

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL Y SISTEMAS

SECCIÓN DE POSGRADO



**SISTEMA EXPERTO "KALM" PARA EL MANTENIMIENTO
PREVENTIVO CORRECTIVO EN LA RED
TELEFÓNICA PERUANA**

TESIS

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

CON MENCIÓN EN:

INGENIERÍA DE SISTEMAS

ING. JORGE ZENÓN LEIVA POVIS

LIMA-PERU

2010

DEDICATORIA

A mi hija, Katheryn Leiva Mayta,
"KALM", lleva el nombre de la Tesis.

A mi esposa Rosmeri por ser la fuente
de mi motivación e inspiración para
superarme cada día más.

A mis padres Lucio y Rufina por
fomentar confianza y superación.

A Kersting por fomentar la solidez
familiar.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por la paciencia y la esperanza que me concede en cada momento de mi vida.

Agradezco a las personas que han contribuido en mi crecimiento personal y profesional, aún cuando por razones de tiempo y de espacio no pueda enumerar a todos. A mi esposa que da sentido a mi vida, por su amor que ha sido el factor estabilizador y motivador. A mi señora madre que me dio los principios de la vida. A mi señor padre por la actitud de servicio.

A la **Dra. Gloria Teresita Huamaní H.** que desempeño un papel muy importante en este trabajo, por su respuesta rápida en el proceso de desarrollo, por sus aportes, por ser mi asesora, por el apoyo incondicional, adoptando roles de asesora, profesora y amiga.

Al **Dr. José Portillo Campbell**, como jurado especialista, que por sus directivas y recomendaciones hicieron que este trabajo esté en marco científico.

Al **Mg. Celedonio Méndez Valdivia**, como jurado especialista y por su apoyo incondicional en el proceso del desarrollo de esta investigación.

A la Escuela de Posgrado, por contribuir en mí desarrollo personal. A los docentes de la Facultad de Ingeniería Industrial y Sistemas.

A quienes no he nombrado, por favor sepan que aunque permanecen anónimos en este trabajo, no lo son para mí y sí son apreciados más de lo que suponen.

A todos ustedes, mil gracias y que Dios les bendiga.

INDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE.....	v
DESCRIPTORES TEMÁTICOS	vii
RESUMEN	viii
INTRODUCCIÓN	xii

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Formulación del problema.....	11
1.3 Objetivos de la investigación.....	12
1.3.1 Objetivo general	12
1.3.2 Objetivos específicos	12
1.4 Planteamiento de la hipótesis	12
1.4.1 Hipótesis general.....	12
1.4.2 Hipótesis específicas	13
1.5 Justificación y delimitación de la investigación	13
1.5.1 Importancia del tema	13
1.5.2 Justificación de la investigación	13

CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Antecedentes	16
2.2 Marco teórico	19
2.2.1 Inteligencia artificial	19
2.2.2 Sistemas expertos	20
2.2.3 Lógica difusa	27
2.2.4 Mantenimiento	29
2.2.5 Sistemas.....	31
2.2.6 Modelado del sistema	33

2.2.7 Gestion de redes de telecomunicaciones	35
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1 Tipo de investigación	41
3.2 Diseño de la investigación	42
3.2.1 Análisis del ámbito de actuación del sistema	43
3.2.2 Planificación	44
3.2.3 Analisis de riesgo.....	44
3.2.4 Ingenieria.....	44
3.2.5 Construccion y adaptacion.....	44
3.2.6 Evaluacion del sistema	45
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS	
4.1 Descripcion del objeto de estudio.....	46
4.2 Fusificacion de los parametros de entrada	48
4.3 Definicion de funcion de implicacion	53
4.4 Definicion de las reglas difusas: metodo de implicacion.....	54
4.5 Definicion de acciones preventivas y correctivas.....	57
4.6 Resultado final del razonamiento	58
4.7 Motor de inferencia basado en logica difuza	63
4.8 Diseño de sistema experto basado en logica difuza.....	69
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	72
CONCLUSIONES	72
RECOMENDACIONES	75
GLOSARIO DE TERMINOS.....	77
BIBLIOGRAFÍA	78
ANEXO N° 1.....	80
ANEXO N° 2.....	84
ANEXO N° 3.....	108

DESCRIPTORES TEMÁTICOS

- 1.- Sistema Experto
- 2.- Lógica Difusa
- 3.- Mantenimiento preventivo
- 4.- Mantenimiento correctivo
- 5.- Calidad del medio de transmisión
- 6.- Inteligencia artificial
- 7.- Gestión de redes

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue diseñar un Sistema Experto "KALM", basado en Lógica Difusa, que permita mejorar el mantenimiento preventivo y correctivo para conservar un adecuado nivel de la Calidad del Medio de Transmisión de la Red Telefónica.

El tipo de investigación es aplicada puesto que se ha utilizado los fundamentos de inteligencia artificial, en particular: sistema experto en combinación con lógica difusa, para mejorar el mantenimiento correctivo y preventivo de la red.

El objeto de estudio fue la calidad del medio de transmisión de la red telefónica el cual se ha definido como variable dependiente y las factores directos que influyen a esta variable son la cantidad de segundo errados y la cantidad bits errados. Y, el periodo de análisis para medir la calidad del medio de transmisión ha sido de quince minutos.

Finalmente, el sistema experto "KALM" basado en lógica difusa ayuda a mejorar el mantenimiento preventivo y correctiva logrando así mantener un adecuado nivel de la calidad del medio de transmisión gracias a su interfaz dinámica de monitoreo. El sistema es flexible hace posible la migración a

diferentes Operadoras de comunicaciones, debido a que las diferentes empresas son de diversas capacidades de manejo de servicios.

Palabras claves: Sistema experto, mantenimiento, red de telefonía

ABSTRACT

The objective of this research was to design an Expert System "KALM" based on fuzzy logic to improve the preventive and corrective maintenance to maintain an appropriate level of Environmental Quality Transmission Telephone Network.

