente a determinarla, sino tendiente a mostrar la jerarquía en el modelo y la viabilidad sobretodo para las partes arriesgadas o difíciles, tendiente a hacer creíble la creación de una buena simulación
  - Identificación de riesgos que afecten el desarrollo y determinar una forma de solución mas adelante. Otro riesgo de otras características se pone en lista de espera.
- ✓ La fase de elaboración trabaja completamente con el modelo del sistema. Se especifican en detalle la mayoría de los casos de uso del sistema y se clarifica la arquitectura que tiene. Poniendo como ejemplo una red telefónica, es como tener todos los ductos, postes, edificios para centrales pero sin ningún equipo ni cables a través de ellos. El resultado principal de la fase de elaboración es tener clara la arquitectura para guiar el sistema a lo largo del ciclo de vida de la simulación. Es básico para la fase de construcción.
- Se crea una línea base para la arquitectura que cubre la funcionalidad significativa, contiene artefactos, describe la arquitectura, etc.
  - Identifica riesgos significativos, niveles de calidad, fiabilidad a alcanzar, tiempo.
  - Explora y determina casi la totalidad de los Casos de Uso.
- En inicio y elaboración el centro es: requisitos y arquitectura del modelo del sistema

- ✓ La fase de construcción comienza a trabajar ya en la construcción del modelo de simulación con base en el sistema. El modelo de simulación crece hasta completarse y se debe enfrentar a la pregunta ¿cumple el producto los objetivos de los interesados de manera eficiente como para hacer una primera demostración?.
- Su objetivo es un producto listo para ser simulado, ser sometido a pruebas y realizar experimentación necesaria para cumplir los objetivos. Es la fase más larga, con mas iteraciones y mayor trabajo. Para ello es fundamental el trabajo de requisitos análisis y

diseño, realizado en las fases anteriores. Por ello el desarrollo iterativo e incremental, favorecen el tiempo y la asignación de recursos en el ciclo de vida.

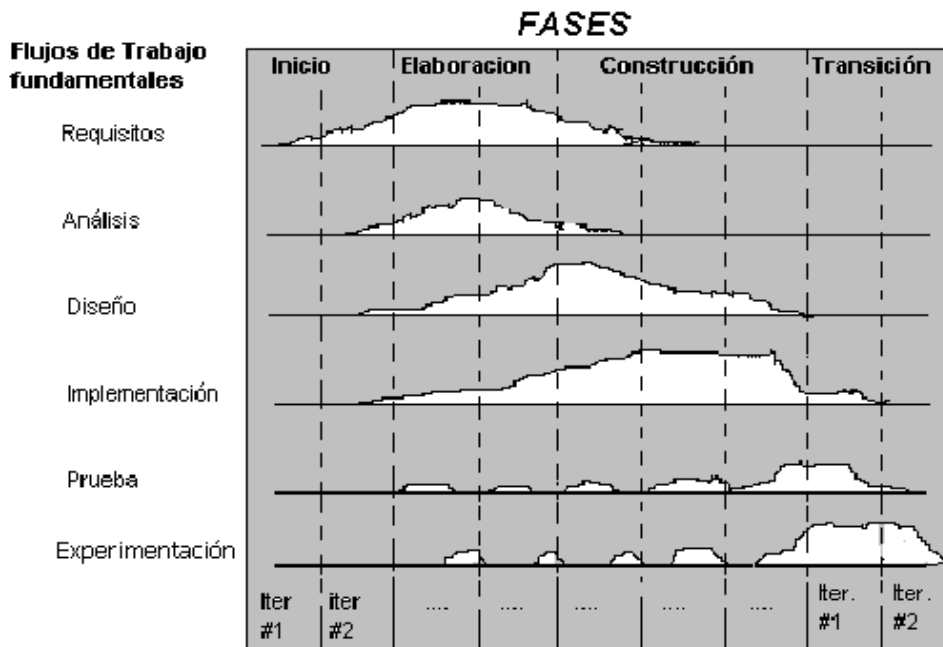
- Construir todos los Casos de Uso.
  - Finalizar faltantes de análisis, diseño, implementación.
  - Probar y experimentar cada construcción que se valla implementando.
  - Monitorear y/o mitigar riesgos aun existentes.
- ✓ La fase de transición incursiona dentro del entorno del cliente. La simulación se convierte en una versión. Aquí el cliente prueba el modelo de simulación e informa de defectos y deficiencias. Se hacen correcciones, se interactúa con el cliente, se forma, se capacita. Se analizan los defectos y deficiencias como corregibles o como parte de una nueva versión.

Se parte de una versión beta a ser probada por los clientes. Para ello entonces:

- Se prepara las condiciones de prueba, el ambiente.
- Se capacita y se ambienta a las personas
- Se preparan manuales, documentación preliminar
- Corrigen errores según el resultado de las pruebas.
- Se modifica el producto por errores no previstos.

Al final de la fase se entrega el producto final; es aconsejable evaluar el trabajo para “lecciones aprendidas” o la nueva versión que contengan funcionalidades adicionales.

Partimos inicialmente de que a lo largo de cuatro fases con múltiples iteraciones, vamos a llevar a cabo un proyecto de simulación. Contamos con la información sobre el sistema, su dominio. Entonces: planeamos la simulación y sus iteraciones. Según la fase en que se encuentre el proyecto de simulación serán las iteraciones. La figura 5 muestra la relación existente entre las fases y las iteraciones para desarrollarse en ellas, así como la ubicación de la cantidad de trabajo de cada uno de los flujos de las iteraciones, según la fase. La figura 6 muestra una proporción de la cantidad de esfuerzo requerida para cada una de estas fases.

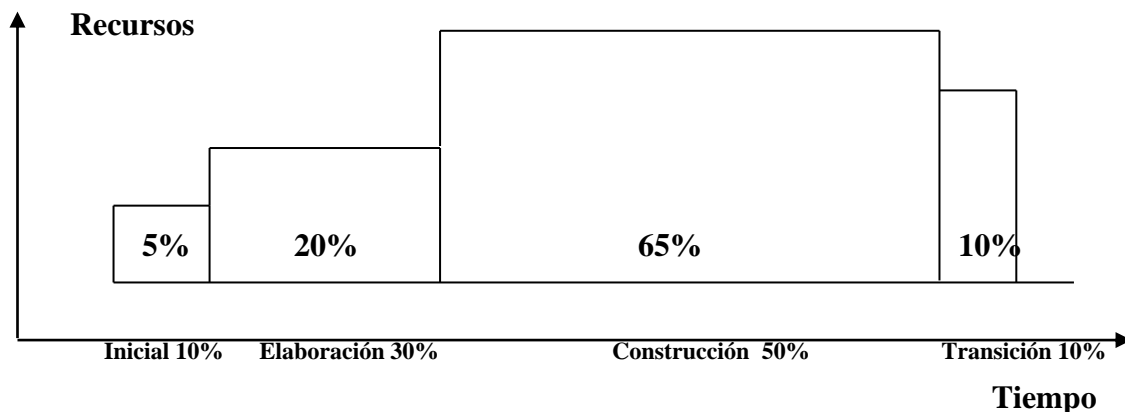


*Figura 5. Fases de un proyecto de simulación en relación con las iteraciones y los flujos de trabajo.*

A diferencia del método en cascada no es una sola vez que se tiene flujo de trabajo requisitos, análisis... sino en cada iteración y el énfasis de ellos depende de la fase en que se encuentren. Pero además una iteración conlleva planificación al comienzo de ella y evaluación a su final.

Aspecto de un proyecto típico. En el proceso de simulación, el esfuerzo y planificación se distribuyen, desplazando el trabajo para preparar la arquitectura y mitigar los riesgos al principio del ciclo. Ver la figura 6.

En proyectos de simulación grandes según sus necesidades, es probable realizar un mayor número de iteraciones y, tiempo y esfuerzo en el inicio y elaboración, en cuanto más actividades tengamos y los porcentajes de la figura 6 pueden ser variables.



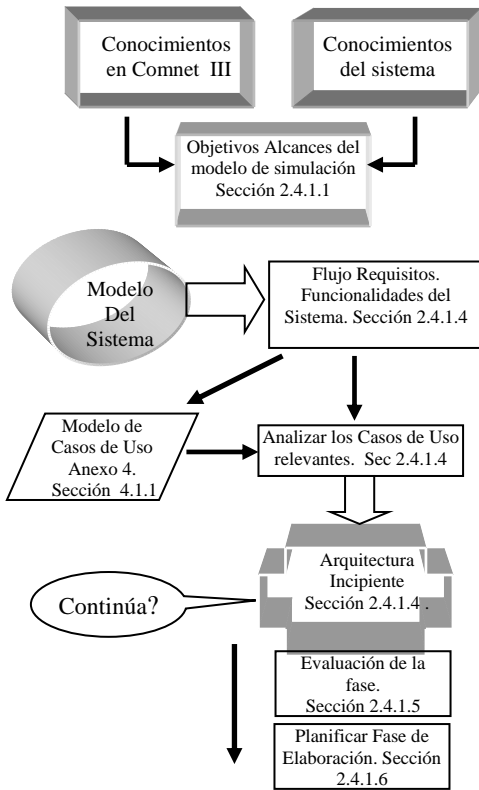
*Figura 6. Porcentajes de distribución del Tiempo en las fases del ciclo de vida de un proyecto de simulación.*

✓ Evaluar las iteraciones y las fases

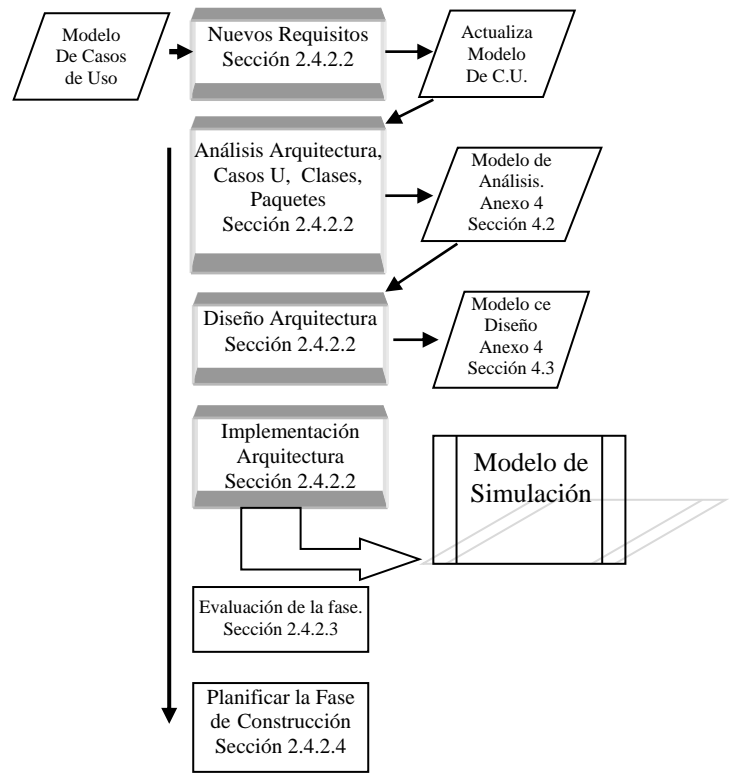
Por los beneficios de trabajo iterativo se debe evaluar una finalización de iteración o fase, para que a tiempo se reconsidere el plan de iteración o modificar el proceso, y nuevas acciones según el resultado de la evaluación. Esta evaluación es según los criterios establecidos y compara el progreso después de la iteración, si avanza y/o cumple requisitos. Se informa los resultados y se archiva el documento, luego en una nueva evaluación se crea otro documento.

La figura 7 muestra el esquema fundamental de organización de la guía junto con las secuencias de trabajo que se deben realizar para conseguir un modelo de simulación en Comnet III. Allí se muestra cada una de las fases del desarrollo de una simulación, los flujos de trabajo, las entradas y salidas para cada uno de ellos, hasta llegar a la experimentación con el modelo de simulación.

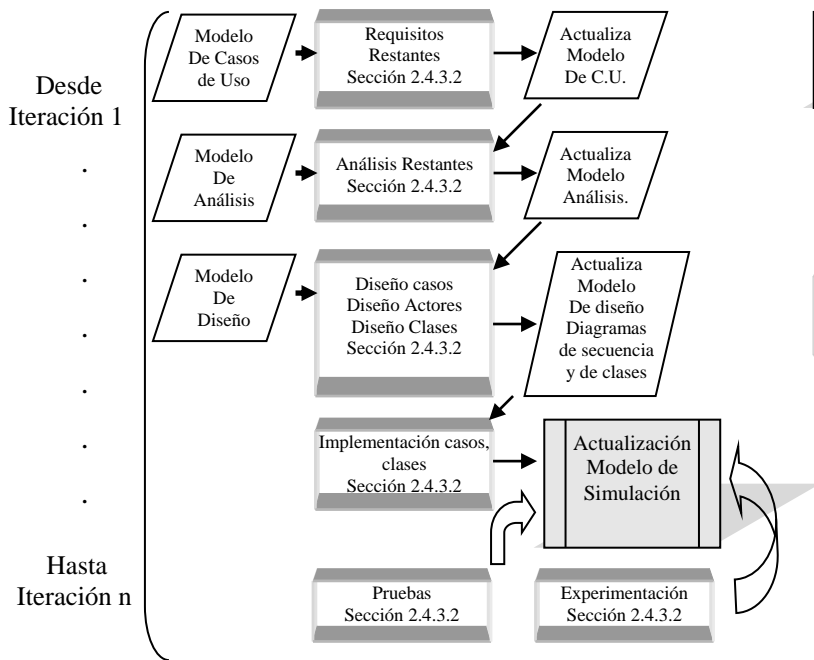
### FASE DE INICIO



### FASE DE ELABORACIÓN



### FASE DE CONSTRUCCIÓN



### FASE DE TRANSICIÓN

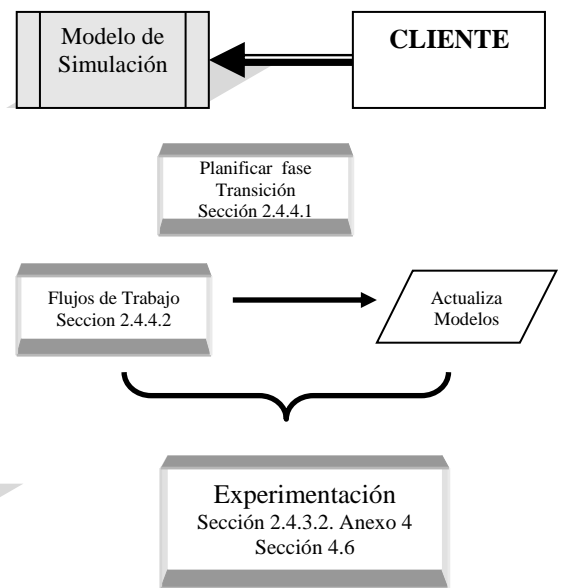


Figura 7. Esquema de actividades de la guía metodológica

Siguiendo el camino que nos da la guía metodológica a través de sus múltiples actividades como se ve en la figura 7 se obtiene el modelo de simulación sobre el cual se desarrollan las actividades de experimentación. A partir de la sección 2.4 se describen de manera mas detallada el desarrollo que debe hacerse en cada una de las fases del proyecto de simulación. El capítulo 4 muestra el proceso de aplicación de la guía metodológica al nodo de red objeto de estudio, siguiendo paso a paso las actividades necesarias de acuerdo al modelo del sistema. Para una mayor profundización de lo que son los flujos de trabajos, el anexo 4 contiene una descripción más precisa de las tareas a realizar en cada uno de ellos.

También de la figura 7 se puede deducir la trazabilidad que existe en los artefactos resultados de cada uno de los flujos de trabajo en las fases, y se puede ver de manera mas precisa en la figura 8 fijando la dependencia entre cada uno de ellos.

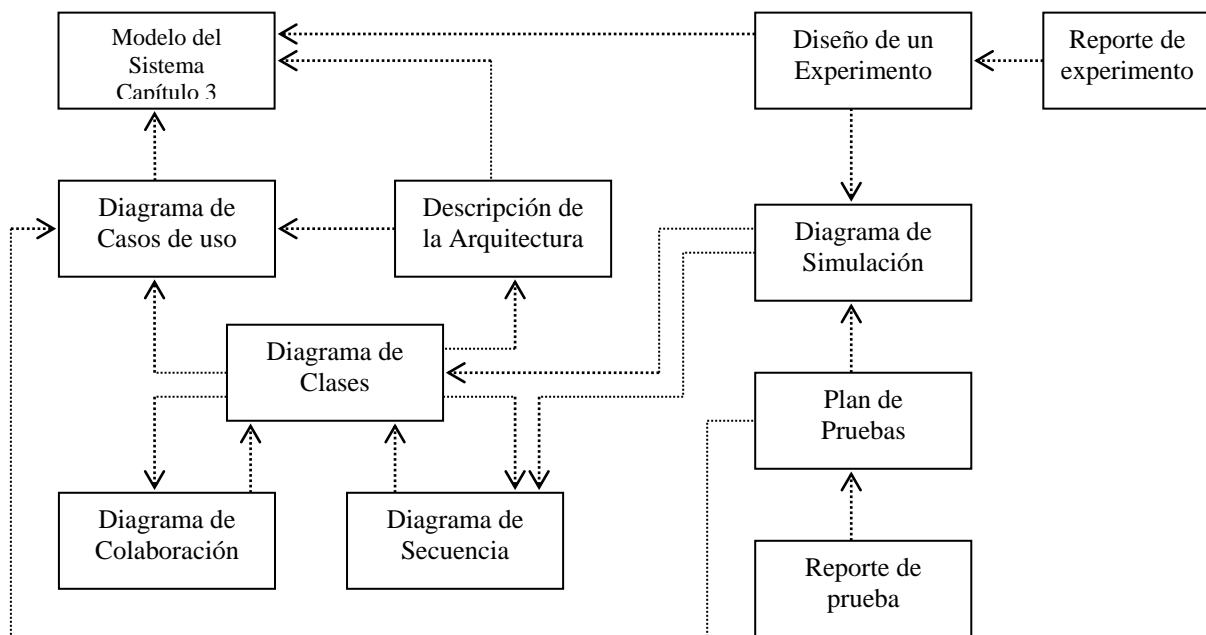


Figura 8. Diagrama de trazabilidad de los artefactos.

El punto de partida para los artefactos es el modelo del sistema, bien sea como un sistema real o como un diseño que el usuario posee y desee probar a través de Comnet III. Con base en la captura de requisitos se comienza a construir el modelo de casos de uso para luego la arquitectura comenzar a tomar forma en el análisis. Esta a su vez en el momento de

comenzar a crecer aporta al modelo de casos de uso y genera en el diseño los diagramas de clases, que a su vez dan la entrada para los diagramas de colaboración y diagramas de secuencia. Los diagramas de clase son la entrada para que en la implementación se obtenga un diagrama del modelo de simulación sobre la herramienta Comnet III. Las pruebas y experimentos dependen de lo construido en la implementación y del modelo de casos de uso. Se prueba los casos de uso que se construyen y se produce un reporte. La experimentación basa su acción sobre el modelo, por ser a este al cual se pretende que trabaje bajo diferentes condiciones, generando resultado de la simulación bajo esas condiciones reportes.

## **2.3 DIRECTRICES DE LA GUÍA**

Las directrices de esta guía equivalen a: Dirigida por casos de uso, centrada en la arquitectura, Iterativa e Incremental, orientada a la experimentación. Contiene cuatro fases de desarrollo: Inicio, Elaboración, Construcción y Transición, y estas contienen Iteraciones, según se explicará mas adelante.

**2.3.1 Dirigida por casos de uso.** Un caso de uso es una secuencia de acciones que el sistema lleva a cabo para ofrecer algún resultado de valor para un actor. Un Caso de Uso, es una parte de la funcionalidad total del sistema dando una respuesta al usuario, (persona, otro sistema, una máquina) que lo solicita. Representan requisitos funcionales. Los casos de uso establecen una directriz que constituye como el “Hilo Conductor” a través del cual se van conduciendo los distintos frentes de trabajo. Basándose en los casos de uso los desarrolladores de una simulación crean una serie de modelos de diseño e implementación que llevan a cabo los casos de uso. Sin embargo, el establecimiento de ellos no puede ser independiente ni al azar porque dependen a la vez de la arquitectura del sistema a simular.

Los casos de uso dirigen el proceso de simulación porque ocasionan flujos de trabajo; a partir de su descripción se forman las clases, interfaces para los usuarios. Los Casos de Uso enlazan el proceso a lo largo de su desarrollo. Los Casos de Uso permiten planificar las tareas, actividades a desarrollar, estimación de costo y tiempo de duración.



**2.3.2 Centrada en la arquitectura.** La arquitectura es la que permite ver el proceso de simulación como un todo y ubicarse en qué parte de él se encuentra. La mejor forma de comprender la arquitectura es comparándola con la arquitectura de un edificio donde se tienen planos generales y otros más detallados de electricidad, agua, ventilación, etc., y donde son múltiples trabajadores especializados en cada área, los realizadores y los beneficiados de esos planos. En un edificio se realizan planos con diferentes perspectivas, para comprender mejor el diseño. Para el caso de simulación se denominarán vistas del modelo del sistema.

Los casos de uso y la arquitectura se simulan como lo hacen en el desarrollo de un producto la “función” y la “forma” respectivamente. Interactúan entre sí. Los casos de uso hacen la función y deben encajar en la arquitectura al desarrollarse y la arquitectura indica qué casos de uso se desarrollan ahora y cuales en el futuro. Existen en un sistema casos de uso muy claves que son los que están determinando la arquitectura formal eficaz para que el sistema funcione y evolucione. Son más o menos el cinco o diez por ciento del total de los casos de uso.

**2.3.3 Iterativa e incremental** Se trata de dividir el proyecto en partes más pequeñas o miniproyectos, cuyo desarrollo equivale a una iteración. Como son miniproyectos, estas iteraciones tratan un grupo de casos de uso y cada vez que se completa una iteración se amplía la simulación del sistema, ampliando su funcionalidad, y a la vez el sistema se va creciendo aun más, por lo cual se dice que el proceso es incremental.

Las Iteraciones permiten tratar además los riesgos más importante y los problemas e imprevistos que surjan en el proceso de simulación. Como las iteraciones constituyen miniproyectos que tratan casos de uso concretos, ellas deben cumplir con etapas de desarrollo denominadas así: requisitos, análisis, diseño, implementación, prueba y experimentación, los cuales se encuentran descritos en el Anexo 4. Los incrementos inicialmente suelen no ser aditivos sino que expanden una idea o especifican más un modelo general. Ya después de tener una plataforma firme y basada en la arquitectura, los incrementos se vuelven aditivos.

## VENTAJAS DE LAS ITERACIONES

- ✓ Reducen la influencia del riesgo a un solo incremento.
- ✓ Controla el riesgo de no terminar el proyecto de simulación en el plazo señalado.
- ✓ Los riesgos son puntuales y solucionados en la Iteración correspondiente.
- ✓ El tener resultados claros en corto plazo acelera el ritmo del desarrollador por lo que obtiene.

La arquitectura guía las Iteraciones a desarrollar y los casos de uso determinan los objetivos a lograr en las Iteraciones. El conjunto de todas las iteraciones, constituye el ciclo de vida del proceso de simulación. Algunas como las primeras permiten comprender y minimizar los riesgos, determinar la viabilidad, determinar la línea base de la arquitectura. Luego se empiezan a disminuir los riesgos y las iteraciones empiezan a producir los incrementos hasta conseguir el sistema buscado.

**2.3.4 Orientada a la experimentación.** En un proyecto de simulación es fundamental la experimentación que se realice, porque de ella depende el cumplimiento de los objetivos trazados y el aprovechamiento de la simulación para los procesos exploración, planeación y análisis del modelo. Durante cada miniproyecto que se plantea en las iteraciones del proceso de simulación, se lleva a cabo el flujo de trabajo de experimentación, que permite además de verificar la funcionalidad, analizar lo construido hasta ahora desde el punto de vista de los actores experimentales, quienes son directamente los interesados en los resultados de la simulación del modelo.

## 2.4 DESCRIPCIÓN DE LAS FASES DEL CICLO DE VIDA.

**2.4.1 Fase de inicio.** La fase de inicio pone en marcha el proyecto. El objetivo es desarrollar el análisis del sistema a simular, y definir los objetivos y alcances del modelo de simulación al finalizar la fase de construcción hasta el punto de justificar la puesta en marcha del proyecto. La delimitación del alcance del sistema, permite comprender la arquitectura, mirar riesgos críticos en ese límite, mirar tiempo, beneficios.

Para llevar a cabo la fase de inicio debo mirar el sistema desde el punto de vista del modelo a simular y no desde el punto del modelo simulado y la interacción de los actores del

modelo con él. Es fundamental tener clara la necesidad de situarse dentro del sistema, analizarlo desde el nivel de funcionalidad para poder entenderlo y que conduzca a la simulación. Para poder lograrlo es necesario mirar de cerca el sistema, visitar su sitio de funcionamiento, hablar con los encargados de administrarlo, buscar documentación anexa, conseguir datos, estadísticas de funcionamiento y todas las demás acciones posibles que conlleven a conocer lo mejor posible el sistema a simular.

Luego de conocer el sistema es necesario comenzar el estudio de la herramienta de simulación Comnet III, realizando una ambientación en ella a través de ejemplos y proyectos pequeños que permitan aprender a manejarla y conocer sus funciones, capacidades y alcances.

Al reunir la información del modelo y tener conocimiento de la herramienta de simulación, se organiza, se mira qué falta para trazar objetivos, así como las limitaciones de información (por aspectos de seguridad o desconocimiento), para luego elaborar un plan provisional. Este plan trata primero de aclarar los objetivos de la simulación, las funciones del sistema que se van a tener en cuenta y esbozar la arquitectura, tratando de justificar la factibilidad del proyecto. Cada vez que se tenga nueva información se acomoda al plan provisional hasta terminar la fase de inicio, tratando de cumplir las metas de tiempo.

2.4.1.1 Definición de los objetivos y alcance de la simulación. Es lo principal por realizar en el comienzo de la fase de inicio y se realiza con base en el conocimiento inicial que se tenga del sistema, apoyándose también en el conocimiento adquirido en la herramienta de simulación de Comnet III. Ver ejemplo Sección 4.1.1

- ✓ Objetivos de la simulación. Lo que se espera con la implementación del modelo en Comnet III. Resulta de interactuar con el cliente; conocer sus expectativas y necesidades.
- ✓ Condiciones de experimentación. Con base en los objetivos fijar los principales aspectos para realizar experimentación. Se necesita conocer el sistema para saber en que aspectos podemos plantear experiencias, como por ejemplo:

- Ampliación del sistema. Montaje de nuevos equipos que aumente la funcionalidad, integrándolos, para conocer la respuesta y la forma de trabajo con ellos.
  - Suspensión de equipos para observar el comportamiento del sistema por el aumento de carga de trabajo o las pérdidas ocasionadas.
  - Variación de las condiciones de trabajo por aspectos como daños, congestión, para ver la respuesta del sistema.
  - Probar los planes de contingencia que posea el sistema, la efectividad y las pérdidas en el proceso.
- ✓ El alcance. Teniendo el modelo, qué partes de él se van a simular y bajo qué condiciones, y además el nivel de especificación del funcionamiento del modelo. Se necesita el conocimiento del sistema para saber qué partes del trabajo que realiza se pueden trabajar en la simulación: Ejemplo: En una red telefónica trabajar los aspectos de transporte de voz y de datos, dejando de lado la tarificación.