The research is applicable because the foundation has used artificial intelligence, including: expert system in combination with fuzzy logic to improve preventive and corrective maintenance of the network. The object of study was the quality of the transmission medium of the telephone network which has been defined as dependent variable and the direct factors influencing this variable is the amount of second bit wrong and the amount wrong. And, the period of analysis to measure the quality of the transmission has been fifteen minutes. Finally, the expert system "KALM" based on fuzzy logic helps to improve preventive and corrective maintenance thus achieving an appropriate level to maintain the quality of the transmission medium by monitoring the dynamic interface.

The system is flexible allows migration to various communications operations, because different companies are handling capabilities of various services.

Keywords: Expert system, maintenance, telephone network

INTRODUCCIÓN

En la red telefónica, soporte de comunicaciones de los variados servicios, para la atención de diversos clientes naturales e institucionales, y con la frecuente evolución de los sistemas de mantenimiento, y la rotación de los operadores dentro del esquema de organización responsable del mantenimiento de la red, constituyen elementos adicionales que subrayan la necesidad de mejoras tecnológicas.

Para afrontar una calidad que exige el cliente, se ha recurrido la atención de las herramientas actuales para brindar una solución a los problemas, para ello se ha planteado en Desarrollar un sistema de Operación y Mantenimiento con la técnica de Sistemas Expertos en el área de Telefonía.

Es decir tendrá capacidad de inferencia basada en modelos, a distintos niveles de detalle y de combinar de forma flexible inferencia heurística, con inferencia sistemática. Se desplegará de acuerdo a los capítulos que se indican:

Capítulo 1: En él se describe el planteamiento y formulación del problema sobre la red de telefónica, se podrá apreciar la hipótesis y los objetivos que aborda la tesis.

Capítulo 2: A lo largo del mismo se aborda el Marco teórico, que muestra los antecedentes y las posibles herramientas para solucionar el problema anteriormente mencionado; el empleo de Sistemas Expertos. Para ello se introduce el concepto de Inteligencia Artificial y Sistemas Basados en el Conocimiento, para posteriormente, revisar su aplicación en el ámbito de la gestión de redes, prestando de nuevo especial interés a la gestión de averías.

Capítulo 3: Se muestra la metodología de investigación, considerando el tipo de investigación y el diseño de investigación.

Capítulo 4: Allí se muestra análisis e interpretación de los datos, la descripción del objeto de estudio que integrará el motor de inferencia para el diseño del sistema experto KALM, se expone sus acciones para los mantenimientos preventivo y correctivo.

Y finalmente se muestra las conclusiones y recomendaciones de un mantenimiento con una gestión de averías .

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El crecimiento de la necesidad de servicios telefónicos, trae paralelamente dificultades al momento de poder gestionar los diferentes equipos en operación.

Una alternativa solución de las épocas del 80 era el disponer de una gran cantidad de recursos humanos, e infraestructura, para disponer de servicio en el tiempo de restablecimiento del servicio.

La tecnología va mejorando con el ingreso de la electrónica, a esta área, porque antes de los 80, en determinada central cuando existía un problema, era manifestada por una lámpara general, lo que le decía al operador la existencia de algo anormal de funcionamiento.

Después de los 80 en Europa comienza el crecimiento acelerado de redes telefónicas, asimismo la gestión en sus inicios se apoyaba en la tecnología disponible a la fecha, Hubo una constante superación dependiendo de tipo de fabricante en este sector de telecomunicaciones.

A nivel Perú se ha ingresado a la era digital en la década de los 80, normalmente se disponía de equipos de los años 40, donde cada crecimiento de líneas se realizaba en años.

Para poder gestionar una central en aquella década se debía de disponer de aproximadamente 200 personas en el área de provisión y de mantenimiento.

Ya en la era digital, los equipos tanto de transmisiones, como de conmutación, vienen implementados con un tipo de sistema de alarma visual. Donde el operador podía observar anomalías delante de los equipos. Eso motivaba la necesidad de tener personal capacitado y en varios turnos.

Luego, la configuración de los equipos son realizados a través de micro contactos dentro de una placa (componente de un determinado equipo).

En la década de los 90 hace su ingreso las computadoras en el sector de las telecomunicaciones, las tareas de configuración inicial se podía realizar localmente, las alarmas se podían clasificar, y la gestión comenzó a evolucionar y ser exigente en el restablecimiento de servicio.

Posteriormente para cada sistema se debía disponer de diferente software, diferentes interfaces físicos de comunicación, se fue superando y emergiendo la centralización de las alarmas.

La centralización de la gestión y la ampliación de áreas de atención, condujo a exigir mejoras en las actividades de provisión y mantenimiento de la red.

Para ello se menciona a las empresas más relevantes que tienen una gestión particular.

Inteligencia Artificial en Alcatel

Con relación a la investigación, podemos observar la disponibilidad de sistemas con facilidades muy desarrollado en su gestión pero se proyecta hacia un sistema experto, cada vez realiza revisión de las plataformas que deberán ser gestionada, sus sistemas están aplicadas a la toma de información del área involucrada, y los muestra al operador en formatos definidos para su pronta recuperación de las posibles averías.

Mencionaremos la versión Alcatel 1303 Alma Expert, lo cual considera una solución inteligente e integrada para administración de sistema y servicio. Se adjunta un resumen.

Materiales

Para la operación del sistema mencionaremos algunas características

Jerarquía vertical: es decir la gestión se va agrupando en niveles de lo inferior a lo superior.

Niveles de gestión:

NML Capa de administración de red

EML Capa de administración de elemento

NE Elemento de red

Software

HP-UX y HP-OP

ORACLE RDBMS, SQL * NET, TCP-IP

Netscape Navigator, Netscape Server.

Métodos

Con relación a los **métodos** que dispone la empresa Alcatel en su gestión son: **Explicativa** porque muestra al usuario la consecuencia de una falla determinada.

Confirmativa debido a que hace participar rutinas de pruebas de verificación de fallas

De lo indicado podemos nombrar algunas tareas que el sistema desarrolla

Configuración de administración

Mantenimiento de la información relacionado con la operación de servicios. Provee información para la secuencia de la iniciación de servicio

Configura los parámetros para el control de la rutina

Asocia nombres con objetos administrados

Inicia y cierra objetos dados de baja en la gestión

Colecciona información y dispone de las condiciones normales de operación.