2.4.1.2 Criterios de evaluación de la fase. El plan de la fase de inicio es un poco vago porque la orientación principal es conseguir la información que se necesita, sin embargo los criterios principalmente para saber que se ha cumplido con los objetivos de la fase se orientan hacia:

- ✓ Objetivos de la simulación, alcance y las condiciones de experimentación
- ✓ Definición del ámbito del sistema
  - Tener claro lo que va a formar parte del sistema
  - Si se han identificado todos los actores
  - La naturaleza de las interfaces o puntos de relación entre las partes del sistema.
- ✓ Resolver ambigüedades en los requisitos que se capturan en esta fase
  - Identificar y detallar los requisitos para los iniciales Casos de Uso del modelo con que se parte, para eliminar ambigüedades.
  - Identificar y detallar requisitos adicionales
- ✓ Determinar una arquitectura. Construir aunque en el nivel de bosquejo una arquitectura que soporte y sea factible a las nuevas funcionalidades que establezcan un riesgo para el proyecto.
- ✓ Mitigar los riesgos críticos.

El mayor riesgo para el proyecto de simulación es asegurar que el sistema se puede modelar en Comnet III; para el final de la fase de inicio es fundamental tener claro que se puede continuar adelante. En caso contrario establecer la posibilidad de redefinir los objetivos, el alcance y las condiciones de la simulación para salvar el proyecto. Pueden existir otros riesgos que se deben tener identificados como por ejemplo alguna parte del sistema que ofrezca demasiada funcionalidad o no se tenga clara su estructura o influencia; pero no se trata de ya quedar eliminados esos riesgos, pero si que estén sobre la mesa para buscar mitigarlos en la siguiente fase.

Los riesgos influyen en la planificación de la simulación, por lo tanto es importante iniciar con la realización de un listado, que inicialmente puede ser complicado de crear. Estos riesgos se relacionan con funcionalidades del modelo que no estén claras o que Comnet III no alcance a abarcar. Conforme se va conociendo el sistema se podrán apreciar otros riesgos críticos. Los riesgos deben conocerse lo mejor posible y poder trabajar con ellos. En la lista de riesgos estos se deben describir brevemente y detallarlos conforme se avanza, darles prioridad aunque inicialmente sea alta, mirar su impacto y en qué área, monitorearlos, elaborar contingencia sino se puede solucionar. La lista de riesgos puede ser grande, se deben ordenar, según su seriedad. Los primeros riesgos a solucionar se enfocan en la viabilidad, por ello la lista no es estática, se van eliminando poco a poco.

Las fases e iteraciones proporcionan la solución continua de los riesgos y según la fase son los riesgos. Para esta fase se mitigan los riesgos concernientes a la viabilidad del sistema. Es importante darles la importancia que merecen y esforzarse por solucionarlos, de lo contrario tarde aparecerán y su solución será mas complicada. No obstante existen riesgos que no se detectan, otros difíciles de detectar, pasan desapercibidos o no se buscan lo suficiente, lo que más adelante repercute en demoras. El objetivo es hacer que cada iteración durante la construcción proceda libre de eventos y de acuerdo con el plan.

2.4.1.3 Flujo de trabajo de una iteración en la fase de inicio. Para la fase de inicio los flujos de trabajo están orientados a trabajar sobre el modelo del sistema, identificarlo, definirlo, pero siempre guiado por los objetivos y alcances de la simulación. Para la primera iteración se trabaja fundamentalmente sobre el flujo de trabajo de los requisitos existentes en el sistema y muy poco los demás. En este momento se estará identificando Casos de Usos, estableciendo prioridades de Caso de Uso y relevantes, detallando Casos de Uso necesarios en esta etapa. Así mismo en el análisis se centra el trabajo a la descripción de Casos de Uso y su entendimiento. El resultado es el modelo de Caso de Uso y el modelo de análisis en el flujo de análisis que tan solo puede ser un prototipo pero que como ya se sabe, aclara los Casos de Uso. Al final de la iteración se puede tener la arquitectura y bocetos de las vistas del modelo. La figura 9 muestra ubica el desarrollo principal del trabajo para la fase de Inicio.

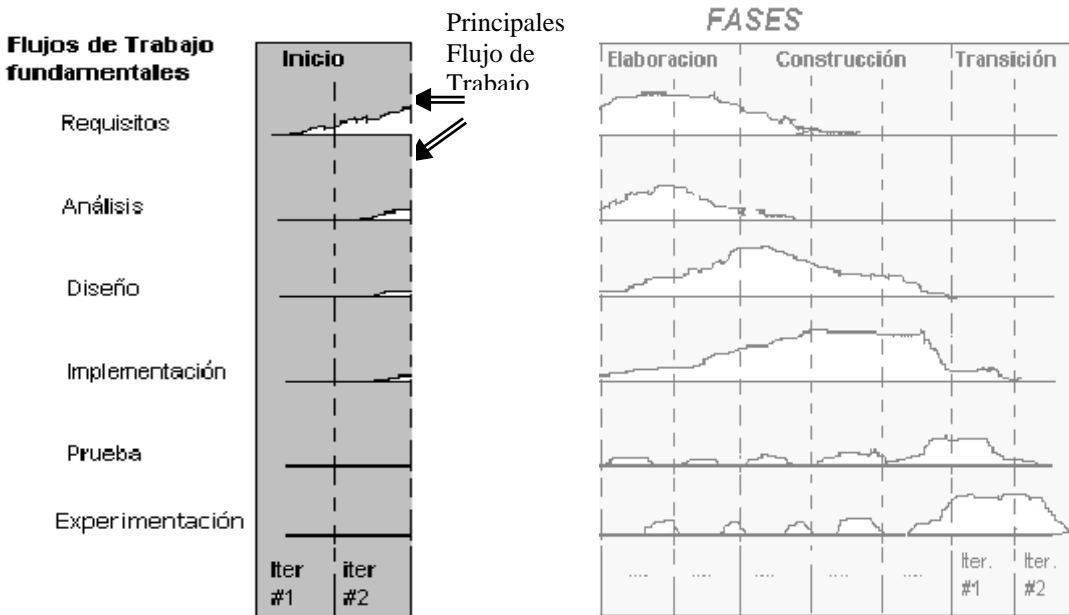


Figura 9. Fase de Inicio en el desarrollo del proyecto de simulación

2.4.1.4 Ejecución de los flujos de trabajo fundamentales.

*Flujo de requisitos.* Incluye identificar y detallar los Caso de Uso. Para ello se debe:

✓ Comprender el contexto del sistema. Ver de cerca el sistema en funcionamiento.

- ✓ Realizar una lista de los requisitos que cumple el sistema y las características dentro del límite definido. Estas son propiamente las tareas para las que fue construido. Ejemplo: Enrutar datos, Conmutar llamadas, comunicar equipos, recibir procesar y/o enviar información; así mismo las variantes para cada una de las funciones que se identifiquen. Ver ejemplo Sección 4.1.2.1.

- ✓ Recoger los requisitos no funcionales relacionados. Son actividades que realiza el sistema y dependen mas de las características de él que de las funciones para las que fue construido. Ejemplo: Efectividad, rapidez, necesidad de confiabilidad, capacidad para solucionar una falla (en un enlace, un equipo). Son aspectos del sistema que no dependen de una parte de él en particular.

- ✓ Encontrar actores y Casos de Uso en el sistema.

Estos Casos de Uso deben clasificarse y restringirse a Casos de Uso que afecten a los objetivos de la simulación establecidos al comienzo. Los casos de uso como se menciona anteriormente son la base para el desarrollo de la simulación; ellos representan la funcionalidad del sistema y encontrarlos es fundamental para el desarrollo de la simulación. Para determinar los casos de uso se debe:

- Se asocia cada ítem de la lista de requisitos a un caso de uso
- Se asocian requisitos con funcionalidades similares pero diferentes respuestas como un solo caso de uso.

Ver ejemplo Sección 4.1.2.2 y 4.1.2.3.

- ✓ Determinar la prioridad de los Casos de Uso. Habiendo ya encontrado actores y casos de uso del sistema se busca mirar sus relaciones y cómo interactúan entre sí para establecer una inicial dependencia entre ellos y fijar prioridad. Según las responsabilidades de los casos de uso y sus contribuciones al sistema, se sabrá cuales son de mayor importancia. Ver ejemplo sección 4.1.2.4.

- ✓ Detallar un Caso de Uso. Se detalla la funcionalidad de los de mayor prioridad. Los actores con los que se relaciona, la información de entrada, la información de salida, las posibles acciones que realiza sobre terceros; se describe de manera específica las acciones que lleva a cabo y el procedimiento para realizarlas.

En esta fase sólo se detalla una fracción de ellos. Se entra en detalle en aquellos que durante la exploración del sistema se consideran de mayor importancia, generalmente

10% a 20% de Casos de Uso. El objetivo es tender hacia la arquitectura, mostrar las principales funciones del sistema, y precisar los límites de la simulación.

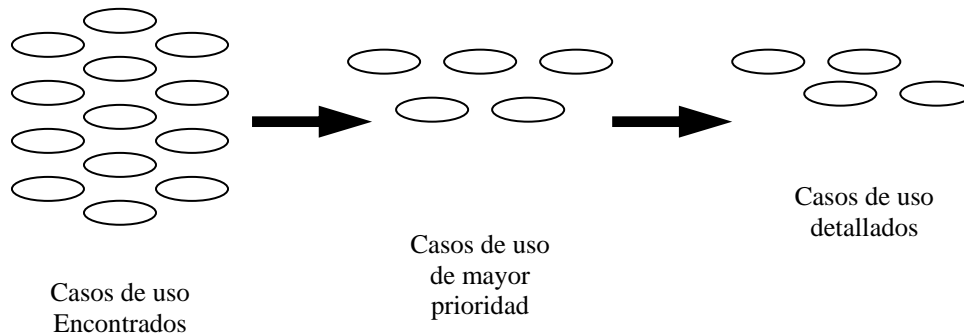


Figura 10. Flujo de trabajo de los requisitos en la fase de inicio

*Flujo de Análisis.* En este flujo el resultado es un modelo inicial de análisis que guía hacia el establecimiento de la arquitectura; es equivalente al 5%. El modelo de análisis es solo una primera impresión. Las actividades a realizar son:

- ✓ Analizar los casos de uso. De los casos de uso encontrados se analizan los de mayor prioridad y se comienza a realizar un análisis de ellos de las funciones que realizan, sus variantes, condiciones de operación, información, partes del sistema que afecta, actores y sus tipos de relaciones, procedimientos; todo esto orientado a comprender su influencia en una incipiente vista de la arquitectura. Ver ejemplo Sección 4.1.3.1
- ✓ Análisis de la arquitectura Como resultado del análisis realizado se comienza a notar desde este momento el camino hacia la arquitectura que posee el sistema. Así entonces se realiza un análisis inicial de las interacciones entre los casos de uso, equivalencias, similitudes, agrupaciones, con la tendencia de ir hacia una posible arquitectura. Ver ejemplo sección 4.1.3.2.

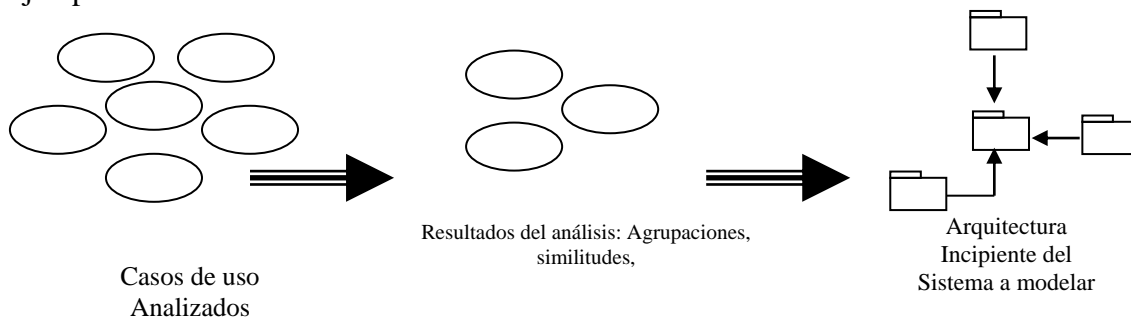


Figura 11. Flujo de Análisis en la fase de inicio



*Flujo de Diseño.* Tomando como base el análisis inicial de la arquitectura realizado anteriormente se comienza a bosquejar el diseño de esta tratando de llegar a la “descripción de la arquitectura” a través de:

- ✓ Diseño de la arquitectura. Trabajando sobre los casos de uso identificados se busca obtener a partir de ellos funcionalidades que lleguen a conformar subsistemas. Partiendo del agrupamiento que se haga se miran entre los casos de uso significativos mecanismos de relación que se pueden definir, colaboraciones, interfaces importantes consiguiendo así un primer paso para la vista de la arquitectura del modelo de diseño. Estas interfaces son equivalentes al medio usado para la relación entre sistemas, subsistemas, clases, objetos; no se refiere al diseño de interfaces para relacionarse con agentes externos. En este diseño se abarca incluso los requisitos no funcionales que puedan contener riesgo. Ver sección 4.1.4.1.

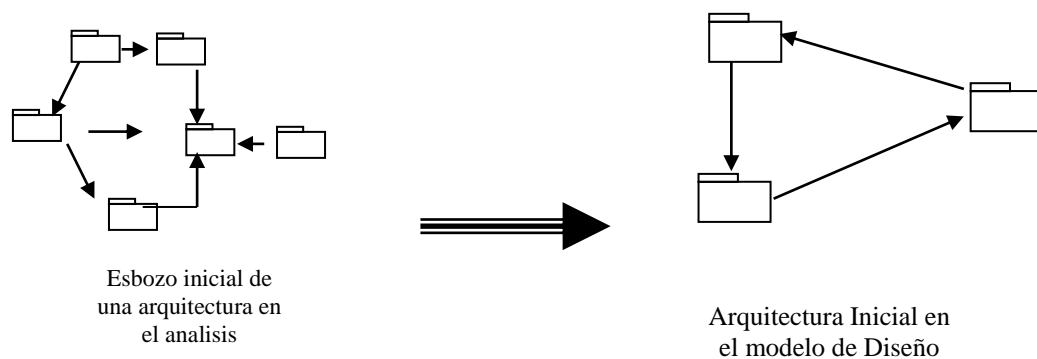


Figura 12. Flujo de diseño en la fase de inicio

*Flujo de Implementación, pruebas y experimentación.* En las iteraciones de la fase de inicio no se realizan, estos solo comienzan cuando se tenga una descripción precisa de la arquitectura.

2.4.1.5 Evaluación de la fase de inicio. Se hace la evaluación y los criterios insatisfechos se dejan para futuras iteraciones. Un resultado crucial de la evaluación es la decisión de sí seguir adelante o no. Examinando los requisitos planteados, los casos de uso descritos, su análisis, la posibilidad de conformar una arquitectura para el sistema, y de acuerdo a las características y funcionalidad de Comnet III, llegar a la conclusión de si se puede o no cumplir con los objetivos de la simulación. Saber si el sistema es realmente posible

simularlo utilizando Comnet III es fundamental, para que avanzado el proyecto no se abandone por las desventajas que se puedan presentar. Este es el principal riesgo a cubrir en esta fase. Por ello se debe tener para este momento un conocimiento de la potencialidad de la herramienta y su alcance para tomar la decisión correcta.

Los resultados que se deben obtener de esta fase son:

- ✓ Los objetivos que se pretenden alcanzar con el trabajo de simulación.
- ✓ El alcance y limitaciones de la simulación, con respecto al modelo.
- ✓ Una lista de características del sistema a modelar
- ✓ Un esbozo de los modelos de casos de uso, análisis y diseño, que representan una primera versión. También se genera una primera versión de los requisitos adicionales.
- ✓ Un primer esquema de la descripción de una arquitectura.
- ✓ Una lista de riesgos.

Ver sección 4.1.6.

2.4.1.6 Planificación de la fase de elaboración. Hacia el final de la fase de inicio, se comienza a planear la fase de elaboración. Se trata de describir las principales acciones que se van a llevarse a cabo en ella, enfocándose a determinar casi el 80% de los requisitos, y tener claro y bien definida la arquitectura. Con base en el conocimiento hasta ahora logrado del sistema, la lista de requisitos que se tiene, el alcance y delimitación del trabajo de simulación, se podrá en este momento dimensionar la fase y determinar el número de iteraciones. Si el número de subsistemas es bastante grande lo mejor será planear varias iteraciones que permitan analizarlos por grupo y paso a paso ir definiendo la arquitectura, hasta que al final se obtenga una sólida base de ella para continuar el trabajo. Ver sección 4.1.7.

**2.4.2 La Fase de Elaboración.** Para iniciar la elaboración se tiene una arquitectura incipiente del sistema, y se tiene un análisis inicial del entorno operativo del sistema. Los principales objetivos son:

- ✓ Recopilar los restantes requisitos que quedaron pendientes, formulándolos como casos de uso.
- ✓ Establecer la línea base de la arquitectura que guíe el futuro de la simulación. (80% de los casos de uso)

- ✓ Permanecer pendiente de los riesgos críticos que aun queden.

En esta fase, crece el desarrollo, no solo para llevar a cabo las actividades de esta, sino, estar preparados para la construcción. En el momento de iniciar esta fase se tiene incipientes modelos de casos de uso y modelo de análisis, los cuales pueden servir de guía hasta alcanzar la línea base de la arquitectura, aunque no queden completos. El plan de esta fase y alguna(s) iteración(es) se conoce de la fase de inicio y puede terminarse aquí de establecer modificando los planes de las actuales iteraciones.

Las principales actividades para realizar en esta fase son:

- ✓ Identificación de requisitos, actores y casos de uso necesarios para la línea base de la arquitectura.
- ✓ Que la línea base de la arquitectura satisfaga tanto los requisitos recopilados como a las necesidades de los usuarios.
- ✓ Llevar a la línea base de la arquitectura a soportar la fase de construcción y versiones posteriores del sistema.
- ✓ Los riesgos críticos se mitigan o ya se tiene un plan para ellos.
- ✓ Establecimiento de los criterios de evaluación de esta fase, según los objetivos.

2.4.2.1 Flujo de trabajo de una iteración en la fase de elaboración. Las actividades de los flujos se centran en el establecimiento y definición de la arquitectura. Los requisitos tratados tienen como limitante que sirvan para la arquitectura pero esta, se constituye tan solo como un esqueleto y se desarrolla en una o dos iteraciones generalmente. Los riesgos si bien no han sido eliminados se debe realizar un plan para que una vez en la fase de construcción, la realización de los casos de uso los elimine.

También el trabajo en esta fase va orientado hacia la recopilación y refinamiento de la mayor parte de los requisitos, entre el 40% - 80%. Mas o menos la mitad de ellos se tendrán en cuenta en el flujo análisis y unos pocos en el diseño. Según lo requiera el proceso de desarrollo de la simulación se implementarán, probarán y experimentará con ellos.. Desarrollar la línea base de la arquitectura es el objetivo fundamental de esta fase y se logra al comprender el 80% de los casos de uso sin tener que detallarlos y mucho menos

implementarlos. Comprender se entiende por aprehender lo que es significativo para la arquitectura de ellos.

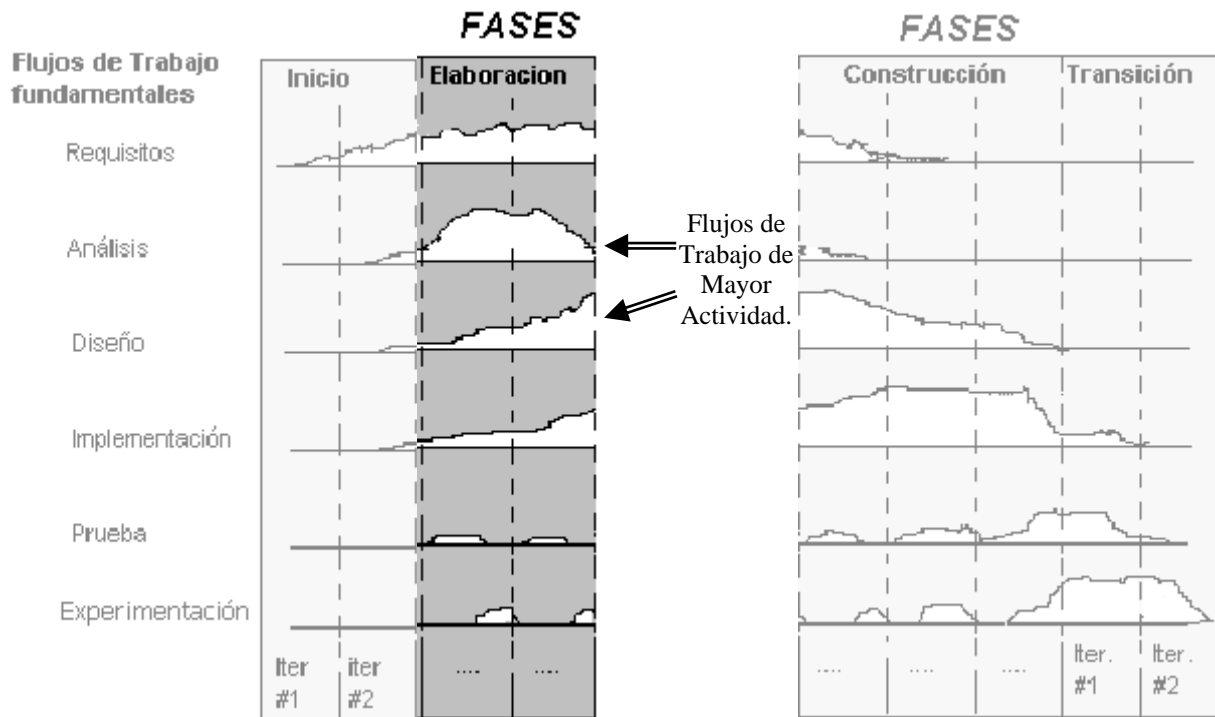


Figura 13. Fase de elaboración en el desarrollo de un proyecto de una simulación

2.4.2.2 Ejecución de los flujos de trabajo fundamentales. Al comenzar la fase de elaboración se tiene un precedente en documentación; en este se busca no justificar el proyecto, sino eliminar riesgos con casos de uso significativos para la arquitectura de tal manera que la definan.

*Flujo de requisitos.* Para la fase de elaboración el flujo de requisitos es similar al de la fase de inicio, tratando de recopilar la mayoría de requisitos restantes. Ver figura 9.

- ✓ Encontrar nuevos casos de uso y actores. Ya teniendo los requisitos que fueron fundamentales para la primera vista de la arquitectura, se continúa el establecimiento de requisitos, relacionándolos con nuevos casos de uso que cubran las tareas que cumple el sistema. Ver sección 4.2.1.2.

- ✓ Determinar la prioridad de los nuevos casos de uso. Con base en la relación que estos posean con la arquitectura incipiente y según contribuyan a la solución de riesgos planteados, se les asigna una prioridad que permite ordenar el diseño e implementación de ellos.
- ✓ Detallar un caso de uso. Se detallan los casos de uso según la prioridad que tengan de igual manera como se mencionó en la fase de inicio. Aunque pueden haber muchos no se detallan todos sino los más relevantes. Ver sección 4.2.1.3.
- ✓ Estructurar el modelo de casos de uso. Es posible que muchos de los requisitos que cumple el sistema se puedan agrupar o describir en mejor manera; teniendo en cuenta el detalle de los casos de uso ya realizado se organizan, se unen varios en uno solo y/o se define en mejor manera la relación entre ellos. El resultado es una nueva versión del modelo de casos de uso. Ver sección 4.2.1.4.

*Flujo de análisis.* Aquí se analiza la arquitectura, casos de uso, clases, paquete. Se analiza los casos de uso relacionados con arquitectura y posibles relaciones con otros; mas o menos el 50% del total en los requisitos. A medida que avanzamos los nuevos requisitos van agregándose a la línea base de la arquitectura y a la vez ésta podría ceder un poco para acomodarse, así, la implementación se hace más simple.

- ✓ Análisis de la arquitectura. Partiendo de la factibilidad de la arquitectura establecida, se seleccionan los casos de uso del esbozo inicial para analizar su funcionalidad, clases que los conforman, atributos, resultados obtenidos al ejecutarse, operaciones de igual tipo; luego de realizar este análisis se puede comenzar a agrupar en paquetes dependiendo de las acciones similares que utilicen y definiendo sobre estos las interfaces de comunicación entre ellos. Un paquete puede constituirse por uno o mas casos de uso. Una vez realizada la agrupación se plantea nuevamente el modelo de análisis que permita ver en mejor manera la arquitectura del sistema. Ver ejemplo Sección 4.2.2.1

➤ Analizar un caso de uso.

El análisis de un caso de uso se hace ahora pero en función de las clases que lo conforman y la interacción de estas en la realización del caso de uso. Este trabajo desarrollado consiste en dedicarse a cada caso de uso del modelo y especificarlo en

función de sus clases y responsabilidades. Con esta descripción se encontrará clases de análisis, sus relaciones y atributos, lo cual se utilizará para reestructurar el modelo de análisis de la arquitectura. Ver ejemplo sección 4.2.2.2

- Identificar y analizar una clase. Las clases son las partes constituyentes del sistema, que asociadas producen la realización de un caso de uso. Dependiendo del nivel de especificación se pueden determinar las clases. Ejemplo al simular una red macro para comunicaciones en un país, una clase podrá representar un nodo que contribuye a enrutar comunicaciones, un enlace de fibra, un satélite. Al simular una red ubicada en el entorno de una ciudad, una clase podrá representar una central, un enlace, un equipo de transmisión; pero al simular el funcionamiento de los componentes de una central como si fueran una red que intercambia información, una clase representará una parte de la central como el conmutador, el equipo de interfaz, de tarificación, la unidad de almacenamiento etc. Para esta fase se analizan las clases relacionadas con la arquitectura según sus responsabilidades, métodos y atributos. Ver ejemplo sección 4.2.2.3

✓ Analizar un paquete

Con el análisis hecho a los casos de uso que hacían parte de la arquitectura inicial se forman ahora paquetes de análisis, que contienen funcionalidades definidas e interfaces entre ellos, y clases de análisis principales. Esto permite estructurar y definir en mejor manera la arquitectura para obtener una descripción de ella. Ver ejemplo sec. 4.2.2.4

*Flujo de diseño.* En la fase de elaboración se diseñará desde un punto de vista de la arquitectura y en donde los paquetes que más adelante son subsistemas, son muy importantes para la vista de la arquitectura en el diseño, la cual es punto de partida para la implementación.

✓ Diseño de la arquitectura

Aquí se incluye subsistemas, clases, interfaces y realizaciones de casos de uso arquitectónicamente significativos. Se identifica la arquitectura subsistemas y sus interfaces, las clases de diseño significativas.

- Identificar los subsistemas y sus interfaces.

Basándose en los paquetes del modelo de análisis, se identificará los subsistemas correspondientes para el modelo de diseño. Generalmente la relación paquete - subsistema de análisis o diseño respectivamente puede ser uno a uno pero no siempre. Varios paquete en el análisis podría ser un subsistema, cuando entre ellos existe demasiada dependencia de tal forma que no se pueden separar sus funciones. Pero también un paquete podría formar varios subsistemas cuando este tenga demasiadas realizaciones de casos de uso que puedan hacer compleja su implementación mas adelante. Ver ejemplo sección 4.2.3.1

- Identificar las clases de diseño significativas para la arquitectura. Las clases de análisis significativas van a ser clases de diseño, incluidas en la descripción de la arquitectura.
- ✓ Diseñar un caso de uso. Los casos de uso seleccionados para diseñar, se hacen en términos de subsistemas de diseño y de servicio y clases de diseño; con mucho mas detalle que en el análisis. Un caso de uso se diseña planteando su realización en términos de las interacciones de los subsistemas y sus interfaces; se puede observar así la comunicación que existe entre los subsistema para poder realizar lo requerido por este caso de uso. Para la etapa de elaboración se diseñan los que son arquitectónicamente significativos. Ver ejemplo Sección 4.2.3.2.
- ✓ Diseñar una Clase. Se diseñará las clases que participarán en las realizaciones de casos de uso del punto anterior pero ya dándoles a ellas un enfoque hacia la herramienta de simulación Comnet III. De tal manera que sus atributos se relacionan con las propiedades que llevaran durante la futura implementación. Ver sección 4.2.3.3.
- ✓ Diseñar un subsistema. Los subsistemas se diseñan teniendo en cuenta los paquetes de análisis, los cuales tiene la descripción de las clases que los constituyen y sus relaciones. En el diseño las relaciones de estas clases, su comunicación para cumplir responsabilidades, sus conexiones, estarán afectadas por el conocimiento que se tiene de la herramienta de simulación. Ejemplo: para comunicar dos clases de diseño en Comnet III es posible que se necesite adicionalmente un elemento llamado enlace, que se representa por una nueva clase, para la cual también se debe definir atributos. De igual manera si para comunicar subsistemas se debe hacer lo anterior, es en el diseño donde se prevé.

Con los casos de uso diseñados como interacción de subsistemas, las clases diseñadas, los subsistemas diseñados, se obtiene la vista de la arquitectura del modelo de diseño, estando así listos para la implementación.

*Flujo de Implementación.* Se implementa en Comnet III solo lo diseñado (10%) y que es arquitectónicamente significativo, dando como resultado “la línea base de la arquitectura”.

- ✓ Implementación de la arquitectura. Tomando como base las vistas de la arquitectura del modelo diseño, se identifican los componentes para implementar y se representan en el escritorio de la herramienta Comnet III. Ver ejemplo sección 4.2.4.1
- ✓ Implementación de una Clase o componente. Ya habiendo diseñado los subsistemas y sus clases se implementan estas con todos los atributos definidos en el diseño, se realizan las conexiones necesarias entre los íconos de Comnet que representan las clases y poco a poco al implementar todas las clases de un subsistema, este por consiguiente quedará también implementado. Ver ejemplo sección 4.2.4.1.
- ✓ Integrar el sistema. Se integran los subsistemas y componentes correspondientes en una línea base de la arquitectura funcional, realizando las conexiones necesarias entre ellos según Comnet III permite.

*Flujo de Pruebas y experimentación.* Hasta aquí se han diseñado las partes principales de la arquitectura y se han implementado; las pruebas que se realizan buscan determinar que la arquitectura funciona pero esta funcionalidad se logra establecer con la implementación de los actores que interactúan con el sistema y completando al menos una realización de caso de uso. Por tanto esto solamente se logrará tener en las primera iteraciones de la fase de construcción. Por tal razón el flujo de experimentación tampoco se llevará a cabo en esta fase. Ver ejemplo sección 4.2.5

2.4.2.3 Evaluación de las iteraciones de la fase de elaboración. Al finalizar la fase de elaboración, la evaluación se hace según los criterios establecidos en el plan de iteración y debe convencer a los implicados en el proyecto que se han mitigado los riesgos graves y se tiene construida una línea base de la arquitectura estable; que el sistema puede ser construido y tener un sólido respaldo para la fase de construcción.



Si se tiene varias iteraciones al final de cada iteración no se tendrán objetivos terminados, pero sí partes sólidas para la arquitectura, línea base y se evaluarán los objetivos intermedios cumplidos o no. Ver ejemplo sección 4.2.6.

Los productos obtenidos serán los siguientes:

- ✓ Una versión de todos los modelos
- ✓ Una línea base de la arquitectura
- ✓ Una descripción de la arquitectura
- ✓ Una lista actualizada de riesgos.
- ✓ El plan del proyecto para las fases de construcción y transición.

2.4.2.4 Planificación de la fase de construcción. Finalizando la fase de elaboración se comienza a planificar detalladamente el número de iteraciones y sus actividades. El número depende de la complejidad del proyecto. Cada iteración añadirá partes, incluso a los modelos que solo están en un porcentaje y a disminuir la lista de riesgos en su orden.

- ✓ Definir el número de iteraciones. Con base en el modelo de diseño se conocen los subsistemas, casos de uso y por tanto las clases que participan; de tal manera se puede determinar realizar una iteración para construir cada subsistema si estos no son muy complejos; o también una iteración por cada caso de uso de un subsistema cuando se prevé demasiada funcionalidad. Es así como resulta el número de iteraciones. Cada iteración conlleva objetivos por cumplir y fundamentalmente el flujo de experimentación que aporta al cumplimiento de los objetivos de la simulación, planteados en la fase de inicio. Ver sección 4.2.7.

**2.4.3 Fase de construcción.** El propósito primordial de esta fase es construir un modelo de simulación a partir del modelo del sistema real dejando lista la simulación en su versión inicial llamada versión “beta”, y cumpliendo los requisitos planteados. Durante las fases de inicio y elaboración se ha trabajado principalmente sobre el modelo del sistema real; ahora se seguirá trabajando sobre él, pero orientando siempre este trabajo a la construcción del modelo de simulación.

Para el sistema se tiene una línea base de la arquitectura. Junto con nuevas iteraciones se pretenden llegar a la versión beta funcionando del modelo de simulación. Con respecto al modelo del sistema se debe aclarar el excedente 20% (generalmente menos) de requisitos, detallar los que antes no se habían hecho y modificar si es necesario la arquitectura en menor escala. Los flujos de trabajo se ejecutan teniendo mas énfasis el de diseño y la implementación.

El enfoque de esta fase ya no es investigar sino desarrollar. Se asegura aquí las prioridades de los casos de uso y se actualiza el listado de riesgos, luego de cada iteración. El flujo de trabajo de mayor carga será el de implementación de la simulación, completar las realizaciones de casos de uso, diseñando subsistemas, clases, componentes, probándolos e integrándolos. Luego de cada iteración se debe tener una construcción funcional.

Para comenzar la fase de construcción es fundamental haber desarrollado habilidad en el manejo de la herramienta Comnet III. Sin tener fundamentos de utilización de ella no será posible iniciar esta fase, por cuanto el énfasis principal es el flujo de implementación. Incluso desde la fase de elaboración se debe tener los conocimientos básicos de manejo para poder realizar la implementación de la arquitectura que es el punto de partida para las iteraciones que aquí comienzan.

2.4.3.1 Establecimiento de los criterios de evaluación. Cada iteración en la construcción implementa un conjunto de casos de uso que representan requisitos funcionales. Por tanto los criterios de evaluación se relacionan con estos requisitos funcionales, y permiten mirar la culminación de la iteración y/o la construcción. No solo a las iteraciones se les establecen criterios de evaluación, sino también a la documentación de la simulación (es necesario para dar soporte en la fase de transición) Material de cursos (diapositivas, notas, ejemplos y tutoriales) etc. Los criterios de evaluación se centran en la capacidad operativa del modelo de simulación, con base en el sistema.

2.4.3.2 Ejecución de los flujos de trabajo fundamentales. El proyecto se enfrenta a la tarea de añadir, masa muscular al esqueleto de la arquitectura, construyendo sobre los artefactos de la línea base de la arquitectura.

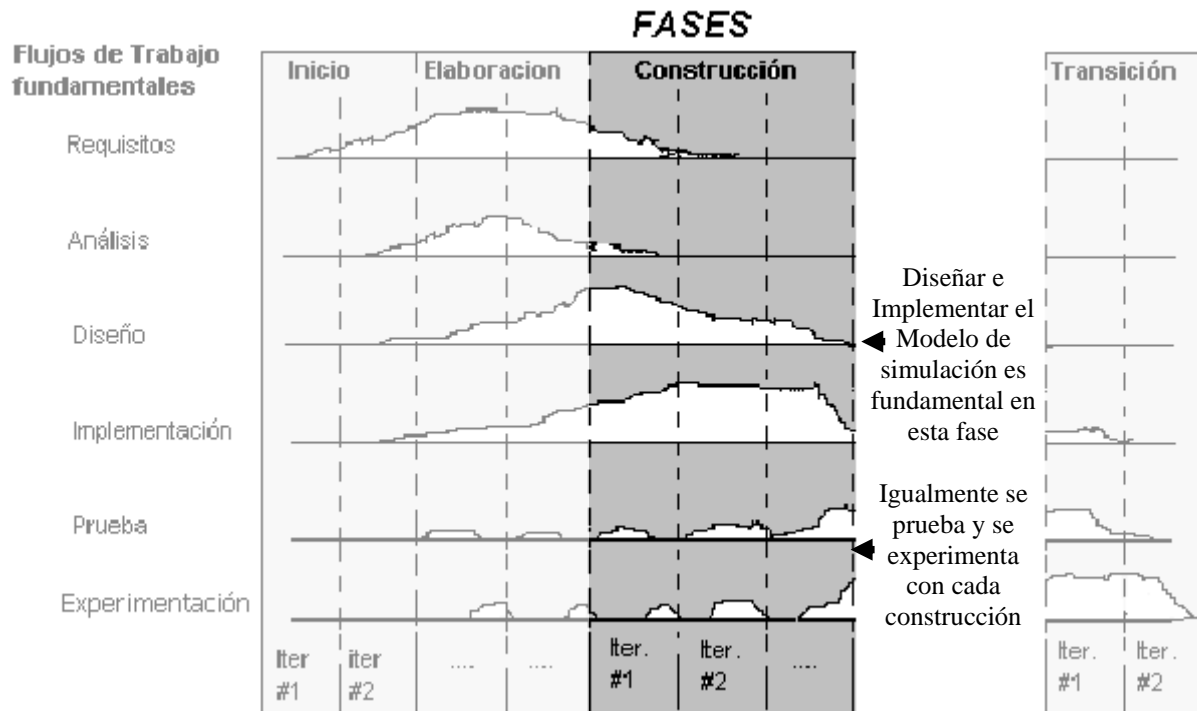


Figura 14. Fase de construcción en el desarrollo de un proyecto de simulación

*Flujo de requisitos.* Aquí se trata de la recopilación de algunos pocos casos de uso que hayan quedado, luego de lo realizado en la elaboración y sobre ellos se realizan las mismas actividades que antes se hicieron sobre los casos de uso ya encontrados.

- ✓ Encontrar actores y casos de uso
- ✓ Determinar la prioridad de los casos de uso.
- ✓ Reestructurar el modelo de casos de uso.

*Flujo de análisis.* En la elaboración se prestó atención sólo al 40% del 80% de los casos de uso identificados. El modelo de análisis era representativo para la arquitectura, algunas veces el modelo de análisis continúa sirviendo como base y hasta el final, pero se debe reestructurar. Sin embargo es aquí en la construcción donde se completa.

- ✓ Análisis de la arquitectura. En aspectos de arquitectura sólo se harán adiciones o pequeñas modificaciones que afecten la arquitectura, según las nuevas capturas de requisitos. Para lo demás, se amplía el modelo de análisis de casos de uso no solo con los casos de uso arquitectónicamente significativos, sino con todos los que no se habían analizado anteriormente. Se continúa con el análisis de las clases y paquetes definidos en la elaboración, lógicamente haciendo adiciones.

*Flujo de Diseño.* El diseño trabaja en el restante 90% de los casos de uso a través de las iteraciones planeadas teniendo como base la arquitectura diseñada en la fase anterior. Durante la construcción no se diseñan nuevos subsistemas de diseño ni de servicio, salvo algunos que sean paralelos y no impliquen nuevas interfaces. El diseño de los casos de uso se basa en la prioridad, sin embargo también se afecta según la necesidad que un caso de uso importante necesite de las utilidades de una de baja prioridad. Se mejora el modelo de diseño, actualizando según se requiera la arquitectura. Ver ejemplo sección 4.3.1.2

- ✓ Diseño de un caso de uso. Ya teniendo la arquitectura como punto de partida, se comienza con base en el análisis realizado a los casos de uso a diseñarlos. La planeación de la fase de construcción guía para cada iteración qué caso(os) de uso se van a diseñar. El diseño de un caso de uso se realiza con las clases que lo conforman, interactuando con los actores y con las otras clases. Para ello se utilizan diagramas de secuencia y diagramas de clases que permiten mostrar y definir la interacción que ellas van a tener en la implementación.
- ✓ Diseño de una clase. Se realiza definiendo con relación a Comnet III los atributos de ella, y los métodos que la conforman. El diagrama de clases permite ver la interacción que los elementos respectivos de Comnet III van a tener en el momento de la implementación, incluso si es necesario diseñar nuevos elementos que se necesiten en Comnet III para cumplir el caso de uso diseñado, es aquí donde se deben aclarar.

*Flujo de implementación.* Junto con el diseño, la implementación de la simulación es el objetivo principal de la fase de construcción. El proyecto se rodea de construcción de componentes, hasta llenar todos los restantes requisitos a través de las iteraciones. Aquí la arquitectura se afirma con nuevas actualizaciones si es necesario, se preparan las

construcciones, se implementan clases y con ellas paulatinamente se van terminando los subsistemas. Ver ejemplo sección 4.3.1.3. Las actividades a desarrollar son:

- ✓ Implementar o modificar la arquitectura. Con la captura de los últimos requisitos y el análisis de casos de uso en las primeras iteraciones de esta fase, se decide modificar e implementar otras partes de la arquitectura que fueren necesarias.
- ✓ Preparar una construcción.
  - Se establecen los valores precisos de los atributos de las clases, con base en la información recopilada del sistema.
  - Se determinan los objetos de Comnet que representarán las clases en el escritorio
- ✓ Implementar una clase a través de un componente. Una vez preparada la construcción se pegan en el escritorio de Comnet III los iconos respectivos y se realizan las conexiones necesarias.
- ✓ Implementar un subsistema. Un subsistema queda implementado según la planeación establecida para la fase de construcción, como resultado de una o varias iteraciones.

#### *Flujo de pruebas*

Una vez se tienen implementados todos los elementos necesarios para la realización de un caso de uso se continúa a probar su funcionamiento. Ver sección 4.3.1.4.

- ✓ Planificar pruebas. Es determinar las acciones que voy a realizar sobre el modelo implementado en Comnet III en cada iteración, con el fin de comprobar su buen funcionamiento y la obtención de resultados acordes a los datos del modelo. Para la planificación de las pruebas no se necesitan datos de entrada porque ellos son equivalentes a las características del sistema y de igual manera los datos de salida en los reportes que Comnet III proporciona después de una simulación, son corroborados con la documentación obtenida del nodo en la fase de inicio. La planificación de las pruebas se realiza con base en las funcionalidades que se agregan a la simulación durante cada iteración.
- ✓ Realizar una prueba. Es establecer con base en la información del nodo los resultados que debo obtener al realizar la simulación.

- ✓ Evaluar la línea base de la arquitectura. Durante las pruebas que se realizan en las primeras iteraciones de la fase de construcción se logra comprobar también la implementación realizada de la arquitectura al final de la fase de elaboración.
- ✓ Realizar pruebas de integración. Son pruebas que se realizan después de cada iteración para comprobar el buen funcionamiento entre los nuevos elementos implementados y los ya existentes, a través de la comprobación de comunicación entre ellos; Los datos obtenidos son dados en los reportes al final de la ejecución de la simulación.

#### *Flujo de experimentación.*

El flujo de experimentación es una parte fundamental al final de cada iteración en la fase de construcción y lleva a comprobar el cumplimiento de los objetivos y alcances dados al trabajo de simulación en la fase de inicio. Para este flujo se debe ver al modelo implementado con sus actores como un modelo de simulación interactuando con actores externos. Para que los resultados obtenidos en la experimentación se puedan utilizar para realizar análisis, es fundamental que el flujo de pruebas haya demostrado una buena implementación del sistema. Ver sección 4.3.1.5. Las actividades a realizar en este flujo son:

- ✓ Diseñar un experimento. Determinar la variación de condiciones de trabajo en el modelo de simulación para observar y analizar los resultados que tendría el sistema real bajo esas condiciones. Corresponde a variar atributos de las clases implementadas, como por ejemplo cambiar las probabilidades de las fuentes de mensaje, variar la capacidad de un enlace, establecer probabilidades de falla en un enlace o en un nodo; variar las tablas de enrutamiento para observar la reacción del sistema ante las congestiones o las probabilidades de bloqueo, etc. Todas estas variaciones dependen del sistema implementado y de los objetivos a alcanzar con la simulación, además pueden ser de diversas tipos y en cualquier cantidad. Sin embargo se debe tener en cuenta que cada variación se constituye en un experimento, el cual posee un objetivo concreto.
- ✓ Realizar un experimento. Una vez hecha la planeación, se cambia de nombre al modelo de implementación realizado en Comnet para no afectar el trabajo hasta el momento realizado; luego se hacen las modificaciones al modelo y se realiza la simulación.

- ✓ Conclusiones de un experimento. Los reportes que Comnet III produce me permiten sacar conclusiones de la operación del sistema real bajo esas nuevas condiciones de funcionamiento. Para un sistema real del cual se haya implementado la simulación me permite realizar planeación, determinar eventos, observar la potencialidad del sistema, etc.
- ✓ Evaluar el cumplimiento de los objetivos de la simulación.

2.4.3.3 Evaluación de la fase. Ver sección 4.3.1.6. Los productos a conseguir durante la fase de construcción son:

- ✓ El plan de la fase de transición
- ✓ El funcionamiento de la simulación del sistema.
- ✓ La descripción de la arquitectura.
- ✓ Una versión preliminar del manual de la documentación
- ✓ El análisis del cumplimiento de los objetivos de la simulación.

**2.4.4 Fase de transición.** La fase de transición no se centra como las otras fases en el sistema real, sino en el modelo de simulación el cual ha alcanzado para este momento la capacidad operativa del anterior. Los objetivos de la fase son:

- ✓ Establecer el buen funcionamiento del modelo de simulación con respecto al modelo del sistema real.
- ✓ Cumplir los requisitos establecidos en la fase de inicio para la simulación.

Se enfatiza aquí en la operación y funcionamiento de la simulación, así como la experimentación que se haga con el modelo de simulación total. Se analiza la información resultado de la experimentación, objetivos total o parcialmente no cumplidos, problemas no resueltos, fallos encontrados, pequeñas deficiencias que hayan pasado desapercibidas y se promueve una capacitación para mejor funcionamiento y entendimiento de los resultados.

2.4.4.1 Planificación de la fase de transición. A diferencia de las otras fases, no se debe tener una planificación apresurada de la transición, sino una expectativa de los resultados de la experimentación a la versión beta y lo que terminada la fase de construcción se pueda

presentar. Así en esta fase la reelaboración debería ser menor de 5 por ciento hasta conseguir la versión planteada por los objetivos de la simulación; lógicamente se debe entender que aunque los productos sean “lo bastante bueno” ningún producto software es perfecto.

2.4.4.2 Los flujos fundamentales. La actividad de casi todos los flujos es baja para esta fase porque la mayoría se realizó en la fase de construcción, pero no es nulo, dedicándose por ejemplo en el diseño a realizar correcciones de problemas o defectos o aun mejoras de última hora. Pero el Flujo de trabajo de experimentación puede ser bastante utilizado, dependiendo de los objetivos que aun no se hayan alcanzado con respecto a la simulación.

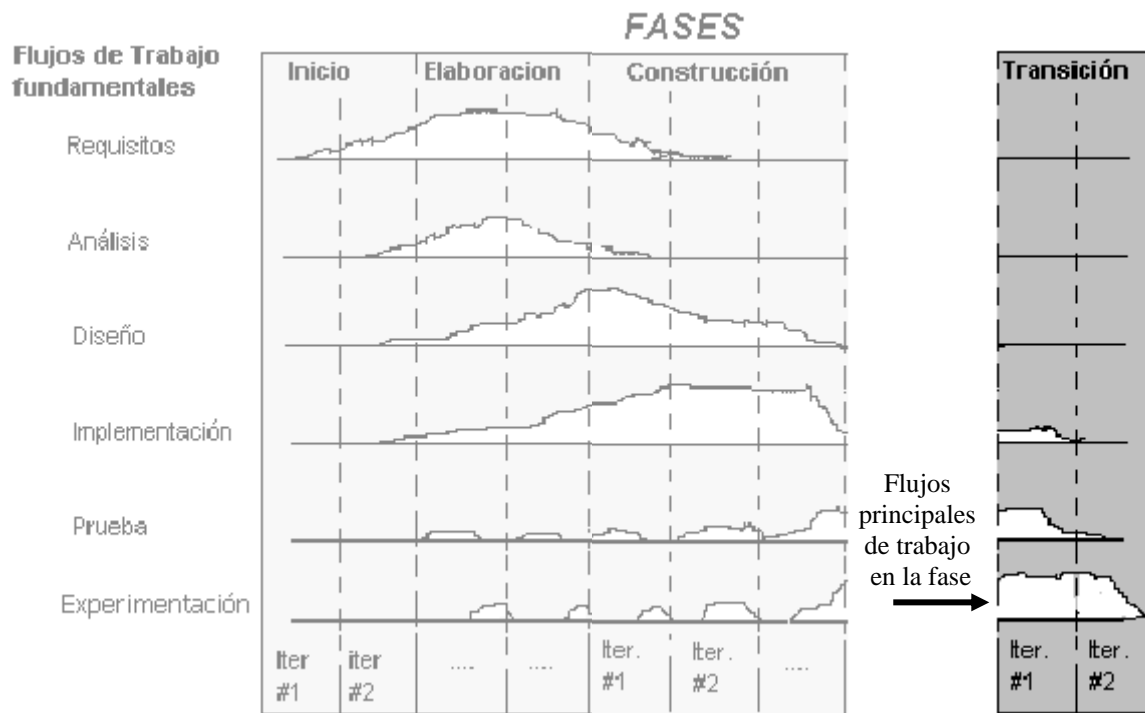


Figura 15. Fase de transición en el desarrollo de un proyecto de simulación.

2.4.4.3 Criterios de evaluación. La fase de transición no acaba cuando se completan todas las tareas, sino cuando el cliente queda “satisfecho”. Es posible que esta satisfacción sea cuando el proyecto haya reaccionado ante los resultados de la experimentación. Pero en un sentido diferente se debería decir que un proyecto nunca acaba porque se puede realizar evoluciones dando como consecuencia nuevas versiones y así sucesivamente. Los



productos de esta fase son muy similares a los indicados para la fase de construcción, pero han sido corregidos y ahora están completos:

- ✓ La simulación en funcionamiento
- ✓ La descripción completa y actualizada de la arquitectura
- ✓ Manuales y material de formación del usuario final, del operador y del administrador del sistema.
- ✓ Referencias para la ayuda del cliente, acerca de dónde encontrar más información, cómo corregir los defectos o dónde encontrar información sobre defectos y actualizaciones.

Por ello los criterios que se establecen para medir la finalización de la fase son:

- ✓ Fiabilidad. Que el modelo de simulación arroje los resultados acordes al modelo del sistema, lo cual se comprueba a través de las pruebas que se realizan en las iteraciones.
- ✓ Conformidad. Que el cliente una vez realizada la experimentación determine el cumplimiento de los objetivos trazados al comienzo del proyecto.

De la buena realización de los flujos de trabajo en la proporción descrita para cada fase, dependen los buenos resultados en el proceso de desarrollo de una simulación, consiguiendo así las ventajas enunciadas al comienzo de este capítulo. Para un mayor conocimiento de los flujos de trabajo, estos se encuentran descritos en el anexo 4, en el cual de manera más amplia se explica cada actividad.

### **3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA. NODO DE RED DE TELECOM UBICADO EN POPAYÁN**

#### **3.1 RESEÑA HISTORICA**

Hace 55 años nació TELECOM y desde ahí con la consigna unir a Colombia, se han realizado avances tecnológicos según el momento: por la vía del télex, de los hilos telefónicos de cobre, de las microondas, por los satélites, por la fibra óptica y ahora, también, por internet.

Inicialmente se inaugura el servicio telefónico directo entre Bogotá y Medellín. Hasta antes de finalizar la década de los años setenta, TELECOM era una empresa joven con muchas ganas de hacer cosas grandes para el país. En 1968 la Empresa estrenó la Red Nacional de Microondas, que entre otros servicios dotaba de discado directo a cuarenta ciudades del país, interconectaba nuestras redes con Venezuela y Ecuador y automatizaba el servicio de télex con el resto del mundo.

Pero el salto definitivo al satélite se dio en 1970 con la entrada en servicio de la estación repetidora de Chocontá. Desde ese momento las telecomunicaciones del país fueron otras: llamadas a más lugares del mundo y en forma más rápida, y modernización de otros servicios: señales de televisión, telefonos y radio. Desde ese momento la gente pudo disfrutar de los mundiales de fútbol "en vivo y en directo", estar mejor informados de las noticias del mundo y definitivamente comenzó a cerrarse la brecha de comunicación entre regiones.

Lo que ha pasado en las dos últimas décadas está fresco en la memoria de la gente. Los colombianos se fueron acostumbrando a llamar a Tokio o Leticia sin necesidad de acudir al servicio de operadora, las ciudades se fueron llenando de cajeros automáticos y la gente

empezó a combinar billetes con tarjetas débito y crédito para hacer compras; los bancos se hablaron entre sí por redes digitales, mientras que por entre las montañas comenzaba a abrirse camino una red de fibra óptica que, como el río Magdalena, se junta en el mar Caribe con cables internacionales para transmisión de grandes volúmenes de información de voz, datos y video. En cada uno de estos servicios está la huella de la tecnología TELECOM.