Obtiene los cambios significativos del sistema.

Administración de fallas

Detección de fallas, aislamiento y corrección del comportamiento anormal de la red. Incluye:

Mantenimiento y examina los registros con mensaje de errores

Acepta y actúa sobre la notificación en detección de errores

Hace seguimiento e identifica fallas

Lleva a secuencias de diagnóstico de pruebas

Corrige fallas.

Administración de performance

Administración de los contadores

Administración de seguridad

ARQUITECTURA DEL SISTEMA SNML

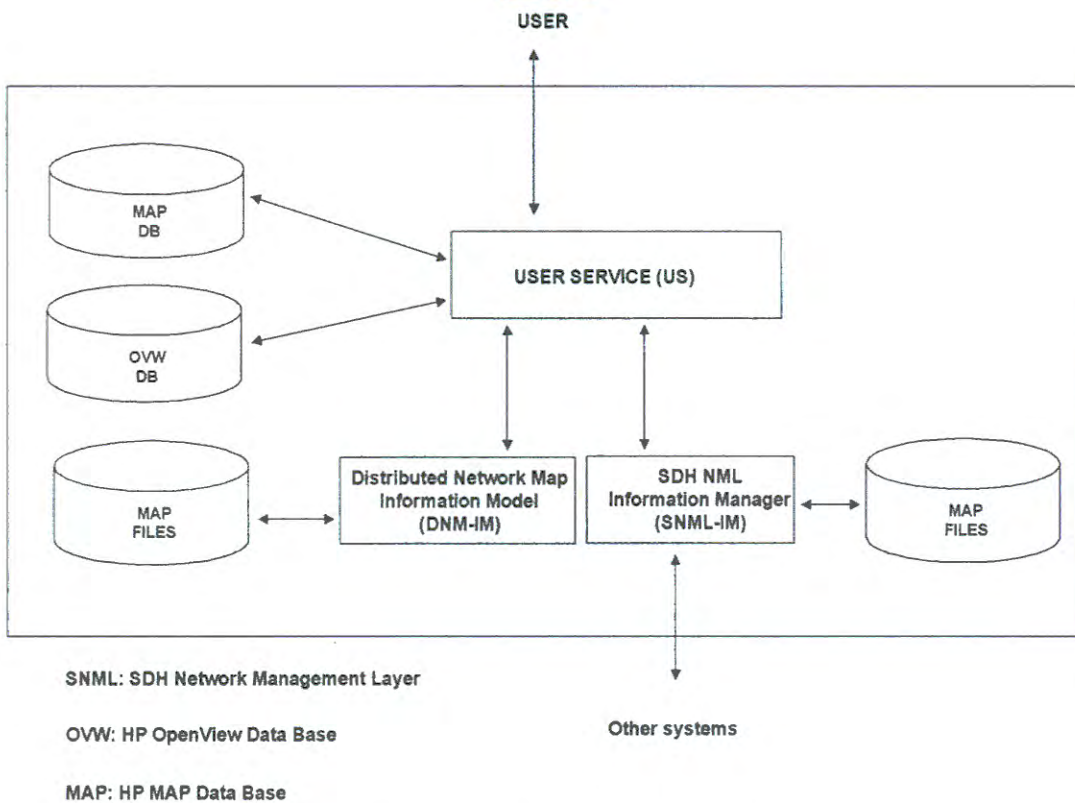


Figura 1. Arquitectura del sistema

Apreciación Crítica

Lo que podemos observar a la fecha, dicha tecnología pretende cubrir de manera experta soluciones inteligentes, haciendo uso de la red.

Ventaja

El sistema se basa en el uso de medio de transporte propio de sus equipos, para observar los eventos en cada elemento de la red.

Puede correlacionar múltiples eventos y llevar contadores del problema, mientras se analiza y diagnostica la ocurrencia.

Desventaja

La debilidad que nos muestra es de no considerar a diferentes equipos.

Ha desarrollado su propio protocolo de comunicaciones, haciendo de esta manera rígida su interconectividad a los diferentes elementos de red.

A la fecha en nuestro medio, se dispone de un sistema centralizado de alarmas procedentes de los equipos del mismo propietario.

La inversión sobre estos sistemas es muy elevada.

El Software de control que dispone es rígido, elaborado con librerías propietarias.

Inteligencia Artificial en Ericsson

Materiales

Empresa que desarrolla sistema para sus propio elementos de red, se dedica mayormente en el suministro de central de conmutación, contribuye con su fácil explotación y mantenimiento de la red a nivel hardware, pero a nivel software no ha desarrollado mucho, en el ambiente de soporte de transmisión han mejorado, en el ambiente de energía (rectificadores) han desarrollado un sistema centralizado con la necesidad de contar con operadores para la toma de decisión.

El TNM (Telecom Management Network)

Se encuentra desarrollado en una arquitectura CORBA (Common Object Request

Bróker Architecture).

La plataforma esta integrada por:

HP OpenView, AdventNet, WebNMS, Bull Open Master o Compaq TeMIP.

Topología IP y cada uno de los protocolos de encaminamiento soportados.

Encaminadores

Software

CIM modelo de información común.

Esta implementado en un directorio con protocolo de acceso ligero a directorio LDAP.

Métodos

Se esta enmarcando en una metodología **explicativa** mostrando información estática entre las aplicaciones de servidor de gestión.

Cada proceso servidor puede ser operado en múltiples estaciones de trabajo para compartir la carga o distribuirla a diferentes ubicaciones físicas.

A través de las MIBs (Modelo de información común) estandarizadas son demasiadas limitadas para ser aplicadas como modelo de información para configurar redes de encaminadores, porque su enfoque está puesto fundamentalmente sobre los aspectos de monitorización de la red.

Usando una sintaxis de línea de comandos propia, una sintaxis de archivo de configuración, o ambas.