Actualmente es la primera empresa de telecomunicaciones del país y tiene presencia en más de 800 municipios que reciben los servicios de Telecom, atención al público en más de 400 oficinas propias y en más de 5.000 puntos ubicados en cruces veredales, pequeñas poblaciones y carreteras nacionales. Está representada también en logros como su liderazgo en telefonía de larga distancia nacional e internacional, ser el primer operador de telefonía local con más de dos millones de líneas propias en todo el país, a finales de 2001, además de las 700.000 líneas instaladas a través de sus quince teleasociadas (empresas telefónicas donde TELECOM es el mayor accionista).

En el mercado de transmisión de datos, TELECOM atiende la demanda de servicios de las 400 empresas más importantes del país que reciben soluciones integrales de telecomunicaciones para el manejo de sus negocios en Colombia y en el exterior.

Entre los municipios de Colombia que reciben los servicios de TELECOM están los del departamento del Cauca, los cuales para su comunicación utilizan el nodo de la red ubicado en la ciudad de Popayán, el cual es objeto de estudio en el presente documento.

### **3.2 NODO DE RED DE TELECOM EN POPAYÁN**

Telecom en Popayán, es la empresa de comunicaciones estatal que presta los servicios de llamada de larga distancia y comunicación de datos a través de su red nacional de microondas y la nueva red de fibra óptica. Gracias al socio de la empresa con Nortel Networks – Telecom incursionó últimamente en la ciudad, en el mercado de la telefonía local ofreciendo nuevos servicios.

Para tal fin el nodo de la red cuenta con tres dependencias que marcan el desempeño de sus funciones: la central local DMS para conmutación de telefonía local, la central NEAX 61E para conmutación larga distancia y el sistema de transmisión para envío y recepción de la información de larga distancia.

### **3.3 SERVICIO DE TELEFONÍA LOCAL**

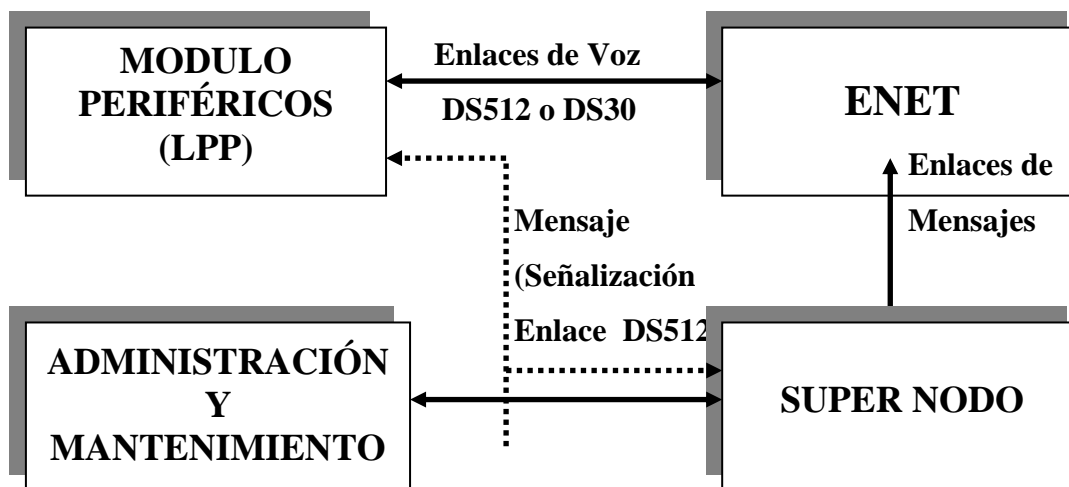
Telecom presta servicio de telefonía local a la ciudad de Popayán a través de una central totalmente digital DMS-100 con capacidad hasta de veinte mil abonados y ofrece nuevos y mejores servicios desde su instalación hace ya cuatro años. Actualmente se encuentran instaladas en Popayán aproximadamente a 10000 suscriptores en estado activo y también la central cubre algunos municipios cercanos como Guapi, Timbiquí, Lopez de Micay, El Charco, Izquande, Caldon, El Bordo, Piendamó y Tunía.

**3.3.1 Central telefónica DMS 100.** Digital Multiplex System (DMS) es una central con control por programa almacenado, capaz de trabajar ya sea en servicio local, Tandem (de tránsito) o aplicación combinada de Local/Tandem. Es una central modular con múltiples posibilidades de redimensionamiento. Los programas de funcionamiento, operaciones, administración y tareas de mantenimiento son almacenados en la memoria central de procesamiento, el cual controla todas las operaciones.

Toda la señalización dentro de la central telefónica DMS es digital; por lo tanto todas las señales analógicas entrantes son convertidas a señales digitales por la central. La señalización entre los elementos de una central telefónica DMS es bidireccional, a través de pares ópticos de 512 canales o a través de 2 pares coaxiales de 32 canales.

La conmutación de los canales de voz es realizada totalmente en una red digital, usando multiplexación por división de tiempo(TDM). La red digital permite gran flexibilidad a la matriz de conmutación y teóricamente elimina el bloqueo por red y la diafonía. La arquitectura funcional de las central telefónica DMS, usa un concepto modular, tanto en la ingeniería hardware como en la software. Cada subsistema hardware es basado en

microprocesador y equipado con el suficiente poder de procesamiento y capacidad de memoria, para controlar funciones del subsistema local, con una mínima de intervención del procesamiento central. La figura 16 muestra una distribución de los componentes de la central.



*Figura16. Principales componentes de la central DMS -100*

3.3.1.1 Módulos periféricos. Los módulos periféricos proveen interfaz entre la red de conmutación DMS y los circuitos de servicio externo, y además con las troncales conectadas a la central. Entre ellos están:

- ✓ Módulo de Mantenimiento de Troncales (MTM). Capaz de desarrollar una interfaz con 24 o 28 circuitos de troncales análogas.
- ✓ Módulo de troncales (TM). Acepta 30 circuitos de troncales análogas, teniendo una interface entre ellos.
- ✓ Procesador Periférico de Línea (LPP). Este periférico está designado para mantenimiento de enlaces de señalización #7.
- ✓ Controlador de Troncal Digital Internacional (IDTC o PDTC). Interface entre los circuitos troncales digitales con el portador ya sea PCM o DS30.
- ✓ Módulo de Concentración de Línea Internacional (ILCM). Es un módulo periférico secundario que hace interfaz con la red a través de un ILGC (descrito mas adelante). Un ILCM podrá proveerse con un mínimo de 2 y un máximo de 6 enlaces DS30A; el

número de enlaces DS30A suministrados es dependiente del tráfico. El enlace DS30A es el medio por el cual se interconectan el ILCM al ILGC. Cada enlace provee dos vías de transmisión de 32 canales de datos Multiplexados por División de Tiempo.

- ✓ Módulo de Concentración de Línea Remoto Internacional (IRLCM). Este módulo no está localizado con el equipo de la central y tiene una interfaz con un controlador de grupo de línea (ILGC) por PCM30. Tiene interfaz con 640 líneas análogas. Es muy parecido al ILCM con la diferencia de ser remoto. Tiene interfaces con el Host de la central DMS, sobre 2 o 6 enlaces PCM30, que proveen directamente una capacidad de tráfico de llamada desde 1100 a 4200 CCS (1 Erlang =36 CCS).

El remoto provee llamadas internas permitiendo una capacidad de conmutación de llamadas entre abonados del mismo IRLCM o en la otra de sus unidades. En el evento de la pérdida de comunicación en los enlaces primarios PCM a la oficina del Host con el IRLCM, automáticamente entra a funciona la ESA(Emergency Stand Alone), quien continua hasta reestablecer la comunicación. En la DMS, los enlaces PCM30 que vienen desde un IRLCM tiene una interfaz al sistema por medio de un ILGC; pero todos los PCM30 que parten de un IRLCM deben terminar en el mismo ILGC.

Los módulos IRLCM por ser equipo externos requieren: Baterías, Rectificadores, Centro de distribución de potencia, Estructura de Distribución y Espacio de Repetidores PCM30.

- ✓ Controlador de Grupo de Línea Internacional (ILGC o PLGC). Este módulo es usado en la central DMS como interface en el equipo de línea. El ILGC maneja 20 canales DS30A y el ILCM 6 DS30A, es decir que cada ILGC maneja como máximo 3 ILCM; y con respecto a los IRLCM maneja como máximo 6 enlaces PCM30, es decir hasta 3 IRLCM. Posee interfaces con enlaces DS30A al ILCM y sistemas de carrier digital PCM30 al IRLCM. Tiene 20 entradas que pueden ser E1 o enlaces DS30A.
- ✓ IOPAC (International Outside Access Cabinet). Unidad remota con la misma capacidad del IRLCM, pero es una unidad autónoma; tiene su sistema de energía, baterías y está diseñada para sitios alejados, de difícil acceso o donde se requiera su rápida implementación.

**3.3.2 Dimensionamiento de la central DMS-100 Nortel – Popayán.** La central local de TELECOM cuenta con 5 años de instalada. Actualmente la central DMS –100 se encuentra dimensionada aproximadamente por un tiempo de 10 años. A continuación se hará mención del equipo utilizado hasta el momento, teniendo en cuenta que no se ocupa toda la capacidad. Cualquier llamada llega por los módulos periféricos (PM) y pasa a la unidad de conmutación ENET(Enhanced Network), la cual se encarga de darle paso a la central; dicha llamada es detectada por el ILCM; si el abonado solicitante está activo, el ILGC se encarga de darle tono y solo aquí se ocupa un canal DS30A entre el ILCM y el ILGC.

3.3.2.1 Datos Locales. En la ciudad de Popayán se encuentra instaladas 9179 líneas de abonados activos, las cuales están distribuidas de la siguiente forma:

- ✓ 7931 líneas corresponden a los IOPAC
- ✓ 548 corresponden al Host (ILCM)
- ✓ 700 líneas corresponden a inalámbricos conectadas a un ILGC

Telecom tiene instalados en el momento 26 IOPACS ubicadas en diferentes puntos de la ciudad, los cuales tienen capacidad para soportar el crecimiento de demanda para los sectores donde están ubicados.

3.3.2.2 Datos Interurbanos. La distribución de los municipios conectados a la central es la siguiente:

- ✓ GUAPI. Cuenta con 1200 abonados en estado activo, soportados por 2 IOPAC cada una como se sabe de 640 líneas.
- ✓ TIMBIQUI, IZQUANDE, EL CHARCO Y LOPEZ DE MICAY. Cuentan con 123,90,180 y 90 abonados respectivamente, soportados por un IOPAC.
- ✓ CALDONO. Cuenta con 113 abonados en estado activo, soportados por una IOPAC.
- ✓ EL BORDO. Cuenta con 1905 abonados activos; tiene instalados, por su buena ubicación locativa y buenas condiciones para su instalación, 3 IRLCM.
- ✓ PIENDAMÓ. Cuenta con 1619 abonados en estado activo, soportados igualmente por 3 IRLCM.
- ✓ TUNIA. Cuenta con 336 abonados soportados por una IOPAC.

3.3.2.3 Datos de troncales. La central DMS se conecta en la ciudad de Popayán con 4 centrales a través de los siguientes circuitos:

- ✓ Central Local Caucatel. 8 E1 y 1 E1 para datos, usando fibra óptica.
- ✓ Central Local Emtel Centro 8 E1 y 1 E1 para datos, también por fibra óptica.
- ✓ Central Local Emtel Santa Clara 4 E1 y 1 E1 para datos, igual a través de fibra.
- ✓ Central para Larga distancia NEAX.15 E1 a través de cable coaxial.

Con estas realiza intercambio de información para el procesamiento de llamadas locales entre estas y la central DMS, y tráfico de larga distancia con la central NEAX. Para su comunicación utilizan el protocolo de Señalización #7.

**3.3.3. Procesamiento de llamadas locales y de larga distancia.** Cada IOPAC posee 3E1(enlaces) conectados a su respectivo ILGC. Para Popayán se tiene por tanto 78 E1 (26 IOPAC). De los reportes de tráfico de la central se tiene que en promedio cada 14,4 segundos llega una llamada para ser enrutada (se debe tener en cuenta que una llamada local residencial cumple una distribución normal de duración 5 y desviación 2). Como se menciona anteriormente las IOPACS realizan conmutación interna para solicitud entre abonados conectados a la misma IOPAC.

Las llamadas con destino a otra IOPAC deben pasar a través de la central DMS quien realiza la conmutación. Otras posibilidades de llamadas son:

- ✓ Llamada con destino una central local. Es una llamada proveniente de un IOPAC, para lo cual la central DMS realiza la conmutación y la envía a su destino respectivo.
- ✓ Llamada con destino larga distancia. Es una llamada que la central DMS la envía a la central de larga distancia NEAX para su respectivo destino. También entrarían en este tipo las llamadas que van hacia los municipios conectados a la central DMS, para las cuales no se enviaría a la central NEAX sino que la central DMS realiza la conmutación y a través del sistema de transmisión la envía a su destino.
- ✓ Llamada Entrante. Es una llamada proveniente de cualquier parte del país a través de la central NEAX o de una central local o de alguno de los municipios conectados y para tal caso la central DMS realiza la conmutación y la envía al destino correspondiente.



**3.3.4 Procesamiento de llamadas entre los municipios.** Cada uno municipio está comunicado con los ILGC respectivos en la central DMS y lo hacen a través del sistema de transmisión que se describirá mas adelante. Para tal fin poseen un sistema propio de transmisión de microondas para poderse comunicar con la ciudad de Popayán. Cualquier llamada local generada por un abonado de las IOPAC o IRLCM según el caso, será conmutada allí mismo y enviada a su respectivo destino o IOPAC respectivo (Ejemplo para el Bordo, Piendamó o Guapi).

A continuación se relaciona la posibilidad de llamadas generadas, utilizando como ejemplo el municipio de PIENDAMÓ

- ✓ Llamada interna al municipio. Llamada generada en el municipio y que tiene como destino el mismo municipio. Para tal caso el IRLCM se encarga de realizar la conmutación.
- ✓ Llamada saliente a otro municipio conectado a la central DMS. Para ello el IRLCM envía la solicitud a través del sistema de transmisión a la central DMS la cual realiza la conmutación y a través del sistema de transmisión nuevamente envía la llamada al municipio solicitado para que nuevamente el equipo aquí ubicado realice la conmutación al abonado correspondiente.
- ✓ Llamada saliente a una central de la Ciudad de Popayán. De igual manera el IRLCM envía la solicitud a través del sistema de transmisión a la central DMS la cual realiza la conmutación y envía la solicitud a cualquiera de las centrales con las cuales se encuentra conectada o según el caso a uno de los IOPAC conectados a la central DMS.
- ✓ Llamada saliente a cualquier lugar del País. El IRLCM solicita a través del sistema de transmisión a la central DMS, quien realiza la conmutación y envía la solicitud a la central de larga distancia NEAX.
- ✓ Llamada entrante. Es una llamada que puede ser de larga distancia porque proviene de la central NEAX, como también una llamada proveniente de alguna de las centrales de la ciudad de Popayán incluyendo la DMS, o proveniente de algunos de los municipios conectados a la central DMS. Esta llamada la central DMS realiza la conmutación y a través del sistema de transmisión la envía al municipio destino.

### 3.4. SERVICIO DE TELEFONÍA LARGA DISTANCIA

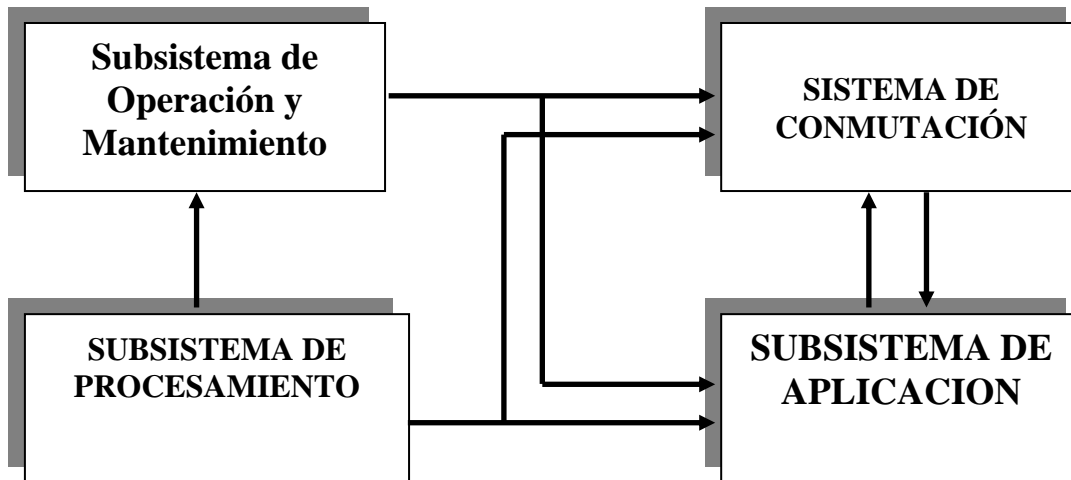
Telecom fue el único y ahora el principal operador de larga distancia en Colombia. A través de su red de microondas y red de fibra óptica comunica miles de localidades en todo el País. En Popayán es el principal proveedor de servicios de larga distancia que además de las grandes ciudades también los municipios y localidades de los departamentos, ofreciendo así un mejor servicio y de mayor cobertura. Para tal propósito cuenta en la ciudad no una central NEAX 61E que atiende a los operadores locales, realizando conmutación del tráfico generado en sus abonados.

**3.4.1 Central de larga distancia NEAX 61E.** La central NEAX es una central digital tipo modular con buena capacidad de expansión. Su modo de operación para la ciudad es básicamente como una central Tamden, que atiende a otras centrales (operadores locales) en lo que se refiere a tráfico de larga distancia. La conmutación es del tipo TSST (Temporal-espacial-espacial-temporal). Esta central atiende además tráfico de llamadas locales a algunos municipios y tiene un sistema dedicado para realizar tarificación aquí mismo en la ciudad.

La señalización dentro de la central es digital; el protocolo usado para la comunicación con las centrales ubicadas en los municipios es el protocolo MFC (código multifrecuencia) y con las rutas y centrales locales y de otras ciudades utiliza señalización No 7. La arquitectura funcional de la central telefónica NEAX es modular, sus subsistemas hardware se basan en microprocesador. La figura 17 muestra los módulos constituyentes de la central.

3.4.1.1 Subsistema de operación y mantenimiento. La central es totalmente autónoma y su control de operaciones se realiza a través de equipos de cómputo con la ayuda de un software especializado; estos informan a los operadores de las novedades que se presentan como congestión, caídas de enlaces, porcentaje de utilización de los recursos, monitoreo de señales. Anexo a este control está el sistema de tarificación, que controla y da reportes de todas las llamadas larga distancia realizadas a través de la central. Incluso colabora a la

central DMS en la tarificación larga distancia de los municipios conectados a ellos. La información y estadísticas de todo el tráfico generado son almacenadas en Discos y cintas.



*Figura 17. Principales componentes de la central NEAX 61 E*

3.4.1.2 Sistema de conmutación. Es la parte de la central dedicada exclusivamente a realizar la conmutación de todas las solicitudes entrantes de cualquier destino y que llegan a través del sistema de transmisión y de los subsistemas de procesamiento. Como ya se mencionó el tipo de conmutación es TSST.

3.4.1.3 Subsistema de procesamiento. Es el cerebro de las operaciones realizadas en la central NEAX posee 6 procesadores con sus respectivos emergentes, los cuales se hallan distribuidos de la siguiente manera:

- ✓ Procesador 0: para operación y mantenimiento, control de operaciones, Reloj, Grabación en unidades de cinta.
- ✓ Procesador 1. Manejo de RLU. Manejo de LM. Manejo de Consola de pruebas.
- ✓ Procesadores 2-4. para procesamiento de llamadas, manejo de los DTI.
- ✓ Procesador 5. Señalización No 7, Kiosco Telecom.

3.4.1.4 Subsistema de aplicación. Es el módulo que atiende los distintos servicios que ofrece la central NEAX a sus actores. Se constituye de tres partes principales que son:

- ✓ DTI: Interfaz para Troncales Digitales. Es el equipo encargado de establecer comunicación con las centrales operadoras locales digitales, que solicitan servicio de larga distancia o que se les envía el tráfico proveniente del país.
- ✓ TM. Troncales análogas. Ofrece posibilidad de conectividad a equipos de comunicaciones análogos que aún existan.
- ✓ LM: Módulo de líneas. La central NEAX tiene la capacidad además de manejo de abonados locales. Ella tiene conectados municipios a través del sistema de transmisión a los cuales les presta servicios de conmutación para sus abonados. Es un módulo de la central ubicado en cada uno de estos municipios.
- ✓ RLU: unidades de línea remota. Son partes módulos de iguales características a los constitutivos de la central NEAX pero ubicado en localidades alejadas; los cuales la central atiende ofreciéndoles conmutación local para sus llamadas internas y servicios de larga distancia.

### **3.4.2 Modo de interconexión y procesamiento de llamadas**

3.4.2.1 Local. En la ciudad de Popayán la central se halla conectada a los operadores locales Caucatel, Emtel (Centro y Santa Clara) a través de enlaces de fibra óptica y con la central DMS a través de cable coaxial. Presta Servicio de enrutamiento de llamadas con destinos larga distancia (departamentales, nacionales o internacionales).

El tráfico generado por una de estas centrales es procesado en el subsistema de procesamiento de la central y a través del sistema de conmutación es enrutado a su respectivo destino usando para ello el sistema de transmisión. De igual manera el tráfico proveniente de cualquier destino (departamental, nacional o internacional), es recibido y enviado a la respectiva central para que lo enrute al abonado correspondiente.

3.4.2.2 Interurbano. La central NEAX en su modo de operación tipo central Tamden ofrece atención a la mayoría de las centrales telefónicas ubicadas en los municipios del departamento del Cauca, con los cuales se comunica a través del sistema de transmisión. Cualquier solicitud proveniente de estos municipios es atendida por la central y conmutada a su respectivo destino que puede ser: otro municipio del departamento, una central local, o

un destino nacional o internacional; de manera especial puede ser un municipio conectado a la central DMS, para lo cual es a través de ella que se envía la comunicación.

Los municipios con los cuales establece comunicación para prestar servicio de enrutamiento de larga distancia son:

- |             |              |
|-------------|--------------|
| ✓ SILVIA    | ROSAS        |
| ✓ LA SIERRA | BALBOA       |
| ✓ ALMAGUER  | LA VEGA      |
| ✓ BOLIVAR   | BUENOS AIRES |
| ✓ TIMBIO    | MERCADERES   |
| ✓ SIBERIA   | PESCADOR     |
| ✓ CAJIBIO   | MORALES      |

En cada uno de ellos hay una central que realiza la conmutación interna para las llamadas locales y que establece comunicación con la central NEAX para las llamadas larga distancia.

Adicional a estos municipios se encuentran los municipios de:

- |             |          |
|-------------|----------|
| ✓ EL TAMBO  | COCONUCO |
| ✓ PAISPAMBA | TOTORO   |
| ✓ PURACE    |          |

Los cuales son atendidos por la central NEAX con equipos RLU.

3.4.2.3 Nacional. A este nivel la central está comunicada usando el sistema de transmisión con las siguientes centrales.

- ✓ Central Axe Cali Buitrera
- ✓ Central Axe. Cali Centro.
- ✓ Cali ETB.
- ✓ Cali Orbitel
- ✓ Central Telecom Pasto.

Las solicitudes hechas por los municipios y por las empresas locales a cualquiera de estos destinos, la central NEAX hace conmutación y luego envía a través del sistema de transmisión a cualquiera de estos destinos dicho tráfico. Una llamada solicitando un destino nacional mas allá de la ciudad de Cali o incluso uno internacional, la central NEAX envía el tráfico a la central Axe Cali Buitrera, la cual se encarga de enrutarla de allí en adelante.

De igual manera el tráfico proveniente de cualquiera de estas centrales con destino el departamento del Cauca, la central NEAX realiza la conmutación y la envía al destino correspondiente: un municipio o una empresa local.

**3.4.3 Probabilidad de llegada de una llamada.** En la tabla 1 se encuentran relacionadas las probabilidades de llegada de llamadas entre los diferentes destinos posibles en el nodo de red de Telecom en Popayán. En la tabla 2 se encuentra relacionado el tiempo aproximado de emisión de una llamada hacia un destino cualquiera por parte de un equipo localizado en un municipio o en la ciudad. Este parámetro se llamará “interarrival”.

### **3.5 SISTEMA DE TRANSMISIÓN**

El sistema de transmisión en el nodo es el que se encarga de la interconexión entre los diferentes equipos y actores. Es un sistema distribuido, compuesto por varios equipos SDH Y PDH ubicados de acuerdo a las necesidades de comunicación con los actores que interactúan con el nodo.

Actualmente debido a la situación de orden público por la que atraviesa el país esta información está clasificada y no es de dominio público, debido a los múltiples atentados contra las estaciones repetidoras. No obstante, a continuación se cita la sociedad de trabajo de los equipos mencionados.

**3.5.1 Equipos SDH.** Están asociados al trabajo de intercambio que realiza las centrales NEAX y DMS con las principales troncales y las centrales telefónicas de la ciudad. La

central NEAX se comunica a través de equipos SDH para la comunicación con las centrales locales y para el envío del tráfico larga distancia hacia la ciudad de Cali y Pasto. Mientras que la central DMS utiliza equipos SDH para su comunicación con las centrales locales.

**3.5.2 Equipos PDH.** El trabajo realizado con estos equipos es básicamente para la comunicación con las centrales ubicadas en los municipios, las cuales pertenecen a una tecnología menos avanzada. La comunicación con los municipios se realiza a través de enlaces microondas que llegan al cerro Munchique y de allí se dirigen hacia la ciudad. Dependiendo del tráfico generado en los municipios es la capacidad del enlace, y dependiendo de la ubicación en distancia del municipio, un enlace puede tener varios saltos antes de llegar al destino principal que es la central NEAX. La tabla No 3 contiene la capacidad de los enlaces finales con cada uno de los destinos a donde enruta la central NEAX.

Ambas centrales tanto la central NEAX como la central DMS utilizan estos equipos para el intercambio de tráfico con centrales del tipo: NEAX E, C-PROM, MICROTTEL, NEAX 61S, etc. las cuales se encuentran en los municipios.

Lo anterior sustenta porqué el sistema de transmisión no es un equipo central sino un sistema distribuido en el nodo; es decir hay una parte de él asociada a cada central y a cada necesidad. De igual manera las centrales ubicadas en los municipios tienen asociadas a ellas equipo de microondas para establecer la comunicación.

**TABLA 1. PROBABILIDADES DE ENRUTAMIENTO DE LLAMADAS  
EN EL NODO DE TELECOM EN POPAYÁN**

DESTINOS	ORÍGENES					
	CUALQUIER	MUNICIPIOS	MUNICIPIOS	MUNICIPIOS	CENTRALES	CENTRALES
MUNICIPIOS	IUPAC	NEAX	DMS	DEPTO	LOCALES	L.D.
Almaguer	0.004781	0.003844	0.004	0.004781	0.004781	0.012974
Balboa	0.006265	0.0065	0.0055	0.006265	0.006265	0.016865
Bolívar	0.012468	0.0075	0.008	0.0095	0.012468	0.030477
Buenos Aires	0.001265	0.001245	0.001265	0.001265	0.001265	0.005022
Cajibío	0.00114	0.00115	0.00114	0.00114	0.00114	0.004528
Mercaderes	0.002761	0.00275	0.002761	0.002761	0.002761	0.010961
Pescador	0.003666	0.003666	0.002666	0.003666	0.003666	0.01455
Rosas	0.002217	0.002261	0.002217	0.002217	0.002217	0.008801
Siberia	0.005265	0.005265	0.0032	0.002217	0.005265	0.014895
Sierra	0.004276	0.0032	0.0032	0.004276	0.004276	0.016972
Silvia	0.008972	0.0079	0.0055	0.008972	0.008972	0.025606
Timbío	0.012681	0.0096	0.0095	0.012681	0.0122681	0.035325
Vega	0.001611	0.001611	0.0016	0.001611	0.001611	0.006338
<b>MUNIC. DMS</b>						
Caldono	0.008891	0.003844	0.0036	0.009521	0.008523	0.01
El Bordo	0.013491	0.0097	0.009	0.010488	0.0192536	0.035
El Charco	0.007591	0.0016	0.0016	0.009521	0.001125	0.0075
Guapi	0.008091	0.0016	0.0032	0.009521	0.005696	0.008
Izquandé	0.007	0.0016	0.0016	0.009521	0.0011256	0.005
López de Micai	0.008091	0.003844	0.0032	0.009521	0.003589	0.005
Piendamó	0.0134	0.0095	0.0096	0.009527	0.0182596	0.035
Timbiquí	0.008091	0.0028	0.0055	0.009521	0.008563	0.008
Tunía	0.008591	0.003845	0.0055	0.009521	0.009635	0.008
<b>MUNIC. NEAX</b>						
Coconuco	0.008298	0.0039902	0.007542	0.0005438	0.002456	0.009257
Puracé	0.008091	0.0039902	0.006542	0.0005438	0.002235	0.009257
Paispamba	0.008091	0.0039902	0.006542	0.0005438	0.001114	0.009257
El tambo	0.012681	0.0039902	0.007542	0.0005438	0.012565	0.009257
Totoró	0.008091	0.0039902	0.006542	0.0005438	0.003526	0.009257
<b>Centrales LC</b>						
Caucatel	0.123147	0.123147	0.133147	0.143147	0	0.15902
Emtel Centro	0.141913	0.114487	0.128496	0.124487	0	0.138287
Emtel Sta Clara	0.159676	0.149676	0.149676	0.149676	0	0.210708
<b>Centrales LD</b>						
Cali Buitrera	0.126514	0.142498	0.122498	0.142498	0.146514	0
Cali Centro	0.141913	0.148496	0.128496	0.148495	0.161913	0
Cali ETB	0.001126	0	0	0	0.001126	0
Cali Orbitel	0.001465	0	0	0	0.001465	0
Pasto	0.031982	0.033287	0.033287	0.033287	0.031982	0
<b>CUALQUIER</b>						
<b>IUPAC</b>	0.0042	0.0065	0.0065	0.003846	0.019	0.003942



Tabla 2. Tiempo de Emisión de llamadas de las centrales.

<b>MUNICIPIO</b>	<b>INTERARRIVAL (Segundos)</b>
IOPAC	14.4
GUAPI	188.83
TIMBIQUI	194.93
IZQUANDE	512.96
EL CHARCO	511.55
LOPEZ DE M.	351.74
CALDONO	175.01
EL BORDO	35.00
PIENDAMO	35.00
TUNIA	71.14
SILVIA	56.00
ROSAS	324.27
LA SIERRA	512.96
BALBOA	71.14
ALMAGUER	188.83
LA VEGA	273.05
BOLIVAR	36.17
BUENOS A.	502.16
TIMBIO	35.75
MERCADERS	194.93
SIBERIA	511.55
PESCADOR	175.01
CAJIBIO	351.74
MORALES	395.41
EL TAMBO	56.00
COCONUCO	175.01
PAISPAMBA	502.16
TOTORO	273.05
PURACE	395.41
CALI Buitrera	10.48
CALI CENTRO	7.41
CALI ETB	165.69
CALI Orbitel	90.34
TELECOM PASTO	31.7
CAUCATEL	20.488
EMTEL CENTRO	18.94
EMTEL STA CLARA	12.02

Tabla 3. Capacidad de los enlaces en el sistema de Transmisión.

<b>MUNICIPIO</b>	<b>No de Tramos</b>	<b>Capacidad del enlace. (Canales de 64 Kbps.)</b>	<b>Disponibilidad</b>	<b>Tiempo para reenrutar</b>
GUAPI	2	30	99%	0
TIMBIQUI	3	30	99%	0
IZQUANDE	3	30	99%	0
EL CHARCO	2	30	99%	0
LOPEZ DE M.	2	30	99%	0
CALDONO	2	30	99%	0
EL BORDO	2	60	99%	0
PIENDAMO	1	30	99%	0
TUNIA	1	30	99%	0
SILVIA	2	85	95%	0
ROSAS	3	24	95%	0
LA SIERRA	2	30	95%	0
BALBOA	3	85	95%	0
ALMAGUER	4	28	95%	0
LA VEGA	3	60	95%	0
BOLIVAR	3	115	95%	0
BUENOS A.	2	30	95%	0
TIMBIO	2	115	95%	0
MERCADERS	2	60	95%	0
SIBERIA	2	18	95%	0
PESCADOR	2	30	95%	0
CAJIBIO	2	15	95%	0
MORALES	2	24	95%	0
EL TAMBO	2	30	99%	0
COCONUCO	2	30	99%	0
PAISPAMBA	2	30	99%	0
TOTORO	2	30	99%	0
PURACE	2	30	99%	0
CALI Buitrera	1	630	99.99%	0
CALI CENTRO	1	510	99.99%	0
CALI ETB	1	90	99.99%	0
CALI Orbitel	1	30	99.99%	0
PASTO	1	120	99.99%	0
Caucatel	1	300	99.99%	0
Emtel Centro.	1	435	99.99%	0
Emtel Santa C.	1	240	99.99%	0



## **4. DESARROLLO DE LA SIMULACION DEL NODO DE RED DE TELECOMUNICACIONES**

Teniendo ya la descripción del nodo de red objeto de estudio, se aplica ahora la guía metodológica para obtener un modelo de simulación del sistema planteado, utilizando para ello la herramienta de simulación de redes de comunicaciones Comnet III. Se mostrarán los flujos de trabajo de las iteraciones en cada una de las fases del desarrollo de la simulación, demostrando paso a paso la utilización y aplicabilidad de la guía metodológica para futuros proyectos.

El proceso de simulación de este nodo está restringido a los procesos de atención de llamadas locales, enrutamiento de llamadas de larga distancia y transmisión de señales vía radio entre los cerros. Esta delimitación del trabajo a realizar permite tempranamente bosquejar la arquitectura del nodo de red y trabajar en torno a ella.

### **4.1 FASE DE INICIO**

La descripción del modelo del sistema es fundamental para esta fase; se encuentra descrita en el capítulo anterior, donde se lleva a cabo la ambientación que forma parte de esta fase, pero que por organización se ha descrito en un capítulo aparte. Se debe así mismo poseer un conocimiento de la herramienta de simulación Comnet III. A través de los flujos de trabajo se obtendrá un mejor conocimiento del modelo del sistema que permita avanzar hacia la construcción del modelo de simulación.

#### **4.1.1 Definición de los objetivos y Alcances de la simulación**

El nodo de red de Telecom en Popayán contiene múltiples clases de funcionalidades que pueden ser objeto de estudio para una simulación; sin embargo para este proyecto se pretende:

- ✓ Observar el funcionamiento de cada una de las partes del nodo, bajo condiciones normales o condiciones adversas, que me permitan prever la respuesta de este a eventos inesperados.
- ✓ Obtener información clara y detallada del tráfico generado en el nodo por servicio de voz, con los múltiples destinos, llamadas perdidas y probabilidades de bloqueo.
- ✓ Contar con una herramienta que permita realizar planeación, mostrando los resultados de una futura ampliación de red que se pretenda.

El alcance de la simulación, para conseguir estos objetivos será el siguiente:

- ✓ Simular las funciones de enrutamiento de llamadas de voz provenientes de cualquier fuente conectada a él.
- ✓ Simular la operación de los componentes del nodo en aspectos de porcentaje de utilización y tráfico procesado.

#### **4.1.2 Flujo de trabajo de los requisitos**

##### **4.1.2.1 Requisitos de utilización del sistema**

Estos requisitos se obtienen de la descripción del sistema.

- ✓ REQUISITOS DEL SISTEMA DE LLAMADA LOCAL EN LA CENTRAL DMS.
  - Conexión de solicitudes de abonados locales pertenecientes a la central y que desean comunicarse con un abonado de esta misma central.
  - Conexión de solicitudes de abonados locales pertenecientes a la central y que desean comunicarse con un abonado de otra central local, conectada a la central DMS
  - Conexión de solicitudes de abonados locales no pertenecientes a esta central y que solicitan a un abonado que si pertenece a la central.
  - Conexión de una solicitud de un abonado local perteneciente a esta central y que solicita una llamada larga distancia.
  - Conexión de una llamada entrante de larga distancia que solicita un abonado perteneciente a esta central.
  - Control de los equipos IOPAC distribuidos en los distintos sectores de la ciudad

- ✓ REQUISITOS DEL SISTEMA DE LLAMADA LARGA DISTANCIA EN LA CENTRAL NEAX
  - Enrutar llamadas de abonados pertenecientes a las centrales locales existentes, al destino larga distancia solicitado.
  - Enrutar llamadas provenientes de los diferentes destinos larga distancia a cualquiera de las centrales locales y destinos larga distancia posibles.
  - Manejo de conmutación de abonados locales y municipales adscritos a la central.
- ✓ REQUISITOS DEL SISTEMA DE TRASMISION
  - Recibir tráfico proveniente de las centrales de la ciudad de Cali.
  - Recibir tráfico proveniente de la central de Pasto.
  - Recibir tráfico proveniente de los municipios y enviarlo a la central NEAX o Central DMS.
  - Recibir tráfico de la central NEAX y enviarlo al destino correspondiente.
  - Recibir y enviar tráfico proveniente de las centrales locales, hacia la central NEAX Y DMS.

#### 4.1.2.2 Actores

- ✓ SECCION DMS
  - Centrales locales
  - Central LD NEAX
  - IOPACS
  - ILCS Remotas
- ✓ SECCION LD NEAX
  - Centrales locales
  - Central Local DMS
  - Municipios Interconectados
  - Sistema de Transmisión
- ✓ SECCION SISTEMA DE TRASMISION
  - Central LD NEAX
  - Centrales de municipios
  - Central DMS

➤ Centrales Larga distancia

4.1.2.3 Casos de uso y su descripción. Los casos de uso que se obtiene de la descripción de los requisitos y que arquitectónicamente pueden ser significativos son:

- ✓ Procesamiento y conmutación DMS. Abarca los requisitos de llamada local. Se debe enrutar llamadas provenientes de cualquier IOPAC perteneciente a la central DMS y enviarlo a su destino local (un IOPAC o una central local), y se debe recibir llamadas provenientes de las centrales locales de la ciudad y enviarlo a un abonado de la central.
- ✓ Procesamiento y conmutación NEAX. Incluye todos los requisitos capturados de llamada larga distancia. Recibir llamadas provenientes de los orígenes que se establezcan y enviarlo igualmente a los destinos posibles que se establezcan. Entre estos orígenes y destinos están: Municipios, Cali, Pasto, Centrales locales de la ciudad (incluyendo central DMS).
- ✓ Transmisión y Recepción de tráfico de larga distancia. Recoge la información originada en los sitios ya establecidos, y enviarla según el destino y la vía que se halla establecido en la central NEAX.

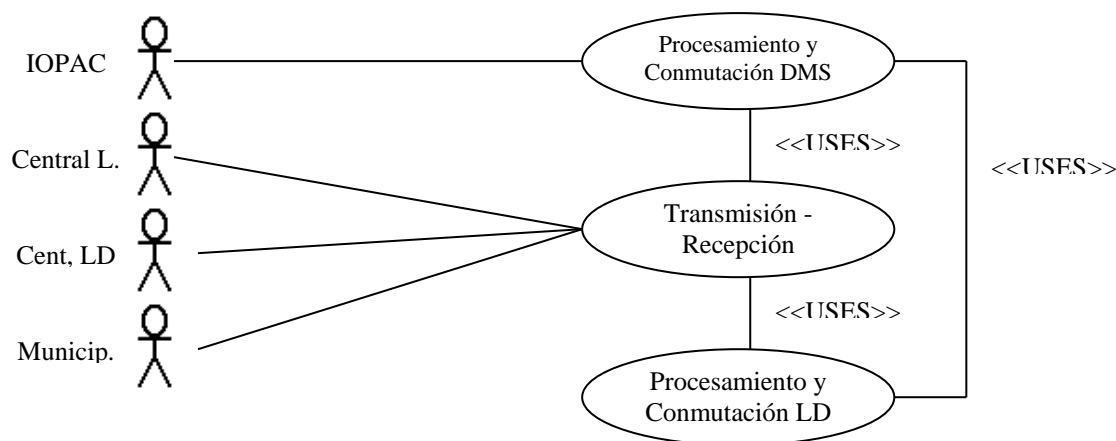


Figura 18. Vista del modelo de casos de uso en la fase de inicio

4.1.2.4 Prioridad de los casos de uso

Los casos de uso nombrados anteriormente tienen la siguiente prioridad: Mayor prioridad el enrutamiento de llamadas locales, Luego Recepción y Transmisión para cumplir

funcionalidades del anterior, y por último Enrutamiento de llamadas de larga distancia, que permite finalizar las demás funciones del nodo. Aunque enrutar llamadas larga distancia puede ser mas importante, no se puede tener estas sin haber abonados locales que las generen y aun menos sin un sistema de transmisión que ayude a establecer la comunicación.

**4.1.3 Flujo de trabajo análisis.** Según los requisitos ya establecidos estos se han dividido en tres grupos para su mejor comprensión y organización del trabajo, y de acuerdo a la organización imperante en el nodo. A pesar de corresponder a un mismo nodo, estos tres grupos de requisitos son independientes y se percibe serán así mismo para las fases siguientes de desarrollo.

#### 4.1.3.1 Análisis de los requisitos.

- ✓ ANALISIS DE LOS REQUISITOS DEL SISTEMA DE LLAMADA LOCAL EN LA CENTRAL DMS.
  - Conexión de solicitudes de abonados locales pertenecientes a la central y que desean comunicarse con un abonado de esta misma central. Son denominadas llamadas internas a la central, nunca salen a otra central, y en el caso de pertenecer los dos abonados a una misma IOPAC, tan solo envía un informe a la central DMS acerca de la realización de la llamada. Se llamará para el estudio: **Llamada Interna.**
  - Conexión de solicitudes de abonados locales pertenecientes a la central y que desean comunicarse con un abonado de otra central local, conectada a la central DMS. Estas llamadas originadas en cualquier sector de la ciudad van dirigidas a una de las centrales entre las que están: Central Caucatel, Central Emtel Centro, Central Emtel Santa Clara. Se llamará **Llamada Local Saliente.**
  - Conexión de solicitudes de abonados locales no pertenecientes a esta central y que solicitan a un abonado que si pertenece a la central. Son llamada originadas de las centrales: Central Caucatel, Central Emtel Centro, Central Emtel Santa Clara, que desean comunicarse con un abonado de la central DMS. Se llamará para el estudio: **Llamada local entrante.**



- Conexión de una solicitud de un abonado local perteneciente a esta central y que solicita una llamada larga distancia. Es una llamada que conecta un abonado de la central DMS con la central NEAX para buscar cualquier destino en el país, incluyendo cualquier municipio del departamento del Cauca. Se llamará: **Llamada Larga distancia Saliente.**

Existe una variación para este tipo de llamadas porque la central DMS maneja comunicación larga distancia con algunos municipios del departamento del Cauca, por ello también se denominará a este tipo de llamada: **Llamada De municipios, Larga distancia Saliente.**

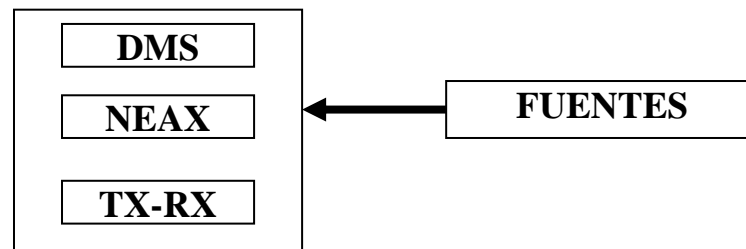
- Conexión de una llamada entrante de larga distancia que solicita un abonado perteneciente a esta central. Es una llamada proveniente de la central NEAX y que tiene origen cualquier parte del país. Igualmente posee una variación cuando la llamada es proveniente de cualquiera de los municipios que controla la central DMS y busca un abonado local de la misma central. La llamaremos: **llamada Larga distancia entrante.**

✓ REQUISITOS DEL SISTEMA DE LLAMADA LARGA DISTANCIA EN LA CENTRAL NEAX

- Enrutar llamadas de abonados pertenecientes a las centrales locales existentes, al destino larga distancia solicitado. Son llamadas originadas en las centrales locales existentes en la ciudad como son: Central Caucatel, Central Emtel Centro, Central Emtel Santa Clara, DMS y que van a cualquier destino del país a través de las centrales de la ciudad de Cali, incluyendo aquí como destino también los municipios del departamento del Cauca. Las llamaremos: **Enrutamiento de Llamada Larga distancia saliente.**
- Enrutar llamadas provenientes de los diferentes destinos larga distancia a cualquiera de las centrales locales y otros destinos larga distancia posibles en el departamento. Son llamadas que van dirigidas a cualquiera de las centrales de la ciudad: Central Caucatel, Central Emtel Centro, Central Emtel Santa Clara, DMS y también a destinos como son los municipios. Llamaremos: **Enrutamiento de llamada de larga distancia entrante.**

- Manejo de conmutación de abonados locales adscritos a la central. Es la atención de abonados ubicados en la ciudad y algunos municipios para los cuales la central NEAX realiza conmutación y además enrutamiento de llamadas larga distancia entrantes y salientes hacia y desde ellos respectivamente. Llamaremos: **Enrutamiento de abonados locales adscritos y conmutación para abonados locales adscritos.**
- ✓ REQUISITOS DEL SISTEMA DE TRASMISION
  - Recibir tráfico proveniente de la central de Pasto. Recibe tráfico de llamada que proviene de la ciudad de Pasto a través del Cerro Cruz de Amarillo y del Cerro Munchique vía microondas o a través del enlace de fibra óptica y lo envía a la central NEAX para que lo enrute a las centrales locales o los municipios, según el destino.
  - Recibir tráfico proveniente de las centrales de Cali. Recibe tráfico de llamada proveniente de la ciudad de Cali a través del Cerro tres Cruces y del Cerro Munchique vía microondas o a través del canal de fibra óptica y lo envía a la central NEAX para igualmente enrutarlo a las centrales locales o los municipios como corresponda.
  - Recibir tráfico proveniente de los municipios y enviarlo a la central NEAX o Central DMS. Recibe tráfico de los municipios y lo envía a la central NEAX para que lo enrute según su destino correspondiente y también recibe tráfico de los municipios adscritos a la central DMS y se lo envía para enrutarlo.
  - Recibir tráfico de la central NEAX y enviarlo al destino correspondiente. Recibe el tráfico proveniente de la Central NEAX y lo envía según corresponda a Cali, Pasto o alguno de los municipios o según sea el tráfico para los municipios conectados a la central NEAX. También el tráfico que va a los municipios Conectados a la central DMS lo recibe de dicha central y lo envía a ellos.
  - Permitir la comunicación entre las centrales locales y las centrales NEAX y DMS. A través del sistema de transmisión es como las centrales locales establecen comunicación con la central NEAX para cualquier solicitud de llamada larga distancia; de igual manera a través del sistema de transmisión se comunican con la central DMS para una solicitud de llamada local.

4.1.3.2 Análisis de la arquitectura. Desde esta instancia del trabajo se comienza a notar la incidencia en el nodo a simular de tres partes operativas fundamentales que se centran en: la central DMS, la central NEAX y el sistema de transmisión. Sobre ellas se centran todas las funcionalidades de los casos de uso descritos anteriormente; la atención de llamadas larga distancia, llamada local, solicitudes de los municipios del departamento, etc., todo esto se atiende por la interacción de estos tres elementos.



Se tiene desde aquí un punto de partida para prever la definición de una arquitectura que aunque es apenas una aproximación puede comenzar a sentar las bases para una arquitectura definitiva que guíe el desarrollo de la simulación en adelante.

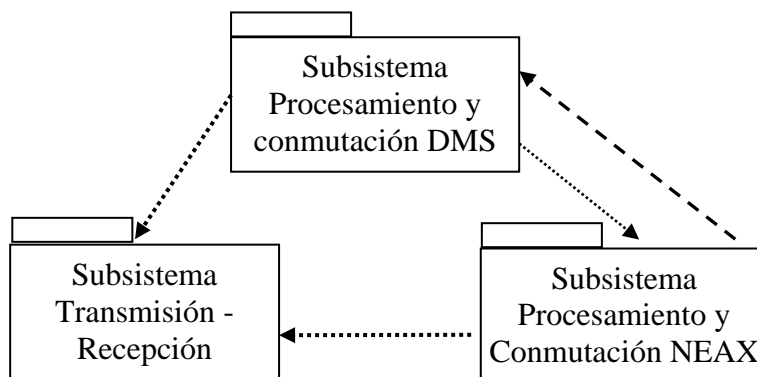
**4.1.4 Flujo de trabajo Diseño.** Para este flujo la propuesta es hacia esbozar una arquitectura preliminar que permita empezar a dar forma a esta primera fase. Para el caso actual no se necesita desarrollar un prototipo o justificación que muestre la funcionalidad, porque es un sistema real que se encuentra trabajando actualmente.

4.1.4.1 Diseño de la arquitectura. Gracias al flujo de requisitos y análisis se puede ver tres partes que permiten establecer una arquitectura incipiente pero que puede resultar sólida para crecer la simulación y eliminar el riesgo principal de esta fase que es la viabilidad de la implementación de la simulación. Esta primera propuesta es lo que constituye el inicio del modelo de Diseño; identificamos tres principales subsistemas:

- ✓ Subsistema procesamiento y conmutación DMS. Todas las funciones de enrutamiento local que realiza la central DMS.
- ✓ Subsistema Central de NEAX. Todas las funciones de enrutamiento larga distancia que realiza la central NEAX.

- ✓ Subsistema Transmisión - Recepción. Todas las funciones de comunicación entre centrales locales, entre estas y una central larga distancia y comunicación con las centrales ubicadas en los municipios.

Estos subsistemas se muestran en la figura 19 y se encuentran relacionados entre sí según los requerimientos que se nombran en la descripción de los requisitos del flujo de análisis.



*Figura 19. Arquitectura Candidata del modelo del sistema.*

Cada uno de los tres subsistemas se encuentra relacionado por las necesidades que tiene de los otros. La central DMS necesita de la central NEAX para el enrutamiento del tráfico larga distancia que generan sus abonados, pero a la vez necesita del subsistema de transmisión - recepción para comunicarse con los municipios conectados a ella y con las otras centrales locales.

Así mismo la central NEAX se comunica con la central DMS enviándole el tráfico larga distancia que va a los abonados conectados a ella. Y necesita el subsistema de transmisión-recepción para poder comunicarse con los municipios del departamento y con las centrales de Pasto y Cali.

El subsistema de transmisión –recepción se comunica con la central NEAX porque es a quien entrega la información que viene de los municipios departamento del Cauca o de las centrales de las ciudades de Cali y pasto. Además es intermediario en la comunicación que se realiza con las centrales locales.

**4.1.5 Flujo de trabajo Implementación, pruebas y experimentación.** En la fase de inicio para este proyecto de simulación no hay trabajo de estos flujos, por cuanto en el flujo de trabajo del diseño se ha conseguido esclarecer una arquitectura candidata acerca del sistema que se está trabajando, principal objetivo de esta fase.

**4.1.6 Evaluación de la fase de Inicio.** En esta fase se tienen ya funcionalidades definidas habiendo capturado los principales requisitos existentes en el nodo de red y que deberá contener la simulación. Con base en los conocimientos ya obtenidos del software Comnet III se establece que realmente es posible conseguir los objetivos propuestos y simular los requisitos planteados; se debe utilizar para ello el Módulo de conmutación de circuitos de Comnet III descrito en el anexo No 2, donde de manera amplia se describe las funcionalidades del módulo de la herramienta, sus constituyentes, justificando de esa manera la posibilidad de simular el nodo.

En esta fase ya se tienen las características del nodo, sus principales funcionalidades, y se ha conseguido una primera aproximación de la arquitectura. Con el estudio de la herramienta se ha ido el riesgo de no poder implementar la simulación, de tal manera que está preparado el proyecto para comenzar la fase de elaboración.

**4.1.7 Planificación de la fase de elaboración.** Con base en la arquitectura planteada se buscará justificar que realmente es la que guiará el proceso de simulación o se modificará hasta definir una precisa. Se buscará en la fase ampliar los requisitos ya descritos y analizarlos de manera más amplia preparando así la fase de construcción. Con base en el análisis de los requisitos planteados y el bosquejo que se tiene de la arquitectura se decide para la fase de elaboración se realizar una sola iteración en la cual es posible cumplir con el objetivo principal de ella: Definir y si es preciso implementar la arquitectura del sistema.

## **4.2 FASE DE ELABORACION**

La incipiente arquitectura mostrada hasta ahora, conformada por los subsistemas de procesamiento DMS, subsistemas de procesamiento NEAX y subsistema de transmisión y

recepción, será el tema fundamental, buscando analizarla, aclararla, solidificarla y sustentar si realmente constituye la arquitectura que guía el proceso de simulación. Esto se conseguirá a través de las distintas actividades de los flujos de trabajo.

#### **4.2.1 Flujo de trabajo de los requisitos**

##### 4.2.1.1. Recopilación de nuevos requisitos.

- ✓ Enrutamiento de llamadas a través del sistema de transmisión dirigidas a los actores IOPAC, ILCS que se encuentran ubicados en los municipios y provenientes de ellos con destino local o larga distancia.
- ✓ Enrutamiento de llamadas a través del sistema de transmisión dirigidas a los actores RLU ubicados en diferentes municipios a través de la central NEAX.