Podemos mencionar las tareas que desempeña la gestión de tráfico:

Evaluador de encaminamiento

Evaluador de prestador

Cargar Topología

Leer / escribir configuraciones de elementos

Cargador de datos de tráfico

Especificar medición

Algoritmo de diseño y optimización

Simulaciones

Apreciación crítica:

Ventaja

Su gestión de trabajo distribuida y escalable.

Una arquitectura de agente de petición de objeto.

Estándares abiertos

Desventaja

Todavía no ha desarrollado herramientas inteligentes para la elaboración de sistemas de gestión.

Tampoco integra el mantenimiento de otros suministradores.

Inteligencia Artificial en Telefónica I+D.

Materiales

En la actualidad es una de las empresas que ha desarrollado y concretizado proyectos relacionados con la gestión de red, desde sus inicios en 1988, podemos mencionar la EOC (Estructura de Operación y Conservación para la red de telefonía básica), el SCIB (Sistema de control IBERCOM) y la EERI (Estructura de Explotación de la Red IBERPAC).

La arquitectura del sistema está basada en un modelo de pizarra.

El conocimiento está estructurado en módulos.

X25

Software

Implementado en Nexpert Object

Aplicación se basa en un modelo de ciclo de vida en espiral.

Métodos

La empresa muestra un enfoque metodológico guiado por el KADS (sistema desarrollado en conocimiento).

Las propuestas de KADs profundizan en fases de ciclo de vida.

Proporciona Alternativas aceptables al problema de integración

Los principios básicos de la metodología son:

La Construcción de un Sistema basado en conocimiento.

La interrelación del mundo real al mundo informático, basado en el soporte conceptual y formal.

Apreciación Crítica

Ventajas

Esto ha significado un desarrollo de los sistemas antiguos.

Adquirir experiencia sobre las necesidades de Telefonía en el campo de gestión.

Fomentar estándares internacionales.

Desventajas

Se ha desarrollado por separado las gestiones tanto para telefonía, datos, videos.

La evolución tiene orientación diferente en su infraestructura.

Para disponer de los sistemas en mención, dependerá del volumen de explotación de servicios, debido a su costo de implementación.

Esta en fases iniciales el poder hacer uso de herramientas tales como sistemas expertos.

La tecnología en cómputo estaba restringida en capacidad.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Por lo expuesto, formulamos la siguiente interrogante:

¿Cómo el Sistema Experto "KALM", basado en Lógica Difusa, mejora el mantenimiento preventivo y correctivo para conservar un adecuado nivel de la Calidad del Medio de Transmisión de la Red Telefónica?

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un Sistema Experto "KALM", basado en Lógica Difusa, que permita mejorar el mantenimiento preventivo y correctivo para conservar un adecuado nivel de la Calidad del Medio de Transmisión de la Red Telefónica

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar los registros sobre fallas y tiempo en la red telefónica para Identificar las variables críticas de éxito que repercuten en la calidad del medio de transmisión.
- Fusificar las variables críticas de éxito para medir la calidad del medio de transmisión.
- Definir las reglas difusas y las acciones correctivas y preventivas para construir el motor de inferencia.

1.4 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

1.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

El Sistema Experto "KALM", basado en Lógica Difusa, permite mejorar el mantenimiento preventivo y correctivo, logrando conservar un adecuado nivel de la Calidad del Medio de Transmisión de la Red Telefónica

1.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- El análisis de los registros sobre fallas y tiempo en la red telefónica permite Identificar las variables críticas de éxito que repercuten en la calidad del medio de transmisión.
- La fusificación de las variables críticas de éxito permite medir la calidad del medio de transmisión de la red telefónica.
- La definición de las reglas difusas y las acciones correctivas y preventivas permiten construir el motor de inferencia para el sistema experto "KALM".

1.5 JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACION DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 IMPORTANCIA DEL TEMA

El aporte de la investigación es el diseño y aplicación del Sistema Experto "KALM" mejorará el mantenimiento preventivo correctivo en tiempo real de la Red de Telefonía Peruana.

1.5.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El sistema motivo de la investigación deberá resolver los problemas que tenemos a la fecha de Mantenimiento en la Red Telefónica Peruana citaremos los siguientes.

- Una situación crítica actual se presenta cuando el sistema de monitor puede inundar al operador con información, a veces redundante e intrascendente, que puede incluso impedirle ver los hechos más relevantes en la red.

- La comunicación con los sistemas actuales no es de la toda ágil y sencilla, como desearía el operador.
- El operador demanda de largos periodos de formación y de práctica con objeto de asimilar la sintaxis y el significado de los comandos.
- Los sistemas actuales no ayudan a los operadores en la toma de decisiones sobre qué acciones realizar.
- La frecuente evolución de los sistemas de mantenimiento, y la rotación de los operadores dentro del esquema de organización responsable del mantenimiento de la red, constituyen elementos adicionales que subrayan la necesidad de mejoras tecnológicas.
- La importancia de técnicas de sistemas expertos que brindará mantenimiento con mayor grado de autonomía e iniciativa.

Desarrollar un sistema de Operación y Mantenimiento con la técnica de Sistemas Expertos en el área de Telefonía.

Es decir tendrá capacidad de inferencia, a distintos niveles de detalle y de combinar de forma flexible inferencia heurística, con inferencia sistemática.

Integrar las herramientas existentes en entornos de ingeniería de conocimiento que asistan al constructor de la Base de Conocimiento en cada una de las fases del ciclo de vida, minimizando los costos de desarrollo.

Es decir se identificará, catalogará y se expresará de forma más adecuada el modelo de la Base de Conocimiento.

Desarrollar el sistema, con la posibilidad de poder migrar a diferentes Operadoras de comunicaciones.

Es decir será flexible, en los cambios de plataforma, debido a que las diferentes empresas son de diversas capacidades de manejo de servicios.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 ANTECEDENTES

Después de haber explorado en referencia al sistema que se propone, podemos observar que éste no se ha desarrollado en nuestro medio.

Se ha definido el tema y se ha observado los avances tecnológicos en las empresas más representativas del medio.