##### 4.2.1.2 Actores

- ✓ Municipios DMS
- ✓ RLU

##### 4.2.1.3 Detallando nuevos casos de uso.

- ✓ Para los primeros son solicitudes de llamadas que provienen de municipios denominados “municipios DMS” solicitando abonados de la central DMS o buscando enrutamiento hacia la central larga distancia NEAX
- ✓ Para los segundos son solicitudes provenientes de los equipos RLU de la central NEAX ubicados en algunos municipios, y que solicitan comunicación con diferentes locales y larga distancia.

##### 4.2.1.4 Estructuración del modelo de casos de uso.

Explorando los casos de uso descritos en los diagramas anteriores buscamos simplificaciones si es posible, generalizaciones para reestructurar el modelo de casos de uso y actualizarlo. Sin embargo para esta fase no se tienen mayores cambios, salvo la vinculación de los dos nuevos actores. En modelo que viene de la figura 18 se muestra en la figura 20 actualizado para esta fase.

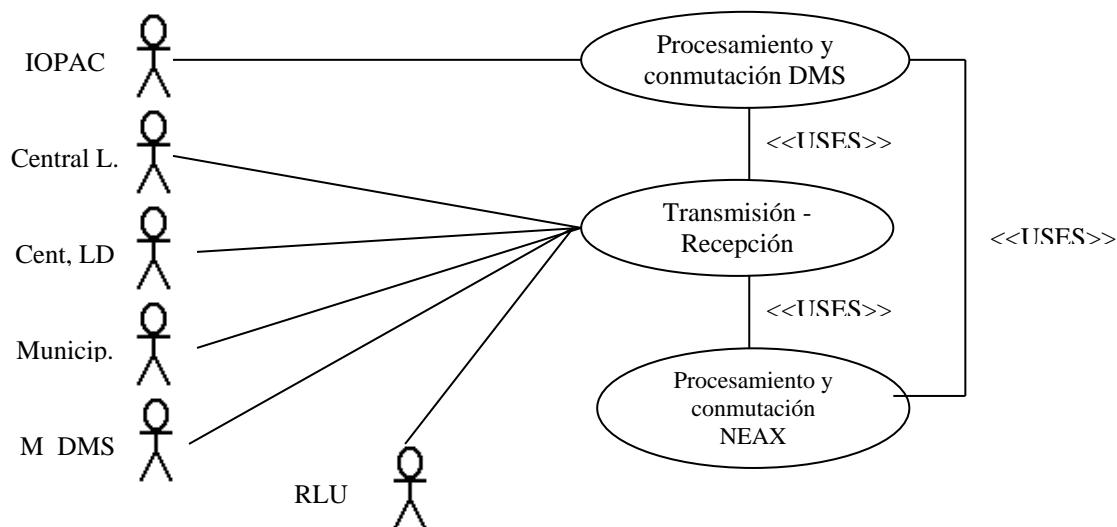


Figura 20. Reestructuración del modelo de Casos de uso

#### 4.2.2 Flujo de trabajo análisis

4.2.2.1 Análisis de la arquitectura. En la figura 19 se consideró una arquitectura candidata que inicialmente solo era una propuesta. Ahora esta es más sólida, después de tener un modelo de caso de uso mejor definido y estructurado por cuanto los nuevos requisitos capturados no le han afectado. Esta arquitectura como la consideramos se ha ratificado debido a la funcionalidad que ofrece para la futura implementación de los casos de uso. Son tres aspectos muy importantes los que en todo momento están presentes en el sistema: Enrutamiento de llamadas locales, enrutamiento de llamadas larga distancia y la sección de transmisión.

4.2.2.2 Análisis de los Casos de uso. Del modelo de casos de uso se desprende:

*Caso de uso Procesamiento y conmutación DMS.* Este caso de uso da respuesta a todos los requisitos capturados en la fase de inicio y que giran en torno al enrutamiento de las llamadas locales y de los municipios que trabajan directamente con la central DMS. Posee tres clases de análisis que son:

- ✓ Receptor de solicitud

- ✓ Análisis de información
- ✓ Conmutación

Cualquier interacción con los actores correspondientes debe pasar por estas tres clases de análisis. Para citar un ejemplo: una llamada Larga distancia entrante. Es tráfico que proviene como resultado de la ejecución del caso de uso enrutamiento de llamada larga distancia y que solicita al caso de uso *enrutamiento de llamada local* para que lleve este tráfico al correspondiente destino. Pero para ello primero se activa la clase receptor de solicitud que establece la necesidad del actor NEAX de comunicarse con la central DMS; luego se analiza la información del (los) usuario(s) destinatario(s) para luego si proceder a conmutar. Cualquiera que sea el tipo de llamada a este nivel y definido en los requisitos, debe atravesar estas tres clases de análisis.

***Caso de uso Procesamiento y conmutación NEAX.*** Trabaja de manera idéntica al caso de uso anterior; salvo que los actores con los que interactúa son diferentes pero la respuesta a los requerimientos para este caso de uso, deben pasar también por tres clases como las anteriores aunque con atributos distintos.

- ✓ Receptor de Solicitud
- ✓ Análisis de información
- ✓ Conmutación

*El Caso de uso transmisión-recepción.* Parte de la necesidad que tiene los otros dos casos de uso de enviar el tráfico generado a los respectivos destinos. Su función principal es transmitir por la red de fibra óptica o el sistema de microondas las señales de tráfico que van a los destinos descritos o que provienen de ellos. Para lo cual es necesario establecer acuerdo y contacto con los equipos de transmisión en el destino y tomar decisiones sobre el camino y la operación de transmisión del tráfico. Para el desarrollo de este caso de uso contamos con dos clases que son:

- ✓ Transmisión- recepción
- ✓ Control de operaciones

Adicionalmente el sistema de transmisión es intermediario en la comunicación que las centrales NEAX y DMS realizan con las otras centrales locales.



#### 4.2.2.3 Análisis de las clases

##### CASO DE USO PROCESAMIENTO Y CONMUTACIÓN DMS

✓ Clase de análisis: *receptor de solicitud*

Esta clase recibe todas los requerimientos de los diferentes actores que interaccionan con el caso de uso: Establece comunicación y acuerdo con los actores, verifica las señales entrantes, formatos, protocolos, tipo de servicio vigentes y como resultado rechaza la solicitud o la encamina a la Clase siguiente. La clasificamos como una clase de interfaz por ser quien interactúa con los otros actores.



Receptor de solicitud

- ✓ Clase de análisis: *Análisis de información*. Recibe información de la clase *solicitud de llamada* en común acuerdo y esta a su vez analiza el contenido de la solicitud realizada: destino permitido o vigente, servicios que posee el destino, si no está ocupado o si hay disponibilidad para alcanzarlo. En caso de encontrar falla en cualquiera de los aspectos enviará respuesta acorde con la dificultad. Para llevar a cabo cualquiera de estas actividades la clase debe realizar acceso a bases de datos que le dan soporte para la toma de decisiones. Esta clase análisis de información corresponde a una clase de control.



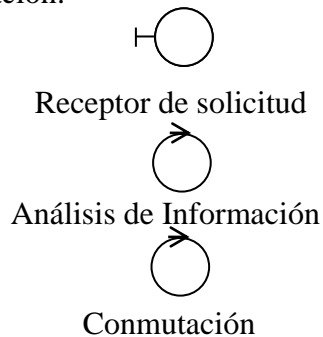
Análisis de Información

- ✓ Clase de análisis *Conmutación*. Ejecuta operaciones para conmutar debidamente cada llamada entrante con base en el resultado entregado por la clase Análisis de información. Corresponde también al tipo Clase de control.



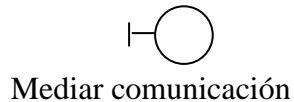
Conmutación.

CASO DE USO PROCESAMIENTO Y CONMUTACIÓN NEAX. Las clases de análisis para este caso de uso realizan actividades similares a las clases descritas para el caso de uso anterior y se citan a continuación:



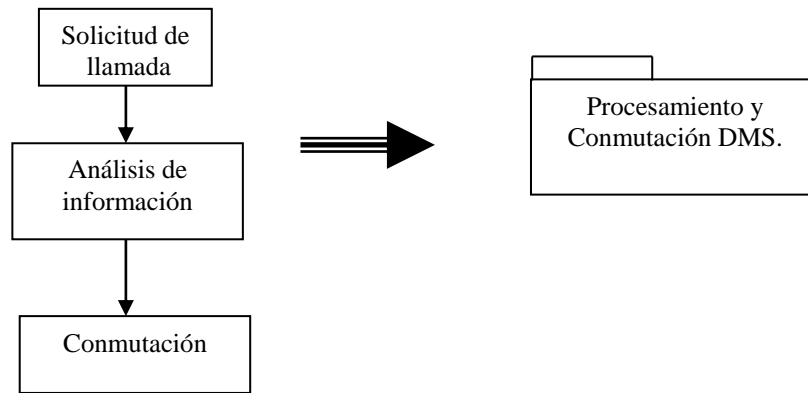
CASO DE USO TRANSMISIÓN-RECEPCIÓN.

- ✓ Clase transmisión – recepción. Es la que tiene contacto con la información que va y viene de los actores con los que interactúa el caso de uso. Establece contacto con ellos, identifica tipo de comunicación o protocolos. Está clasificada como una clase de interfaz denominada clase de análisis mediar comunicación



4.2.2.4 Análisis de un paquete. En esta instancia identificamos de acuerdo a la funcionalidad ya descrita los paquetes de análisis a implementar, lo que dará como resultado el modelo de análisis. Ver figura 22.

- ✓ Paquete de procesamiento y conmutación DMS. Este paquete se crea para abarcar todas las funciones provenientes de los requerimientos orientados al enrutamiento de llamadas locales en todas sus formas según la procedencia. En donde las tres clases Receptor de Solicitud, Análisis de información y Conmutación cumplen con las solicitudes realizadas por los actores que interactúan con este Paquete.



*Figura 21. Paquete de análisis*

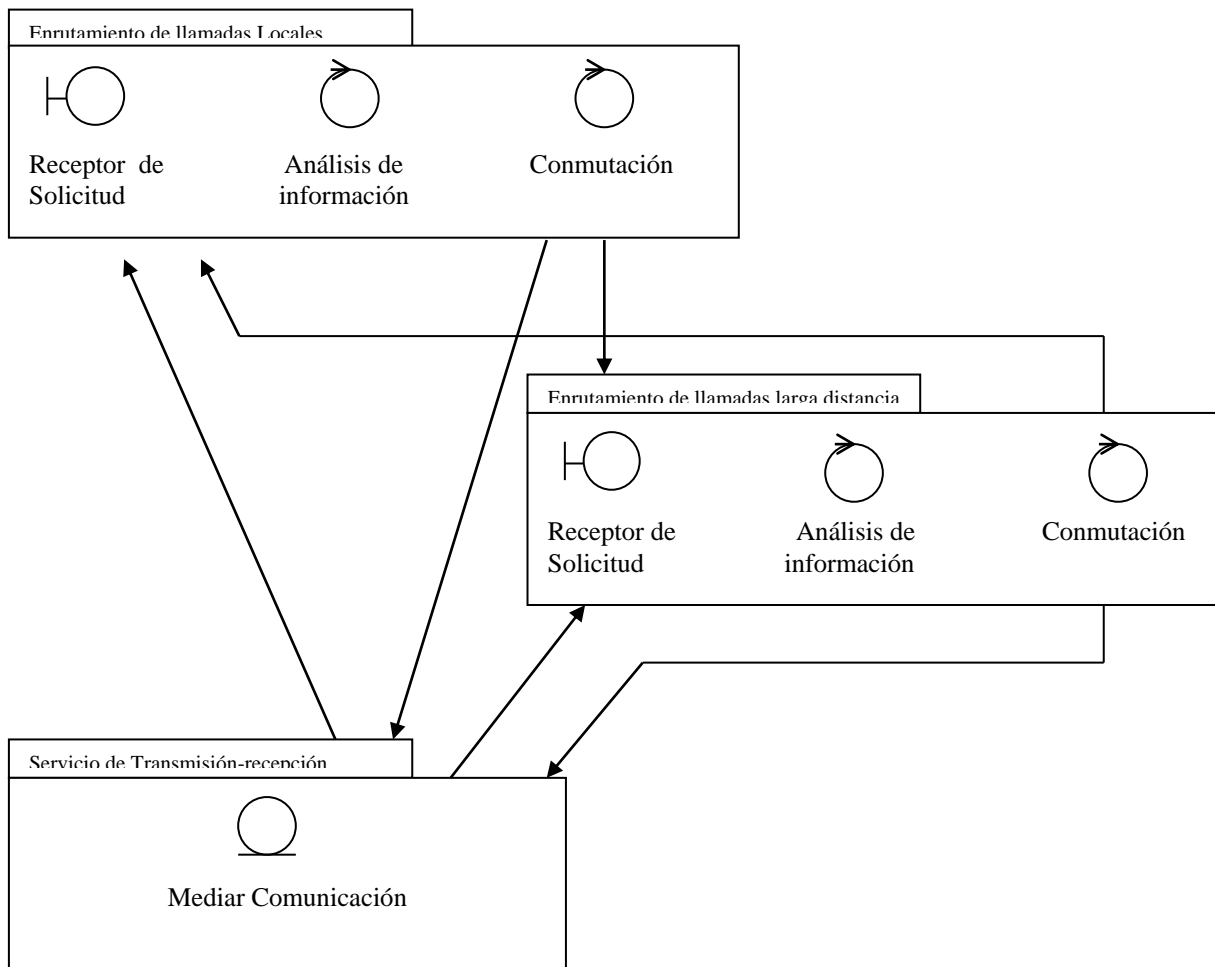
- ✓ Paquete de Procesamiento y conmutación NEAX. Este paquete agrupa los requerimientos orientados al enrutamiento de llamadas larga distancia en todas sus formas con respecto a la procedencia. Se tiene así también un Paquete similar al anterior mostrado en la figura 21; sin embargo no se puede realizar una generalización de las funciones entre estos dos paquetes porque los actores, las condiciones de trabajo, las bases de información cambian. No obstante se tiene las mismas clases de análisis.
- ✓ Paquete de servicio Transmisión. Este paquete presta a los dos paquetes tratados anteriormente servicio de recepción y envío de información desde y hasta los destinos correspondientes. Se compone de una clase que realiza las operaciones ya descritas.

### 4.2.3 Flujo de Trabajo Diseño

4.2.3.1 Diseño de la arquitectura. Para el diseño de la arquitectura se toma como base la vista del modelo de análisis ya descrito y esclarecido en el punto anterior, para ubicar los subsistemas sobre los cuales trabajaremos.

Del modelo de análisis se obtiene entonces tres subsistemas, los cuales desde un comienzo por la funcionalidad del nodo objeto de estudio se han marcado. Se denominarán en adelante así:

- ✓ Subsistema de procesamiento y conmutación DMS.
- ✓ Subsistema de procesamiento y conmutación NEAX.
- ✓ Subsistema de transmisión- recepción



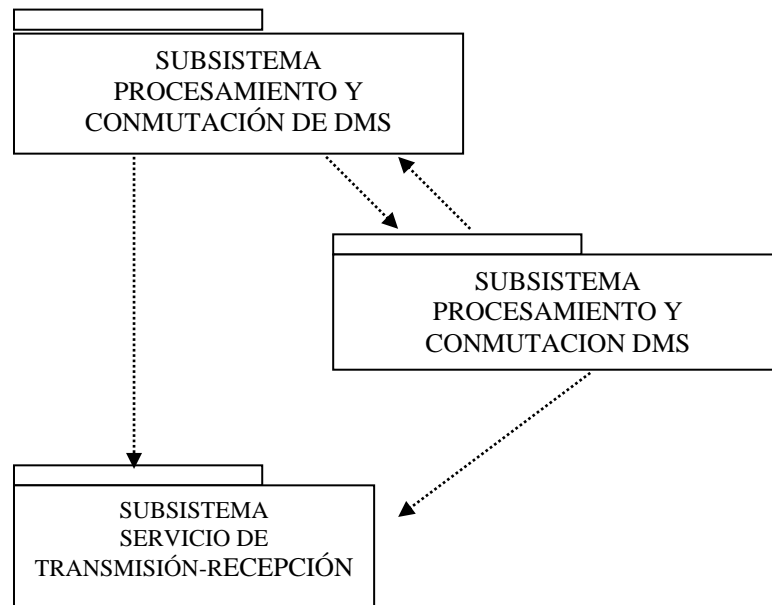
*Figura 22. Vista del Modelo de Análisis*

Por tanto se tiene una traza directa entre el modelo de análisis y el modelo de diseño. Entre estos subsistemas existe dependencia para la realización de sus funciones de la siguiente manera:

- ✓ El subsistema de procesamiento y conmutación DMS entrega al subsistema de procesamiento y conmutación NEAX todo el tráfico larga distancia que se genera con los actores que interactúan con dicho subsistema; no existe otro camino a seguir. De igual manera el subsistema de procesamiento y conmutación NEAX entrega todo el tráfico que le llega larga distancia y que se dirige con ese destino al subsistema de procesamiento y conmutación DMS.
- ✓ El subsistema procesamiento y conmutación DMS entrega al subsistema de transmisión- recepción el tráfico generado hacia los municipios conectados a la central

DMS, y a su vez el subsistema de transmisión- recepción entrega al primero el tráfico cuando es en sentido contrario. Además lo utiliza como intermediario para establecer su comunicación con las centrales locales.

- ✓ El subsistema de procesamiento y conmutación NEAX necesita indispensablemente al subsistema de transmisión- recepción para el envío de todo el tráfico que a él llega de sus actores, para poder encaminarlo al respectivo destino, y viceversa recibe de este el tráfico entrante de las diferentes zonas y centrales.
- ✓ El subsistema transmisión- recepción se constituye de acuerdo a las funciones hasta ahora descritas en un subsistema de servicio para los otros dos subsistemas ayudándoles en la realización de sus casos de uso.



*Figura 23. Vista del Modelo de diseño*

4.2.3.2 Diseño de casos de uso. En la etapa de diseño para la fase de elaboración se describe el procedimiento para el diseño de los tres subsistemas identificados. Para esta aplicación se encuentra que COMNET III es un software de simulación modular, en el cual las clases de los subsistemas son representadas por íconos, los cuales reciben las características de operación para cumplir las funciones de las clases descritas en el modelo de análisis.

No es necesario hacer diseño de nuevos métodos porque Comnet III ya los tiene diseñados, y su utilización depende de los atributos que se le otorguen a las clases; por tanto el diseño que se hace en esta sección también es modular, de acuerdo a la descripción de clases que se hace en el análisis, y de acuerdo a la descripción del sistema realizada en el capítulo III. Para el objetivo de nuestra fase se diseñará la parte de la arquitectura ya descrita.

#### CASO DE USO DE DISEÑO PROCESAMIENTO Y CONMUTACIÓN DMS

De la sección análisis se obtienen tres clases definidas así: Receptor de solicitud, análisis de información y conmutación.

- ✓ La clase “receptor de solicitud” recibe toda la información que llega al subsistema. Pero también a través de ella se realiza comunicación con los actores a los cuales se les debe responder; por tanto se denominará Clase de Diseño Receptor de Solicitud.
- ✓ La clase “análisis de información” se constituye en un método que debido a las características de la herramienta no se diseña, sino que se ejecuta de acuerdo a los atributos dados a las demás clases.
- ✓ Para la clase “conmutación” sus funciones tienen una traza directa con la Clase de diseño Conmutar llamada, que es el conmutador de la central DMS.

Pero para avanzar en el diseño es imprescindible agregar una clase para complementar la interacción que realiza la central DMS con las centrales locales. Esta clase de diseño se llama mediar Comunicación la cual es parte del subsistema de transmisión- recepción quien por sus características de subsistema de servicio presta colaboración a este caso de uso para su realización, además se constituye como la interfaz entre el subsistema de procesamiento y conmutación DMS y el subsistema transmisión-recepción.

### CASO DE USO DE DISEÑO PROCESAMIENTO Y CONMUTACIÓN NEAX.

Similarmente al caso de uso anterior las clases de uso se representan por su equivalente para la sección del diseño.

- ✓ Clase de análisis “receptor de solicitud” ahora será Clases de diseño Receptor de Solicitud.
- ✓ Clase de análisis “análisis de información” vinculada a los métodos que desarrolla Comnet III.
- ✓ Clase de análisis “Conmutación” permanecerá como Clase de diseño conmutar llamada.
- ✓ Adicionalmente se tendrá igual que en el caso de uso anterior las Clases de diseño mediar comunicación del subsistema de transmisión- recepción, para intercomunicar la central NEAX con las centrales locales.

Este caso de uso está representado de igual forma en la figura 24. Con la diferencia que las clases contienen tipos de objetos diferentes para el caso de uso actual.

### CASO DE USO DE DISEÑO TRANSMISIÓN.

Clase Mediar - comunicación. Es la que tiene contacto con la información que va y viene de los actores con los que interactúan los subsistemas. Establece contacto con ellos, identifica tipo de comunicación o protocolos. Está clasificada como una clase de interfaz. Cumple funciones en la mayoría de realizaciones de los casos de uso del subsistema procesamiento y conmutación DMS, y del subsistema procesamiento y conmutación NEAX. El hecho de mostrar un subsistema de servicio transmisión y recepción es con el objetivo de destacar y centralizar las funciones de establecimiento de comunicación larga distancia que realizan los equipos de transmisión en el nodo.

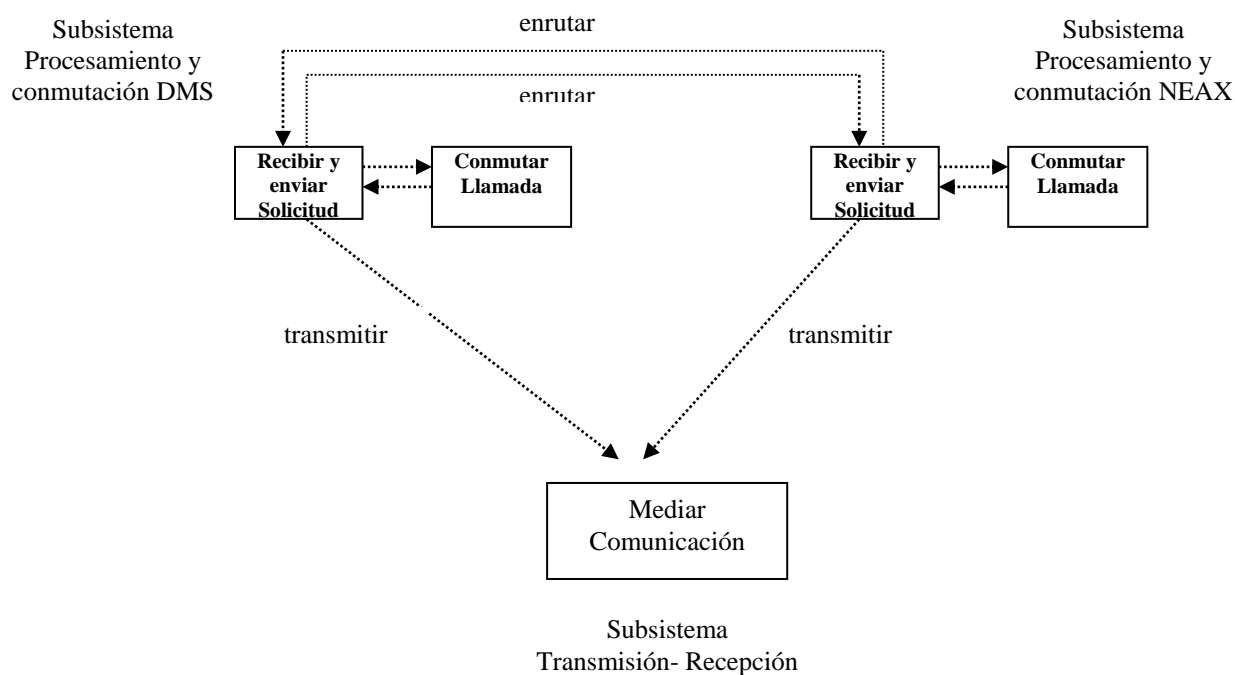


Figura 24. Diagrama de colaboración de la vista del modelo de diseño

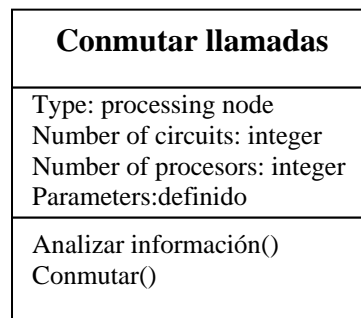
4.2.3.3 Diseño de una clase. Del modelo anterior resultan tres tipos de clases para diseñar, que aunque estén algunas de ellas en diferentes subsistemas tiene los mismos atributos y se implementarán de igual forma en Comnet III aunque con diferentes conexiones en el escritorio de la herramienta.

- ✓ Clase de diseño Receptor de solicitud. Ella tiene los atributos principales que se necesitan para la implementación en Comnet III.

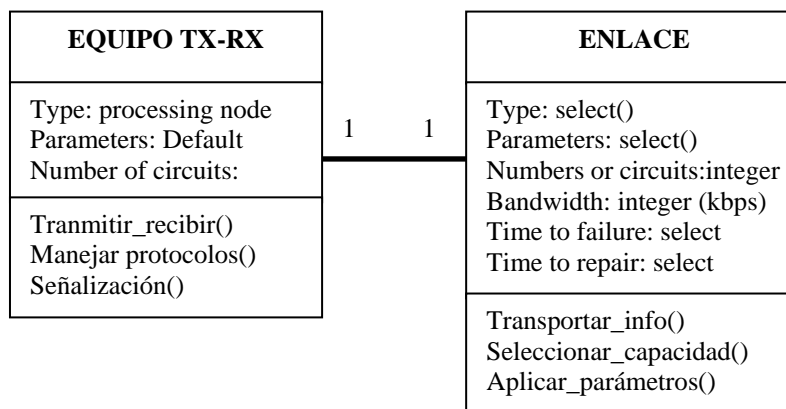
<b>Receptor de solicitud</b>
Type: processing node
Number of procesors: integer
Parameters: definido
<u>Number of circuits: integer</u>
Establecer comunicación() Conectar actores()



- ✓ Clase de diseño Conmutar llamada



- ✓ Clase de diseño Mediar comunicación. Se encuentra compuesta por dos elementos representados por clases, que son: El equipo TX-RX a través del cual se hace la transmisión y recepción, y la Clase Enlace que constituye la interfaz con los demás subsistemas.



**4.2.4 Flujo de Trabajo implementación.** Gracias a la modularidad de la herramienta Comnet III, en esta sección se implementa la arquitectura de acuerdo al flujo de trabajo de diseño y con base en la vista del modelo de diseño, representando las clases de diseño con íconos correspondientes, que aunque aun no son funcionales nos permiten visualizar el esquema básico de la arquitectura para la simulación del sistema en Comnet.

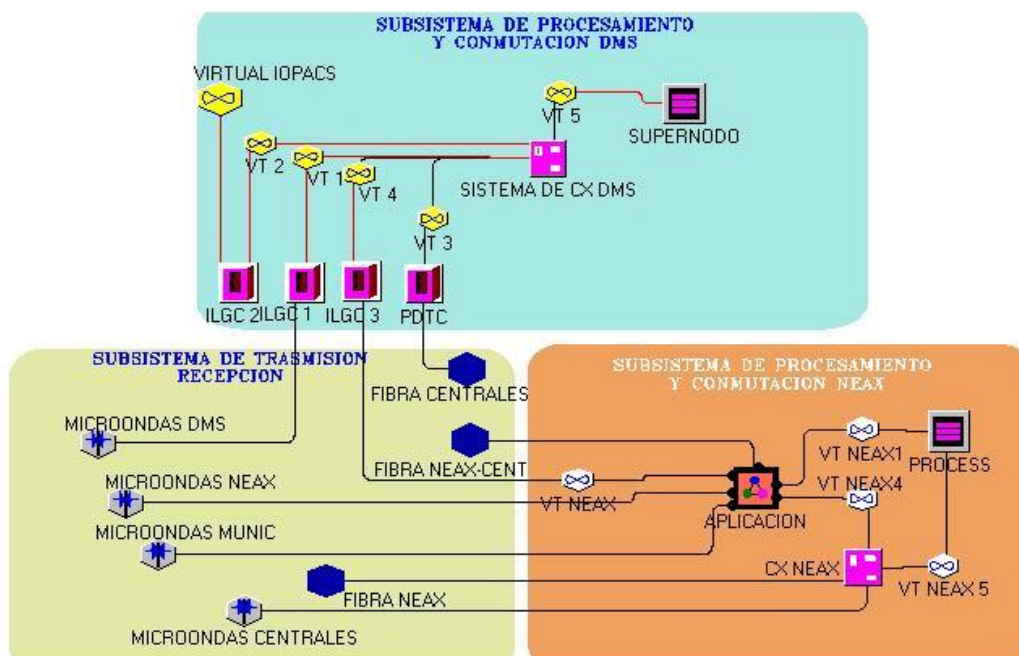
#### 4.2.4.1 Implementación de la arquitectura.

Preparación de la construcción. Para la arquitectura se implementan las clases diseñadas en el flujo anterior

- ✓ Implementación del componente receptor de solicitud.  
Este se representa por un nodo de procesamiento que contiene los siguientes atributos:
  - Type: processing node
  - Number of procesors: 1
  - Parámetro. Se adiciona uno con el Nombre CONMUTADORES
  - Number of circuits: 150 de 10Mbps
 Este componente cumple las funciones del ILGC o un PDTC de la central DMS.
  
- ✓ Componente conmutar llamadas que representa la sección ENET de la central DMS. Se implementa por un nodo de procesamiento con los siguientes atributos:
  - Type: processing node
  - Number of procesors: 1
  - Parameters: CONMUTADORES
  - Number of circuits: 150 de 10Mbps
  
- ✓ Implementación del Componente Equipo Tx-Rx. Se implementa a través de un nodo de procesamiento con las siguientes características.
  - Type: processing node
  - Parameters: Se adiciona uno nuevo con el nombre IOPAC
  - Number of circuits: 150 de 10Mbps.
  
- ✓ Implementación del Componente Enlace. Se realiza con el icono enlace de Comnet.
  - Type: Point to Point
  - Parameters: se crea un nuevo parámetro de acuerdo a la capacidad del enlace con cada central y se le da un nombre.
  - Numbers or circuits: Según la central es el número de circuitos
  - Bandwidth: 2048 (kbps)
  - Time to failure: none (se puede variar para la etapa de transición)
  - Time to repair: none.

Implementación de componentes. Continuando con la implementación se adicionan los componentes al área de trabajo interconectándolos entre sí según el modelo de diseño

En la figura 25 se puede observar las tres partes principales de la arquitectura. El subsistema procesamiento y conmutación DMS, el subsistema procesamiento y conmutación NEAX y el subsistema de transmisión-recepción. Cada una de las partes allí implementadas serán explicada con detalle en la fase de construcción a través de las iteraciones. El objetivo es demostrar la arquitectura funcional al momento de la implementación.



*Figura 25 Modelo de implementación.*

**4.2.5 Flujo de Trabajo Pruebas y experimentación.** Debido a las características del software de simulación Comnet III, no se puede realizar pruebas de caja blanca, porque los iconos ya han sido construidos juntamente con la herramienta; por lo tanto su funcionamiento está preestablecido y se basa en los valores que se asignan a las características que vienen determinadas. Por tanto las pruebas que son posibles en el sistema de simulación son pruebas de tipo caja negra y bajo este estilo se realizan entonces: pruebas de integración y pruebas de sistema. Las pruebas de la arquitectura se considerarán en la fase de construcción, de acuerdo al avance que se realice en las iteraciones siguientes.

**4.2.6 Evaluación de la fase de elaboración.** Teniendo ya clara la arquitectura del sistema y analizados los casos de uso en su totalidad (para este proyecto) se cumplen así los objetivos de esta fase. El riesgo de realización de la simulación quedó resuelto en la fase anterior y junto con el análisis de los casos de uso y el conocimiento que se tiene hasta este momento de la herramienta se sabe que es posible simular en Comnet III los requisitos del sistema, mitigando también los riesgos de implementación de cada uno de los casos de uso. Para este momento se tiene ya versiones de los modelos necesarios según la guía metodológica, una arquitectura establecida y lista para soportar las futuras implementaciones. El plan de la fase de construcción se desarrolla a continuación.

**4.2.7 Planificación de la fase de construcción.** Gracias a la clara identificación de la arquitectura que hasta ahora se puede tener se puede centrar nuestra planeación, orientándola a siete iteraciones que permitan la construcción del modelado objeto de estudio. Cada iteración se orientará hacia la construcción de una parte funcional del sistema que incluye como base el buen funcionamiento de la arquitectura dado por la fase de elaboración. A través de las iteraciones se observará la implementación de actores debido a que estos son actores del modelo del sistema y a su vez constituyen parte del modelo de simulación.

**4.2.7.1 Primera iteración.** Los requisitos ya han sido capturados en su totalidad, de tal manera no se tendrá trabajo de requisitos y por tanto tampoco trabajo de análisis; sin embargo se puede hacer una definición mas precisa del modelo de casos de uso y del modelo de análisis.

La parte del diseño como se anotó en la fase anterior se utilizará con base en las características propias del software Comnet III utilizado para simulación, dando lugar a diagramas de tipo modular e información de las características y datos para cada uno de estos módulos. Se incluirán además diagramas de secuencia pero de manera general para realizar seguimiento a la información de las fuentes de llamada. No es posible realizar diagramas específicos por el manejo macro que se le ha dado a la simulación. Es tema de un nuevo proyecto realizar diseños específicos para cada módulo. A continuación

describimos los principales aspectos para desarrollar en este flujo de implementación, teniendo en cuenta las múltiples funciones a realizar que tiene el caso de uso enrutamiento de llamada local.

- ✓ Implementación de los actores IOPACS.
- ✓ Implementación de las diferentes acciones que estos actores generan en el proceso de realización del caso de uso enrutamiento de llamadas locales.
- ✓ Implementación de las fuentes de mensajes y carga de tráfico según la información suministrada

Luego de la realización de esta parte de la construcción se ejecuta el flujo de pruebas y de experimentación, orientado a:

- ✓ Verificar la respuesta a todas las solicitudes de llamadas locales realizadas por los actores IOPACS
- ✓ Según los datos estadísticos suministrados, verificar los resultados en cuanto a los destinos correspondientes del tráfico de llamada originado.
- ✓ Realización de pruebas de integración, modificando las condiciones de trabajo de los actores y la central para observar la respuesta y la garantía de trabajo en otras condiciones, justificando así el desarrollo de la simulación del nodo y la ayuda que se brinda en la toma de decisiones en la eventualidad de nuevos requerimientos.

4.2.7.2 Segunda Iteración. Con la implementación de las IOPACS se inició el desarrollo de funciones para el subsistema procesamiento y conmutación DMS; en esta iteración se adicionan nuevos actores que agregarán nuevas posibilidades de llamadas a las ya existentes: las centrales locales. Además se iniciará la construcción del subsistema de servicio transmisión- recepción necesario para la comunicación entre las centrales locales y la central DMS.

- ✓ Implementación de los actores Centrales Locales.
- ✓ Implementación de las diferentes acciones que estos actores generan en el proceso de realización del caso de uso enrutamiento de llamadas locales.
- ✓ Implementación de las fuentes de mensajes y carga de tráfico según la información suministrada

Luego se ejecuta el flujo de pruebas y experimentación orientado a:

- ✓ Verificar la respuesta a todas las solicitudes de llamadas locales realizadas por los actores implementados.
- ✓ Según los datos estadísticos suministrados, verificar los resultados en cuanto a los destinos correspondientes del tráfico de llamada originado.
- ✓ Realización de pruebas de sistema, modificando las condiciones de trabajo de los actores y la central para observar la respuesta y la garantía de trabajo en otras condiciones.
- ✓ Realizar pruebas de integración con lo ya implementado en la primera iteración.

4.2.7.3 Tercera Iteración. Con esta iteración se termina la implementación del subsistema procesamiento y conmutación DMS agregando los actores ILCS ubicados en algunos municipios del departamento, quedando así el proyecto listo para iniciar las funciones del subsistema procesamiento y conmutación NEAX en una nueva iteración.

- ✓ Implementación de los actores ILCS remotas.
- ✓ Implementación de las diferentes acciones que estos actores generan en el proceso de realización del caso de uso enrutamiento de llamadas desde y hacia estos municipios, utilizando para ello el sistema de transmisión.
- ✓ Implementación de las fuentes de mensajes y carga de tráfico según la información suministrada

Para el flujo de pruebas y experimentación se tendría lo siguiente:

- ✓ Verificar la respuesta a todas las solicitudes de llamadas locales realizadas por los municipios conectados a la central DMS.
- ✓ Según los datos estadísticos suministrados, verificar los resultados en cuanto a los destinos correspondientes del tráfico de llamada originado.
- ✓ Realización de pruebas de sistema, modificando las condiciones de trabajo de los actores y la central para observar la respuesta y la garantía de trabajo en otras condiciones.
- ✓ Realizar pruebas de integración de sistema.

4.2.7.4 Cuarta Iteración. Ahora se hará énfasis en la central NEAX. De igual forma a lo realizado en la primera iteración, los flujos de trabajo de los requisitos y análisis no tendrán

mucho que hacer. El flujo de trabajo del diseño se orientará nuevamente a los diagramas de secuencia de las instancias de los casos de uso que se van a implementar y que se describen a continuación. El flujo de trabajo de implementación para esta iteración se centrará entonces en el caso de uso enrutamiento de llamadas larga distancia, cuyo foco de operaciones es la central NEAX y asociada con el subsistema de transmisión- recepción, del cual se continuará su desarrollo implementando nuevos objetos de la clase mediar comunicación. Lo que se desarrollará en esta iteración será lo siguiente:

- ✓ Implementación de la central NEAX implementando junto con ella las llamadas larga distancia hacia Municipios del departamento del Cauca provenientes de la central
- ✓ Implementación de las fuentes de mensajes y carga de tráfico en los municipios, según la información suministrada
- ✓ Ampliación de los destinos de comunicación de los actores que interactúan con la central DMS para que se comuniquen también con los actores de la central NEAX.

Para el flujo de pruebas y experimentación se tendría lo siguiente:

- ✓ Verificar la respuesta a solicitudes de llamadas realizadas por los abonados conectados a la central DMS y que van hacia municipios del departamento (larga distancia). Así como verificación de llegada de llamadas provenientes de larga distancia hacia ellos.
- ✓ Según los datos estadísticos suministrados, verificar los resultados en cuanto a los destinos correspondientes del tráfico de llamada originado.
- ✓ Realización de pruebas de sistema, modificando las condiciones de trabajo de los actores y la central para observar la respuesta y la garantía de trabajo en otras condiciones.

4.2.7.5 Quinta Iteración. Teniendo ya la central DMS y NEAX trabajando en conjunto en esta iteración se buscará continuar agregando actores a la central de larga distancia y al mismo tiempo funcionalidades. Las centrales locales ahora son objeto de vinculación al subsistema procesamiento y conmutación NEAX utilizando el subsistema transmisión-recepción.

- ✓ Implementación de los actores Centrales locales a través del Sistema de transmisión.
- ✓ Implementación de las diferentes acciones que estos actores generan en el proceso de realización del caso de uso procesamiento de llamadas larga distancia, pero con sus destinos restringidos, según los actores implementados hasta el momento.

- ✓ Implementación de las fuentes de mensajes y carga de tráfico según la información suministrada.
- ✓ Ampliación de los destinos de comunicación de los actores que interactúan con la central DMS para que se comuniquen también con los nuevos actores de la central NEAX.

A continuación se ejecuta el flujo de pruebas y experimentación de esta iteración:

- ✓ Verificar la respuesta a las solicitudes de llamadas larga distancia realizadas por los actores centrales locales.
- ✓ Según los datos estadísticos suministrados, verificar los resultados en cuanto al procesamiento de las solicitudes de información enviadas por las centrales a los municipios y viceversa .
- ✓ Realizar pruebas de integración con la central DMS verificando la llegada de llamadas desde esta a los nuevos actores implementados.

4.2.7.6 Sexta iteración. Para esta iteración se adicionará los equipos RLU ubicados en algunos municipios del departamento los cuales también utilizan el subsistema transmisión-recepción para comunicarse al subsistema procesamiento y conmutación NEAX. De igual manera aquí se incrementan los destinos posibles de llamada para los actores ya implementados. Esta iteración comprenderá lo siguiente:

- ✓ Implementación de los actores Municipios que utilizan RLU. (Dependientes de la central NEAX).
- ✓ Implementación de las diferentes acciones que estos actores generan en el proceso de realización del caso de uso procesamiento de llamadas larga distancia, pero con sus destinos restringidos, según los actores implementados hasta el momento.
- ✓ Implementación de las fuentes de mensajes y carga de tráfico según la información suministrada.
- ✓ Ampliación de los destinos de comunicación de los actores que interactúan con la central DMS para que se comuniquen también con los nuevos actores de la central NEAX.

A continuación se ejecuta el flujo de pruebas y experimentación de esta iteración:



- ✓ Verificar la respuesta a las solicitudes de llamadas larga distancia realizadas por los actores existentes hasta ahora hacia estos nuevos municipios.
- ✓ Según los datos estadísticos suministrados, verificar los resultados en cuanto al procesamiento de las solicitudes de información enviadas por estos municipios interactuando con la central NEAX.
- ✓ Realizar pruebas de integración con la central DMS.

4.2.7.7 Séptima Iteración. Aquí se llega a la última iteración de la fase de construcción, donde con la implementación de los actores Centrales larga distancia se concluyen las funciones del subsistema procesamiento y conmutación NEAX. Para este momento el subsistema de transmisión- recepción también habrá sido implementado en su totalidad y la versión beta de la simulación estará lista para enfrentar las pruebas de sistema en la fase de transición.

- ✓ Implementación de los actores Centrales de Cali y Pasto a través del Sistema de transmisión.
- ✓ Implementación de las diferentes acciones que estos actores generan en el proceso de realización del caso de uso enrutamiento de llamadas larga distancia, pero ya con todos los destinos posibles, según la tabla de enrutamiento mostrada en el capítulo III.
- ✓ Implementación de las fuentes de mensajes y carga de tráfico según la información suministrada.
- ✓ Ampliación de los destinos de comunicación de todos los actores que interactúan en el sistema.

A continuación se ejecuta el flujo de pruebas y experimentación de esta iteración:

- ✓ Verificar la respuesta a las solicitudes de llamadas larga distancia realizadas por los actores.
- ✓ Según los datos estadísticos suministrados, verificar los resultados en cuanto al procesamiento de las solicitudes de información enviadas por los actores que interactúan con la central NEAX.
- ✓ Realizar pruebas de integración con la central DMS.
- ✓ Realizar pruebas de integración del sistema de transmisión con las centrales NEAX y DMS

- ✓ Realizar pruebas de sistema que permitan apreciar la operación del sistema de transmisión bajo nuevas condiciones.

**4.2.8 Planificación de la fase de transición.** Con la versión beta terminada en la fase de construcción se inicia una nueva fase orientada a probar la simulación con dos objetivos:

1. Comprobar que la implementación de la simulación cumple con los requisitos planteados y corregir posibles fallas si fuere necesario.
2. Realizar experimentación con el trabajo de simulación realizado buscando mostrar la utilidad de la simulación del sistema

Es necesario por tanto una sola iteración la cual se oriente hacia el cumplimiento de estos dos objetivos. Las actividades a desarrollar serán:

- ✓ Comprobar la implementación.
  - Realizar la simulación del sistema en la hora pico comprobando una satisfactoria respuesta.
  - Realizar la simulación del sistema con incremento de tráfico de llamada desde distintos sectores.
- Experimentación
- Modificar la escala de tráfico de algunos sectores para observar el incremento de llamadas y la congestión de red
- Observar el comportamiento de la red ante la eventual caída de enlaces.
- Observar el comportamiento de la red ante la salida de funcionamiento de algún nodo.

### 4.3. FASE DE CONSTRUCCIÓN

Al inicio de esta fase existe ya una arquitectura definida que permite edificar sobre ella el plan de iteraciones realizado en la fase anterior. La principal orientación es la implementación de la simulación con base en la herramienta. Para ello se debe tener un amplio manejo del software de simulación Comnet III así como un amplio conocimiento del funcionamiento del sistema objeto de implementación. El éxito de la simulación depende de los datos reales que se le den a los atributos de las clases diseñadas. A continuación se describe el proceso de desarrollo de cada iteración. En esta sección solamente se considera la implementación de la iteración 1 por motivo de organización de la monografía; todas las demás se encuentran realizadas en Anexo 5 de la monografía. Sin embargo para la fase de transición se parte de la finalización de todas ellas.

#### 4.3.1 Iteración 1. Procesamiento de llamada interna.

4.3.1.1 Flujo de trabajo de los requisitos y análisis. Para estos flujos de trabajo se debería recopilar los restantes requisitos y así finalizar la captura de estos; pero según el desarrollo del proyecto no se tiene adiciones en este flujo de trabajo.

4.3.1.2 Flujo de trabajo de Diseño. Con base en la planeación de la iteración 1 dada en la fase de elaboración se tiene para esta instancia el Diseño del Caso de uso procesamiento y conmutación DMS, interactuando con los actores IOPACS. Para lo cual se diseñará las siguientes actividades que realiza el caso de uso: enrutamiento de llamadas locales que se contempla en esta primera iteración.

*Diseño del caso de uso.* De la anterior fase se tiene cuatro clases identificadas: clase de Diseño Recibir Solicitud, Clase de Diseño Procesamiento de Información. Clase de diseño Conmutar llamada y clase de diseño Mediar comunicación. Cuando una llamada interna es generada se envía a la clase Recibir y enviar Solicitud, la cual manda la solicitud a la Clase Conmutar llamada y de esta nuevamente a otro objeto de la clase recibir y enviar solicitud, para que vaya al actor IOPAC correspondiente según la solicitud. Ver figura 26.

**Diagrama de Secuencia para una Llamada interna del caso de uso Procesamiento y conmutación DMS (PCD).**

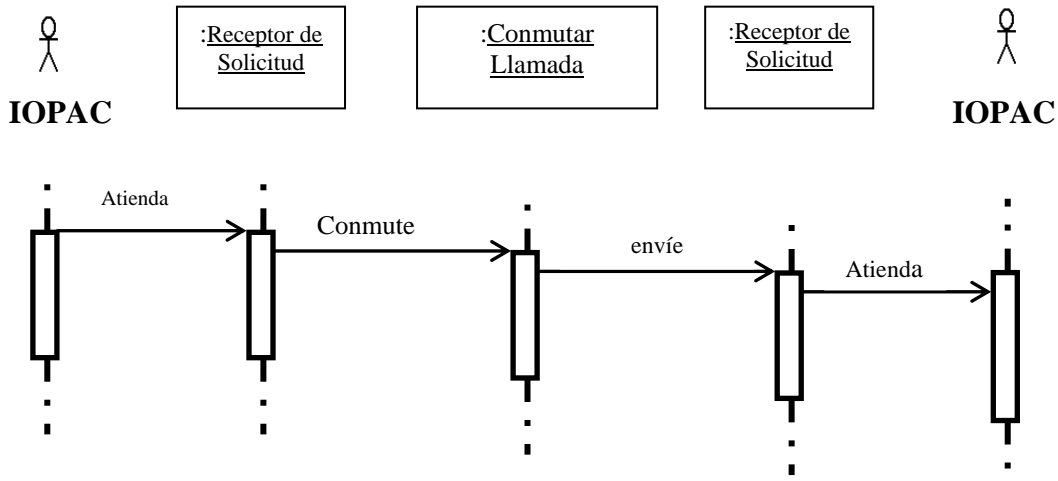


Figura 26. Diagrama de secuencia para una llamada interna

*Diseño de las clases*

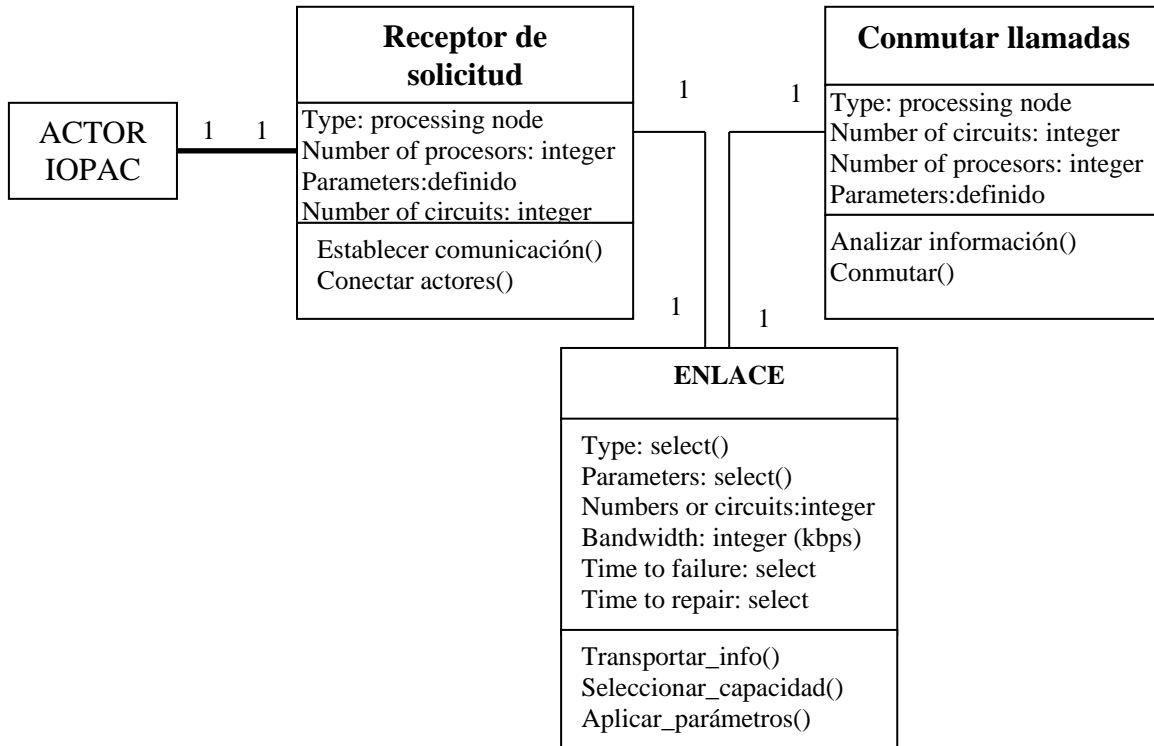
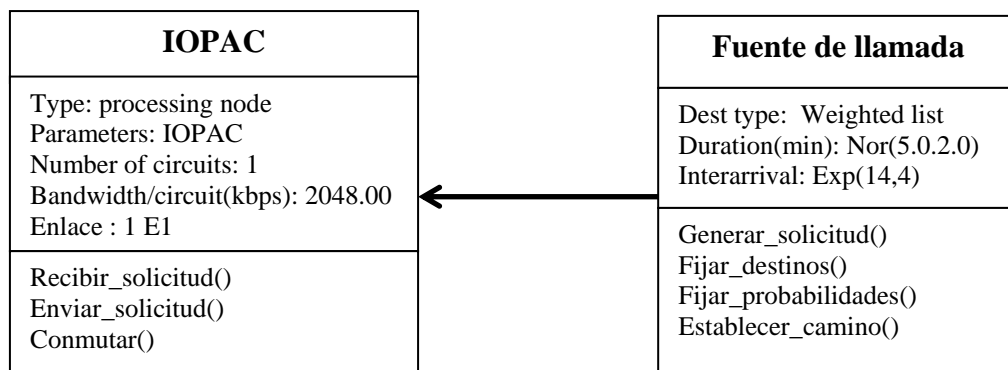


Figura 27. Diagrama de Clases para una llamada interna del caso de uso PCD.

Para poder establecer comunicación entre la clase recibir y enviar solicitud y la clase conmutar llamada, en el momento de implementarlas en Comnet se debe definir una clase llamada enlace con las características mostradas en la figura 27.

El actor IOPAC por las características de la herramienta de simulación en esencia se constituye en dos clases de diseño. Una clase como nodo de convergencia de llamada de los distintos abonados conectados a ella y otra como una clase de diseño fuente de llamada, que representa a los abonados. Para su posterior diseño se llamarán: Clase de diseño IOPAC y clase de diseño Fuente de llamada. Ver figura 28.



*Figura 28. Diagrama de composición de la clase de diseño IOPAC*

4.3.1.3 Flujo de Implementación. Este es el flujo principal de la fase de construcción. Los mayores esfuerzos serán concentrados aquí, pero depende fundamentalmente de la información consignada en el capítulo III. La implementación de la arquitectura fue realizada en la fase anterior y la implementación de un subsistema será el resultado de varias iteraciones. Las clases mostradas en el flujo de diseño toman el nombre de componentes al pasar al flujo de implementación. Las actividades siguientes se describen a continuación.

*Preparación de las construcciones.* A continuación se establecen los atributos para la implementación de los componentes que tienen una traza directa con las clases diseñadas,

para lo cual se toma como base también el diagrama de secuencias y la información del nodo ya conocida.