Se ha observado los Sistemas expertos en las siguientes Empresas ALCATEL [7], LUCENT TECHNOLOGIES, ERICSSON, y para el tema de mantenimiento se cita a Telefónica como representante de los operadores en la Red de Telefónica Peruana.

Como se ha podido apreciar en la revisión bibliográfica, el tema abordado empieza a ser tratado nivel mundial en la década de los 80.

El crecimiento de la necesidad de servicios telefónicos, trae paralelamente dificultades al momento de poder gestionar los diferentes equipos en operación.

Una alternativa solución de aquellas épocas era el poder disponer de una gran cantidad de recursos humanos, e infraestructura, para disponer de servicio en el tiempo de restablecimiento.

La tecnología va mejorando con el ingreso de la electrónica, a esta área, porque antes de los 80, en determinada central cuando existía un problema, era manifestada por una lámpara general, lo que le decía al operador la existencia de algo anormal de funcionamiento.

Después de los 80 en Europa comienza el crecimiento acelerado de redes telefónicas, asimismo la gestión en sus inicios se apoyaba en la tecnología disponible a la fecha, Hubo una constante superación dependiendo de tipo de fabricante en este sector de telecomunicaciones.

A nivel Perú se ha ingresado a la era digital en la década de los 80, normalmente se disponía de equipos de los años 40, donde cada crecimiento de líneas se realizaba en años.

Para poder gestionar una central en aquella década se debía de disponer de aproximadamente 200 personas.

Ya en la era digital, los equipos tanto de transmisiones, como de conmutación, vienen implementados con un tipo de sistema de alarma visual. Donde el operador podía observar anomalías delante de los equipos. Eso motivaba la necesidad de tener personal capacitado y en turno variados.

Luego, la configuración de los equipos son realizados a través de micro contactos dentro de una placa (componente de un determinado equipo).

En la década de los 90 hace su ingreso las computadoras en el sector de las telecomunicaciones, las tareas de configuración inicial se podía realizar localmente, las alarmas se podían clasificar, y la gestión comenzó a evolucionar.

Posteriormente para cada sistema se debía disponer de diferente software, diferentes interfaces físicos de comunicación, se fue superando y emergiendo la centralización de las alarmas.

En resumen las primeras aplicaciones realizadas estaban orientadas al diagnóstico de fallos en equipos y líneas de transmisión. Posteriormente se han desarrollado sistemas de monitorización, control, y configuración de redes.

Con la privatización de las telecomunicaciones en el Perú, viene la tecnología de que dispone el propietario, Telefónica de España, que ha logrado superar dificultades de crecimiento de servicios en el sector de las telecomunicaciones. La centralización de las gestiones trae consigo plataforma de redes paralela a la de telefonía básica, reducción de personal por central, etc.

TÉCNICO

En la actualidad se enfocan los diversos conocimientos para lograr avances en la comprensión de entidades inteligentes.

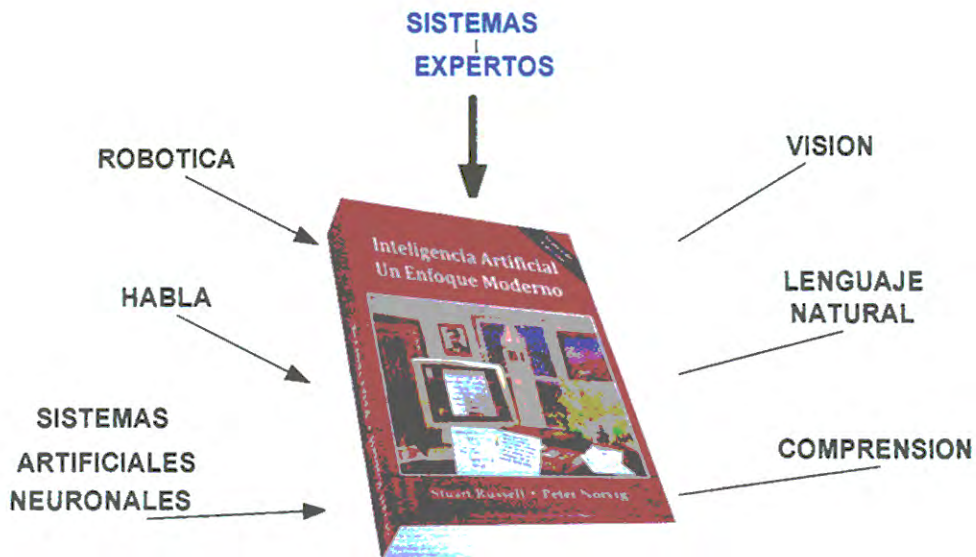
No obstante las fases tempranas en las que aún se encuentra, la Inteligencia Artificial ha hecho posible crear diversos productos, de trascendencia y sorprendentes. Si bien nadie podría pronosticar con toda precisión lo que se podría esperar en el futuro, es evidente que las computadoras que posean una inteligencia a nivel humano (o superior) tendrán repercusiones muy importantes en nuestra vida diaria, así como en las próximas generaciones.

2.2 MARCO TEÓRICO

Para el capítulo siguiente, se presentará los conocimientos teóricos que sustentará la investigación.

2.2.1 INTELIGENCIA ARTIFICIAL

En la actualidad la Inteligencia Artificial abarca una enorme cantidad de sub campos, desde áreas de propósito general, como es el caso de la percepción y del razonamiento lógico, hasta tareas específicas, como el ajedrez, la demostración de Teoremas matemáticos, la poesía y el diagnóstico de enfermedades.



AREAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Figura 2. Áreas de la inteligencia artificial

La Inteligencia Artificial tiene muchas áreas de interés. El área de sistemas expertos es una aproximación muy exitosa a la solución de los problemas clásicos de Inteligencia Artificial en la programación de inteligencia. El Profesor Edward Feigenbaum de la Universidad de Stanford, los ha definido como “un programa de computación inteligente que usa el conocimiento y los procedimientos de inferencia para resolver problemas que son lo suficientemente difíciles como para requerir significativa experiencia humana para su solución”

2.2.2 SISTEMAS EXPERTOS

Los sistemas expertos son un área de inteligencia artificial que utiliza un conocimiento altamente especializado en la solución de problemas, como lo hace un especialista humano.