- ✓ Componente recibir y enviar una solicitud. Este se representa por un nodo de procesamiento que contiene los siguientes atributos:
  - Type: processing node
  - Number of procesors: 1
  - Parámetro. Se adiciona uno con el Nombre CONMUTADORES
  - Number of circuits: 150 de 10Mbps
 Este componente cumple las funciones del ILGC de la central DMS.
- ✓ Componente conmutar llamadas que representa la sección ENET de la central DMS. Se implementa por un nodo de procesamiento con los siguientes atributos:
  - Type: processing node
  - Number of procesors: 1
  - Parameters: CONMUTADORES
  - Number of circuits: 150 de 10Mbps
- ✓ Implementación del Componente Enlace. Se realiza con el icono enlace de Comnet.
  - Type: VIRTUAL
  - Parameters: default
  - Numbers or circuits: 15
  - Bandwidth: 2048 (kbps)
  - Time to failure: none (se puede variar para la etapa de transición)
  - Time to repair: none.
- ✓ Componente IOPAC. Las 26 IOPACS, contienen los mismos atributos de la clase de diseño. Y se representan por un nodo de procesamiento y por un enlace.
  - Type: processing node
  - Parameters: Se adiciona uno nuevo con el nombre IOPAC
  - Number of circuits: 1
  - Bandwidth/circuit(kbps): 2048.00
  - Enlace : Se adiciona uno nuevo con el nombre 1 E1 y capacidad 1 circuito de 2048 Mbps.
- ✓ Componente fuentes de mensaje. Son 26 con las características siguientes:

Dest type: Weighted list Los destinos que se adicionan son las 26 IOPACS hasta ahora implementadas con los datos de probabilidad de la tabla 1.

Duration(min): Nor(5.0.2.0)

Interarrival: Exp(14,4) para todas las fuentes de mensaje de las IOPACS.

Una vez definidas las características se implementa cada componente en la herramienta y se interconectan entre sí.

*Implementación de componentes.* Con base en los datos de la preparación de componentes se ubicarán y conectarán los íconos en el área de trabajo de la herramienta Comnet III. Para una mejor distribución y entendimiento de ésta área de trabajo se agrupa las 26 IUPACS con sus enlaces, mas las 26 fuentes de mensaje y el ILGC respectivo en una subred como se muestra en la figura 29 y luego esta subred se conecta al conmutador a través de una nueva representación del ILGC (ILGC2) como aparece la figura 30. El área sombreada en la figura 29 indica que esta es una parte de la central DMS.

Como no se encuentran disponibles todos los posibles destinos que tiene una llamada, por cuanto estamos en la primera iteración, la sumatoria de las probabilidades en el parámetro Weighted list de las fuentes de mensaje no será de 1 y en el momento de verificar el modelo generará errores. Por lo tanto para poder trabajar se crea un nodo ficticio que represente esos destinos restantes, el cual se conecta a través de un enlace a la clase de conmutar llamadas, como se observa en la figura 30.

Por las características de Comnet III solo se pueden tener en el área de trabajo módulos que representen algún tipo de funcionalidad. Por tanto para poder realizar la simulación es necesario desmontar las partes de la arquitectura que aún no se vayan a utilizar. Por tal razón en la figura 30 no se muestran todas las partes que se habían mostrado como constituyentes de la arquitectura.

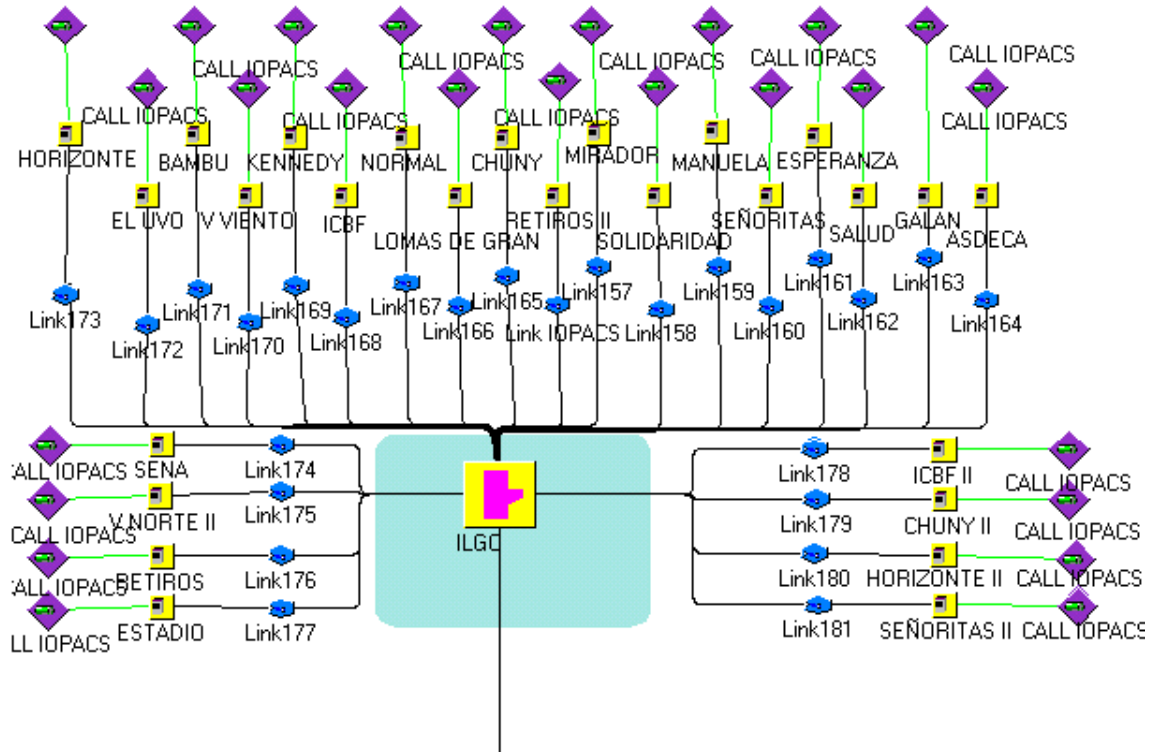


Figura 29. Distribución de las IOPACS en el nivel de subred

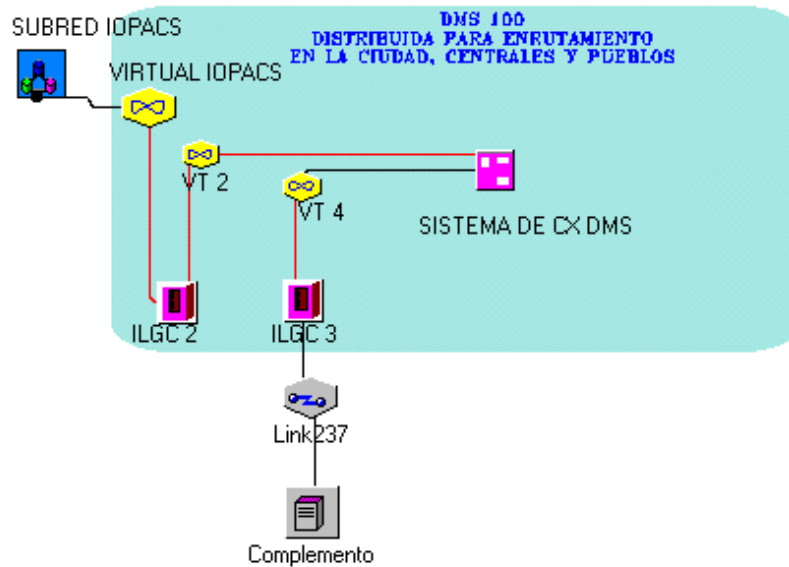


Figura 30. Implementación de la Iteración 1.



4.3.1.4 Flujo de Pruebas. Luego de la implementación se realizará las pruebas correspondientes planeadas y cuyos resultados se encuentran recopilados en el anexo 3.

1. Verificación de respuesta a las solicitudes de llamadas locales. Del reporte No 1 en el anexo 3 se observa que en un tiempo de simulación de 60 minutos cada IOPAC realiza alrededor de 240 llamadas, las cuales poseen la probabilidad de destinos mostrada en la tabla 1 del capítulo III.
2. Se observa que efectivamente corresponde el número de llamadas totales realizadas por las IOPACS, en el tiempo de simulación. De la información de tráfico de la central DMS se tiene que una IOPAC recibe una llamada cada 14.4 segundos equivalente a 240 llamadas en una hora; como son 26 IOPACS se tiene 6240 llamadas en una hora. El reporte No 1 muestra 6362 llamadas que es un valor aproximado y equivalente.
3. Se observa que llegan a los múltiples destinos configurados hasta ahora en la lista de destinos de la fuente de llamada. Cada fuente de llamada tiene como destinos hasta ahora las otras IOPACS, de tal forma que en el reporte se observa llamadas alcanzando todos los destinos entre sí.

Con estos resultados se comprueba el buen funcionamiento de la construcción del modelo de simulación hasta la iteración 1.

#### 4.3.1.5 Flujo de experimentación

Diseño y ejecución de un experimento. Los experimentos que hasta el momento se puede realizar son:

1. Modificar la probabilidad de llegada de llamada entre dos IOPACS para observar como se afectan los enlaces y su capacidad de trabajo bajo condiciones extremas de tráfico a través de ellos.

Se modifica la probabilidad de llegada de una llamada de una IOPAC a otra. Ejemplo llamada de la IOPAC Mirador a la IOPAC Lomas de Granada se le incrementa la probabilidad de llegada en 0.01 y se observa en el reporte No 1b del anexo el incremento de llegada de llamadas hacia ese destino desde IOPAC Mirador. En el reporte 1b también se observa que el enlace No 166 de Lomas de Granada tiene incrementado 3 llamadas con respecto al reporte No 1, (de 266 pasó a 269) que es

consecuencia del aumento de llamada desde el IOPAC Mirador. Aumentando la probabilidad en la fuente de llamada de esta IOPAC no se incrementa el número de llamadas salientes, sino el número de llamadas que llegan a determinado destino.

2. Modificar las probabilidades de bloqueo entre dos determinados destinos. Se observa en el reporte 1c entre dos destinos como incrementan las llamadas perdidas.

En el reporte No 1c se incrementó la probabilidad en 0.02 del IOPAC Mirador al IOPAC Lomas de Granada y se observa entonces el incremento de llamadas a 14, igualmente por el enlace 166 de Lomas de Granada pasaron 277 llamadas y de igual manera el incremento de utilización del enlace pasó de 64,88% en el reporte No 1 a 67,65% en este reporte. En la parte del enlace se nota 157 se observa el aumento de esta probabilidad de bloqueo a 0.01 respecto el reporte 1, incluso 3 llamadas perdidas debido a la congestión que surge por el canal.

3. Disminución de la capacidad de un enlace y se puede observar como se aumenta el porcentaje de utilización del mismo y la probabilidad de bloqueo. Modificando la capacidad del enlace 158 de la IOPAC Solidaridad de 1 E1 a 15 canales de 64K, se obtiene en el reporte 1d, que para las mismas condiciones de simulación tenidas en el reporte No 1, el porcentaje de utilización pasó de 63,61% a 88,97% y de 196 llamadas realizadas 31 se perdieron, aumentando la probabilidad de bloqueo a 0.16.
4. Se adiciona un servicio de información que necesita un ancho de banda mayor y se observa como aumenta la utilización del canal. Al IOPAC Normal Señoritas se le adiciona una llamada de Vídeo con las siguientes características: Interarrival(Exp 50,0), Duration(min):Nor(10,0,5,0), Dest type=Random List, Destino Priority=5, Routing Class= se crea una nueva clase de video con Bandwidth 256 k. (Ver anexo No 2). En el reporte No 1e se observa el incremento del porcentaje de utilización del enlace 158 del IOPAC Normal de señoritas de 63,61% a 87,68% por la presencia del nuevo servicio.
5. Para este modelo también se puede aumentar la cantidad de tráfico entre las fuentes, modelando así una hora pico de llamadas, modificando el parámetro “traffic scale” a 1.5 en las características de ella. En el reporte No 1f se observa el nivel de utilización de algunos enlaces y el incremento de llamadas comparado al reporte No 1.

Como conclusión de la experimentación se tiene el seguimiento que el modelo de simulación hace a las variaciones realizadas durante la ejecución de los experimentos, y su buen desempeño ante la variación de condiciones.

El flujo de trabajo de las demás iteraciones, su proceso de implementación y pruebas realizadas a las construcciones se encuentra en el anexo 5.

4.3.1.6 Evaluación de la fase de construcción. Una vez realizadas las pruebas de cada iteración se ha podido comprobar la funcionalidad de la simulación, bajo la arquitectura que desde un comienzo fue planteada. La documentación que corrobora los resultados de la simulación se encuentra almacenada en todos los reportes recopilados en el anexo No 3 y el respectivo análisis de ellos fue realizado durante el flujo de trabajo de las pruebas en cada iteración contenida en el anexo 5. El plan para la fase de transición fue también establecido durante la fase de elaboración.

#### **4.4 FASE DE TRANSICIÓN**

El punto de partida para esta fase es la versión beta ya construida luego de las iteraciones realizadas. Esta puede contener errores sin que eso signifique haber realizado una mala fase de construcción. En este momento se realiza las entrevistas con los interesados en la simulación del nodo de red para que emitan sus conceptos y se evalúen las modificaciones propuestas para determinar mejoras a la simulación implementada o proponer una nueva versión de esta con una mayor profundidad.

Con base en la planificación de esta fase dada en la fase de elaboración tenemos una iteración con orientación solamente al flujo de trabajo de las pruebas. Estas pruebas se realizan a continuación. Si realizadas estas pruebas es necesario realizar nuevas implementaciones para corregir fallas encontradas, entonces se planeará una nueva iteración dentro de la fase.

#### 4.4.1 Comprobar la implementación de la simulación

- ✓ Simulación en la hora pico.

A cada una de las subredes se les modifica el parámetro “traffic scale”, aumentándose por ejemplo a 1.5. lo cual significa un incremento del 50% en el tráfico. Se realiza la simulación y los resultados los observamos en el reporte No 8 del anexo No 3, el cual contiene los resultados para un enlace de cada subred y para una fuente de llamada dentro de ella. Como resultado se tiene:

- El modelo de simulación no presenta ningún problema para ejecutarse bajo estas nuevas condiciones.
- Los resultados obtenidos se deben comparar con el reporte No 1,2,3,4,5,6, donde está la información de trabajo bajo condiciones normales para cada uno de los enlaces y fuentes seleccionados en el reporte No 8.
- Por ejemplo en el reporte No 1 el enlace 157 con la IOPAC mirador para una hora tenía registradas a través de él 282 llamadas; en el reporte No 8 tiene 384. En el reporte No 5 el enlace con el municipio de Bolívar tenía registradas 202 llamadas, ahora en el reporte No 8 tiene 321 llamadas.
- De igual manera el incremento de llamadas entre los destinos es notable. Ejemplo en el reporte No 4 de Piendamó a la central Santa Clara se realizaron 12 llamadas en una hora bajo condiciones normales, en el Reporte No 8 se tienen 22. En el reporte No 5 el municipio de Coconuco realizó un total de 19 llamadas larga distancia, en el reporte No 8 tiene un total de 33.
- ✓ Realizar la simulación del sistema con incremento de tráfico de llamada solamente desde alguna de las subredes. Se produce un desbalance en los destinos posibles de las fuentes de llamada y se observa como trabaja el modelo de simulación. Se modifica el parámetro “traffic scale” de la subred Centrales locales a un valor de 2. Esto significa aumento de tráfico desde las centrales locales hacia el sistema. El reporte No 9 del anexo No 3 muestra los resultados en los enlaces y en la fuente de llamada Emtel Santa Clara, comparado con el reporte No 2. Los resultados son:
  - El modelo de simulación no presenta ningún problema para ejecutarse bajo estas nuevas condiciones.

- Se observa incremento de llamadas a través de los enlaces con las centrales locales. En el reporte No 2 En enlace para llamadas locales de la central Caucatel tenía reportadas 961 llamadas, en reporte No 9 tiene 1167. La central Emtel centro en su enlace larga distancia tenía registradas en el reporte No 5, 52 llamadas, en el reporte No 9 tiene 207 llamadas. También se puede observar al comparar estos reportes el aumento en el porcentaje de utilización del enlace. Ejmplo el Enlace con la central Emtel centro su utilización pasó de 20,04% a 26,05% de utilización.
- De igual manera las llamadas a los destinos posibles también aumentaron. En el reporte No 2 la central Emtel Santa Clara realizó 10 llamadas al IOPAC Retiros II, en el reporte No 9 aparecen 17 llamadas con este destino. Así sucesivamente se puede mostrar el incremento.

#### **4.4.2 Experimentación con la simulación**

Luego de comprobar el buen funcionamiento de la simulación implementada, esta experimentación es orientada a explorar los alcances y utilidades de la simulación, así como determinar nuevos elementos y condiciones para una nueva versión del producto. Esta experimentación se hará a través de ejemplos de simulaciones.

- ✓ Modificar las condiciones algunos enlaces para verificar el aumento de bloqueo de llamadas.

Bajo condiciones de trabajo normal se modifica la capacidad del enlace del municipio de Piendamó, Central Caucatel , fibra NX-LD y se observa el resultado de la simulación en el reporte No 10 del anexo No3. Las reducciones fueron: Caucatel de 8E1 se redujo a 5E1 su capacidad. Piendamó de 4E1 a 1E1, Fibra NX-LD de 156 E1 a 56 E1.

- La utilización del enlace Caucatel subió de 23,60% en el reporte No 2 a 49.27% en el reporte No 10. El enlace piendamó de 13.44% en el reporte No 3 a 61.37% en el reporte No 10. El enlace fibra NX-LD pasó de 5.55% a 6.72%.
- ✓ Observar el comportamiento de la red ante la eventual caída de enlaces.  
Se puede observar la caída del enlace de microondas con las centrales de Cali y ver los que le sucede al enlace de fibra con ellas mismas.  
Se modifica los parámetros “time to failure” y “time to repair” en el enlace. Se asume time to failure de 10minutos y time to repair de 2 minutos.

La figura 31 producida por Comnet III, muestra la utilización del enlace microondas y la utilización del enlace de fibra. En ella se observa que cada vez que el enlace microondas sale de funcionamiento la utilización del enlace de fibra aumenta; cuando pasan los dos minutos y el enlace microondas ha sido reparado nuevamente, entonces baja nuevamente la utilización del canal de fibra.

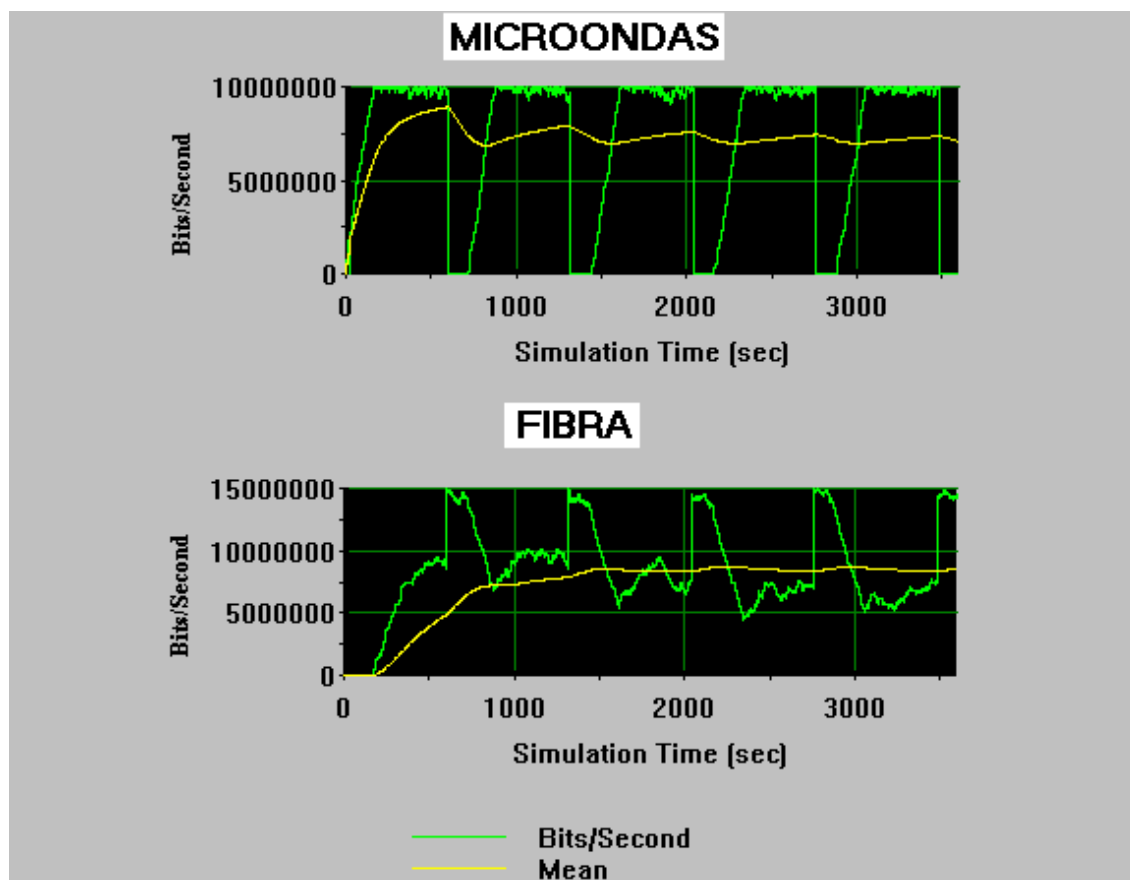


Figura 31. Ejemplo de la caída de un enlace

- ✓ Observar el comportamiento de la red ante la salida de funcionamiento de algún nodo. Ejemplo: se modifica el parámetro “time to failure” del componente LM dentro de la subred de aplicación de la central NEAX y se hace igual a 15 min., y un “time to repair” igual a 2. Este módulo es el encargado de atender las solicitudes de llamada de los municipios que se encuentran dentro de la subred Municipios. En el reporte No 11 se observa por ejemplo la probabilidad de bloqueo de las llamadas realizadas desde el municipio de Bolívar a centrales Caucatel, Emtel, Cali buitrera es de 0.5, 0.4, 0.727

respectivamente, las cuales se muestran en un valor 0 en el reporte No 5. Esto como consecuencia directa de la salida de funcionamiento del módulo LM.

**4.4.3 Evaluación de la fase de transición.** Luego de esta fase el cliente debe haber quedado satisfecho con el trabajo realizado y la documentación obtenida de la simulación y la posibilidad de continuar la experimentación según más adelante se necesite. Este es el momento para plantear nuevas versiones si es necesario o planear trabajos de sustentación de resultados a través de la experimentación que se pueda realizar.

Como se ha demostrado la simulación está funcionando, aún bajo diversas condiciones de trabajo. La forma de utilizar esta implementación se encuentra descrita en el Anexo No 1. Para un mejor manejo de la simulación es completamente necesaria una excelente capacitación en el manejo de Comnet III cuya documentación se encuentra en la referencia bibliográfica No 1.

## 5. CONCLUSIONES

1. El desarrollo de la guía metodológica para el desarrollo de una simulación utilizando Comnet III, impulsa la investigación de nuevas tecnologías de desarrollo de software para obtener las bases con las cuales se pueden elaborar proyectos de desarrollo de simulaciones de sistemas de telecomunicaciones, según las necesidades que en un futuro se presenten.
2. La guía metodológica para el desarrollo de una simulación utilizando Comnet III, ofrece una secuencia de actividades adaptadas a Comnet III que permite dirigir el desarrollo de futuras implementaciones de simulaciones que se realicen con la herramienta.
3. Seguir adecuadamente la guía metodológica conduce el proyecto a una eficaz implementación, para obtener buenos resultados en el momento de la experimentación con el modelo de simulación.
4. Desarrollar la simulación utilizando Comnet III produce un ambiente agradable de trabajo gracias a la característica modular y el ambiente gráfico que se maneja en el diseño de implementaciones.
5. Se avanzó en la exploración del software de simulación Comnet III con el énfasis dado al módulo de conmutación de circuitos, utilizado para este trabajo, demostrando la gran utilidad de la herramienta en esta área de las comunicaciones.
6. Se adquirió un buen conocimiento del funcionamiento del nodo de red de Telecom en Popayán a través de la consecución de la información necesaria para la simulación, de la operación de la simulación, y a través de la experimentación realizada con el modelo.



7. El flujo de pruebas en la fase de construcción, permitió conocer de manera mas profunda la magnitud del tráfico de llamadas que se realiza a través del nodo de red y en cada una de las centrales conectadas(municipales, locales, larga distancia), así como las variantes que se ocasionan cuando se cambian las condiciones de trabajo de algunos de los elementos que componen el nodo.
8. La experimentación realizada durante la fase de transición permitió conocer múltiples eventos que suceden en la operación diaria de un nodo de red, además de los planes de contingencia existentes para solucionar cualquier anomalía.
9. La construcción de la simulación ha sido una experiencia que abre las puertas hacia emprender nuevos proyectos principalmente de desarrollo de software, gracias a las ideas de organización de trabajo, el orden de actividades, distribución de recursos, análisis de requerimientos, análisis de entornos y satisfacción de los clientes, obtenidas a través del trabajo realizado.

## **RECOMENDACIONES**

1. En el momento de iniciar un proyecto de simulación es totalmente fundamental la aplicación específica de la guía metodológica, para lograr una buena ambientación con el entorno del sistema objeto de estudio. Sin conocer bien los requerimientos es difícil prever los riesgos de implementación. Este es uno de los principales objetivos de la fase de inicio de la guía metodológica, permitiéndonos tomar una buena decisión antes de seguir adelante con el trabajo. Además permite agregar otras posibilidades de implementación, obteniendo mejores resultados para los interesados de la simulación.
2. Al comenzar un proyecto de simulación es necesario realizar un buen estudio de la utilización y los alcances del software de simulación de redes Comnet III. Pero aprender a trabajar con la herramienta es fundamental para la aplicación eficaz de la guía metodológica en la fase de construcción de la simulación.

3. Es importante que los docentes y estudiantes de la facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca tomen conciencia de la importancia de explorar y explotar la herramienta de simulación, la cual es un gran apoyo para diferentes asignaturas que se dictan (Ejemplo: Comunicación de Datos, Sistemas de Conmutación, Radiocomunicaciones móviles, etc.), para las cuales sería un gran apoyo tanto didáctico como para la implementación de proyectos relacionados.

## BIBLIOGRAFÍA

VIVAS, Fulvio Yesid. Estudio del software de simulación de Redes Comnet III. T-Fiet 682. Universidad del Cauca 2001.

JOAQUI, Leyla Eunice. Gestión de Tráfico de la Central Local DMS-100 de Nortel Network- Telecom. T-Fiet 652. Universidad del Cauca.

MUÑOZ, Carlos L. MUÑOZ, José R. Metodología para la simulación de equipos de Telecomunicaciones. T-Fiet 524. Universidad del Cauca. 1995

JACCOBSON, Iván, BOOCH Grady, RUMBAUGH James. El proceso Unificado de Desarrollo de Software Madrid-España. Editorial Addison Wesley. 1999.

PRESSMAN, Roger. Ingeniería del Software, Un enfoque práctico. Editorial McGraw Hill. Tercera Edición 1993

FOWLER Martín, KENDALL Scott. UML gota a gota. Editorial Addison Wesley Longman, México 1997.