El especialista tiene conocimientos o habilidades especiales que la mayoría no conoce o de las que no se dispone, puede resolver problemas que la mayoría no podría resolver.

Cuando los sistemas expertos se desarrollaron por primera vez en los 60, contenían conocimiento experto. Sin embargo, hoy en día a menudo se aplica el término sistema experto a cualquier sistema que utiliza tecnología de sistema experto. Esta tecnología puede incluir a los lenguajes y programas especiales de sistemas expertos.

El conocimiento de los sistemas expertos puede obtenerse por experiencia o consulta de los conocimientos que suelen estar disponibles en libros, revistas y con personas capacitadas.

Los términos sistema experto, sistema basado en conocimiento, o sistema experto basado en conocimiento, se usan como sinónimos.

Al conocimiento del especialista para resolver problemas específicos se le llama dominio de conocimiento del experto.

Los problemas tienen un límite superior a los de conocimiento como se podrá apreciar en la figura 3, lo que nos manifiesta puede que un especialista tiene un conocimiento limitado. La posibilidad que otro especialista podría disponer del conocimiento relacionado.



Figura 3. Relación de Dominio problema y el Dominio del conocimiento

Características

Un sistema experto suele diseñarse para que tenga las siguientes características

- **Alto desempeño.** La capacidad de responder a un nivel de competencia igual o superior al de un especialista.
- **Tiempo de respuesta adecuado.** Debe actuar en un tiempo razonable comparable o mejor al tiempo requerido por un especialista.
- **Confiabilidad.** El sistema debe ser confiable y no propenso a “caídas”, o no será usado.
- **Comprensible.** La explicación de los pasos a seguir en el razonamiento, mientras se ejecuta.
- **Flexibilidad.** Es importante contar con un mecanismo eficiente para añadir, modificar y eliminar conocimiento.

Dependiendo del sistema, un mecanismo de explicación puede ser simple o elaborado, los más elaborados podrán hacer lo siguientes:

- Enumerar todas las razones a favor y en contra de una hipótesis en particular.
- Enumerar todas las hipótesis que puedan explicar la evidencia observada.
- Explicar todas las consecuencias de una hipótesis.
- Dar un pronóstico o predicción de lo que ocurrirá si la hipótesis es verdadera.
- Justificar las preguntas que el programa hace al usuario para obtener más información.
- Justificar el conocimiento del programa.

Ventajas

Las más relevantes son:

- Mayor disponibilidad. La experiencia está disponible para cualquier hardware de computo adecuado.
- Costo reducido. De poner la experiencia a disposición del usuario.
- Peligro reducido. Los sistemas expertos pueden usarse en ambiente que podrían ser peligrosos para un ser humano.
- Permanencia. La experiencia es permanente.
- Experiencia múltiple. El conocimiento de varios especialistas pueden estar disponible para trabajar simultáneo y continuamente en un problema.

- Mayor confiabilidad. A una segunda opinión los sistemas incrementan la confianza.
- Explicación. Puede explicar clara y detalladamente el razonamiento.
- Respuesta rápida. Dependiendo del software y hardware el sistema será más rápido.
- Respuesta solida. Complejas y sin emociones en todo momento.
- Tutoría inteligente. Puede actuar de modo inteligente al pedido del estudiante.
- Base de datos inteligentes. Los sistemas expertos pueden usarse para tener acceso a una base de datos en forma inteligente.

Componentes

El sistema experto, que asiste adecuadamente un área definida, consta de los siguientes componentes:

- Interfaz de usuario: el mecanismo que permite la comunicación entre el usuario y el sistema experto.
- Medio de explicación: explica al usuario el razonamiento del sistema.
- Memoria activa: una base de datos global de los hechos usados por reglas.
- Mecanismo de inferencia: hace inferencias al decidir cuáles reglas satisfacen los hechos u objetos, da prioridad a las reglas satisfechas y ejecuta la regla con la prioridad más elevada.

- **Agenda:** una lista con prioridades asignadas a las reglas, creada por el mecanismo de inferencia, cuyos patrones satisfacen los hechos u objetos de la memoria activa.
- **Medio para la adquisición de conocimiento:** vía automática para que el usuario introduzca conocimientos en el sistema, sin tener al ingeniero del conocimiento para que codifique éste en forma explícita.

Base del Conocimiento: Es uno de los elementos nucleares de cualquier Sistema Experto; en ella se almacena el conocimiento de los expertos humanos. Por tanto, lo fundamental a la hora de desarrollar una Base del Conocimiento, es contar con una estructura adecuada para representar dicho conocimiento.

Memoria de trabajo: Se trata de una memoria de tipo transitorio y su misión es almacenar conocimiento, datos y resultados referidos a un problema concreto, que en un determinado momento este intentando resolver el Sistema Experto y que sea necesitado en un momento posterior por los distintos módulos.

Motor de Inferencia: Constituye el otro elemento nuclear de cualquier Sistema Experto. Básicamente consta de los métodos y paradigmas necesarios para, a partir del conocimiento almacenado en la Base, resolver un problema.

Interfaz con el exterior: Este elemento es el que permite la comunicación del Sistema Experto con el mundo exterior. El destinatario de la información procesada puede ser, bien un dispositivo, bien un usuario humano. En el primer caso el interfaz permite dar los procedimientos en la forma adecuada para que un determinado mecanismo de activación realice una acción determinada, por ejemplo: el control de una central nuclear.

En el segundo caso la función del sistema es informar a un usuario humano, que puede ser o bien un operador o bien un decisor; en cualquiera de estos casos la tendencia actual es lograr una interfaz de usuario lo mas "amigable" posible. Para esto se emplean nuevos elementos de hardware como ratones, pantallas táctiles, color, etc y nuevos elementos de software como menús, ventanas.

Modulo de demanda de información: Esta en cierto modo asociado al Motor de Inferencia, y surge de la necesidad de que en un determinado proceso de resolución se haga necesario completar la información que se tiene en la base de conocimiento.

Modulo de explicación: A veces son tan importante las conclusiones como las razones por las que se ha llegado a estas, la función del modulo de explicación es comunicar al usuario, de forma ordenada e inteligible, las razones por las que se ha tomado una decisión determinada.

Modulo de aprendizaje: Este es uno de los elementos incorporados más recientemente, después de varios años de investigación sobre los mecanismos de aprendizaje del ser humano. Trata de que el sistema no sea algo estético, sino que, al igual que el humano, mejore con la experiencia.

Modulo de Adquisición del conocimiento: Este modulo podría tener en principio una relación con el de demanda de información, pero se refiere más a los mecanismos de relación del Sistema Experto con el tándem Experto Humano-Ingeniero del Conocimiento (persona que desarrolla los Sistemas Expertos, cuya función explicaremos más adelante), que permiten añadir elementos nuevos a la base de conocimientos.

2.2.3 LOGICA DIFUSA

Las computadoras manejan datos precisos que se reducen a cadenas de unos(1) y ceros(0) y proposiciones que son ciertas o falsas. El cerebro humano puede razonar con información que involucra incertidumbre o juicios de valor como: “ el aire es frío” o “la velocidad es rápida”.

La lógica difusa es una rama de la IA que le permite a una computadora analizar información del mundo real en una escala entre lo falso y verdadero. Los matemáticos dedicados a la lógica en la década de 1920 definieron un concepto clave: *todo es cuestión de*

grado. [15]. La lógica difusa manipula conceptos vagos como “caliente” ó “húmedo” y permite a los ingenieros construir televisores, acondicionadores de aire, lavadoras y otros dispositivos que juzgan información difícil de definir.

La lógica difusa consta de tres etapas para obtener el resultado deseado.

La primera etapa se basa en un proceso donde las variables tienen un grado de incertidumbre metalingüístico. Por lo tanto, el rango de valores (Universo de discurso) de cada variable puede clasificarse por conjuntos difusos, por ejemplo baja, media, alta.

La segunda etapa se propone reglas lingüísticas (inferencia) que servirán de guía para que el sistema se comporte de manera más adecuada, idónea. El grado de pertenencia de cada una de las variables se evalúa en un conjunto de reglas de inferencia.

La tercera etapa es un proceso para determinar los valores óptimos de salidas, conocidos como defusificación, y que consiste en pasar el grado de pertenencia, proveniente de la consecuencia de la regla de inferencia, a un valor nítido o real. Para hacer eso, previamente se sintonizaron funciones de membresía de cada una de las salidas con el fin de obtener un valor cuantificable. Se muestra en la figura 4.

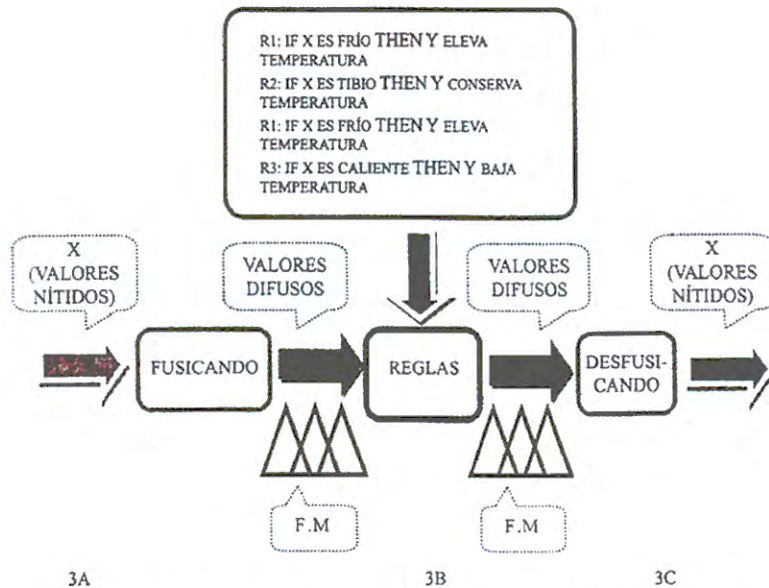


Figura 4. Diagrama de bloques para desarrollar la metodología de lógica difusa

Los sistemas basados en lógica borrosa pueden ser aplicados a problemas no lineales o no bien definidos, permiten modelar cualquier proceso no lineal, y aprender de los datos haciendo uso de determinados algoritmos de aprendizaje. Permiten utilizar fácilmente el conocimiento de los expertos en un tema, bien directamente, como punto de partida para una optimización automática, al formalizar el conocimiento a veces ambiguo de un experto de una forma realizable. Además, gracias a la simplicidad de los cálculos necesarios, normalmente pueden realizarse en sistemas baratos y rápidos.

2.2.4 MANTENIMIENTO

EL Mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantiene en, o se

restablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas. Es un factor importante en la calidad de los productos y puede utilizarse como una estrategia para una competencia exitosa. Las inconsistencias en la operación del equipo de producción dan por resultados una variabilidad excesiva en el producto y, en consecuencia, ocasionan una producción defectuosa. Para producir con un alto nivel de calidad, el equipo de producción debe operar dentro de las especificaciones, las cuales pueden alcanzarse mediante acciones oportunas de mantenimiento.

2.2.4.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Este tipo de mantenimiento sólo se realiza cuando el equipo es incapaz de seguir operando.

2.2.4.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Con base en el tiempo o en el uso.

El mantenimiento preventivo es cualquier mantenimiento planeado que se lleva a cabo para hacer frente a fallas potenciales. Puede realizarse con base en el uso o las condiciones del equipo. El mantenimiento preventivo con base en el uso o en el tiempo se lleva a cabo de acuerdo con las horas de funcionamiento o un calendario establecido.

2.2.4.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

Con base en las condiciones.

Este mantenimiento se lleva a cabo con base en las condiciones conocidas del equipo. La condición del equipo se determina vigilando los parámetros clave del equipo cuyos valores se ven afectados por la condición de éste.

2.2.5 SISTEMAS

En este sentido, las técnicas de sistemas expertos en el sector de las telecomunicaciones, tratan de incrementar el grado de autonomía e iniciativa del sistema y de los sub. sistemas encargados de la operación y mantenimiento de la red, de forma que actúen como un asistente para el operador.

Esto implica que el sistema sea capaz de filtrar y seleccionar la información, presentándola al operador de forma sencilla y ordenada, de manera que facilite la toma de decisiones. Más aun, el sistema debe ser capaz de ayudar al análisis de los posibles fallos, proponer soluciones, ayudar a la reparación, y justificar en todo momento las propuestas realizadas.

Las actividades que desarrollará el sistema serán la detección, localización, ayuda a la reparación, y verificación de averías.

La eficiencia en las actividades de mantenimiento y la mejor conservación en las redes de telecomunicación actuales dependen,

en gran parte, del grado de actuación del operador y la sinergia que existirá con el sistema.

El sistema deberá desempeñar un papel de primer orden, encargándose de supervisar continuamente los elementos de la red, informando sobre posibles anomalías, la relación histórica de los estados de los elementos involucrados y la ejecución de los comandos de control.

El sistema podrá interpretar la información recibida, verificará mediante pruebas, y realizar las acciones de control necesarias para localizar el fallo y repararlo. En algunas actividades en la supervisión, el sistema actuará como una herramienta que obedece en todo momento las indicaciones del operador.

Los lenguajes de comandos deberán estar pensados para que el sistema nuevo los interprete con facilidad.

2.2.6 MODELADO DEL SISTEMA

SISTEMA EXPERTO BASADO EN REGLAS

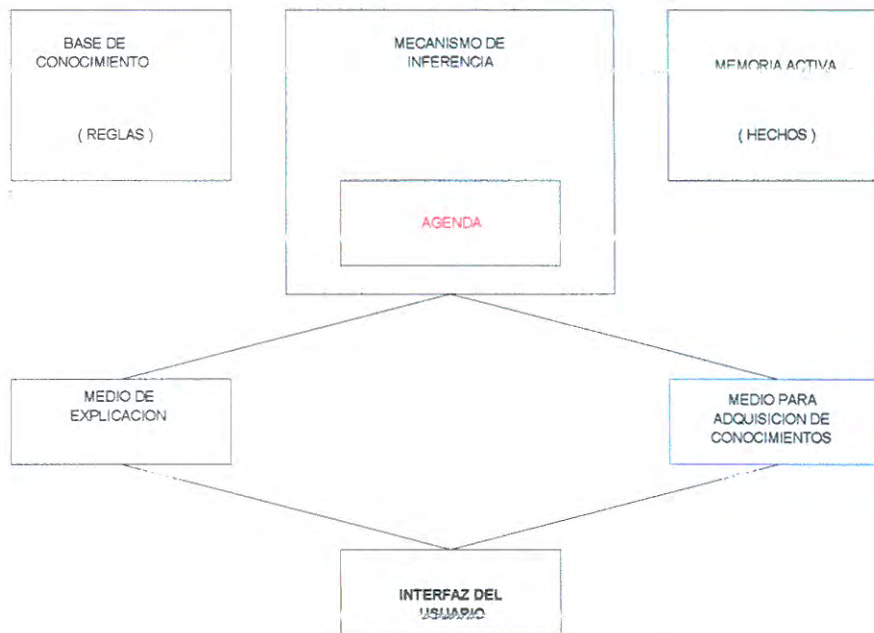


Figura 5. Sistemas experto basado en reglas

Los sistemas expertos son máquinas que piensan y razonan como un experto lo haría en una cierta especialidad o campo. Por ejemplo, un sistema experto en diagnóstico médico requeriría como datos los síntomas del paciente, los resultados de análisis clínicos, otros hechos relevantes, y, utilizando éstos, buscaría en una base de datos la información necesaria para poder identificar la correspondiente enfermedad. Un Sistema Experto de verdad, no sólo realiza las funciones tradicionales de manejar grandes cantidades de datos, sino que también manipula esos datos de forma tal que el resultado sea

inteligible, tenga significado para responder a preguntas incluso no completamente especificadas.

Aunque la anterior es todavía una definición razonable de un sistema experto, han surgido desde entonces otras definiciones, debido al rápido desarrollo de la tecnología. El sentido de estas definiciones puede resumirse como sigue:

Un sistema experto puede definirse como un sistema informático (hardware, software) que simula a los expertos humanos, en un área de conocimiento dada.

Como tal, un sistema experto debería ser capaz de procesar y memorizar información, aprender y razonar en situaciones deterministas e inciertas, comunicar con los hombres y/u otros sistemas expertos, tomar decisiones apropiadas y explicar por qué se han tomado tales decisiones. Se puede pensar también en un sistema experto, como un consultor que puede suministrar ayuda a (o en algunos casos sustituir completamente) los expertos humanos con un grado razonable de fiabilidad.

Durante la última década se han desarrollado muy rápidamente numerosas aplicaciones de sistemas expertos a muchos campos. Durkin examina unos 2.500 sistemas expertos y los clasifica por criterios, tales como áreas de aplicación, tareas realizadas, etc. Tal como puede verse en la economía, la industria y la medicina continúan siendo los campos dominantes, entre aquellos en los que se utilizan los sistemas expertos.

2.2.7 GESTION DE REDES DE TELECOMUNICACIONES

En el campo de la gestión de redes de telecomunicaciones se ha realizado un gran esfuerzo en el ámbito de la estandarización. Dentro de los estándares desarrollados cabe mencionar, en primer lugar, ISO que contiene los conceptos y definiciones empleadas en la gestión, así como también las cinco áreas funcionales, que representan el conjunto de actividades que debe llevar a cabo cualquier sistema dedicado a dicha tarea, y que serán descritos más adelante dentro de este apartado.

Funciones de gestión de una red de comunicaciones

Dichas áreas pueden describirse brevemente del siguiente modo:

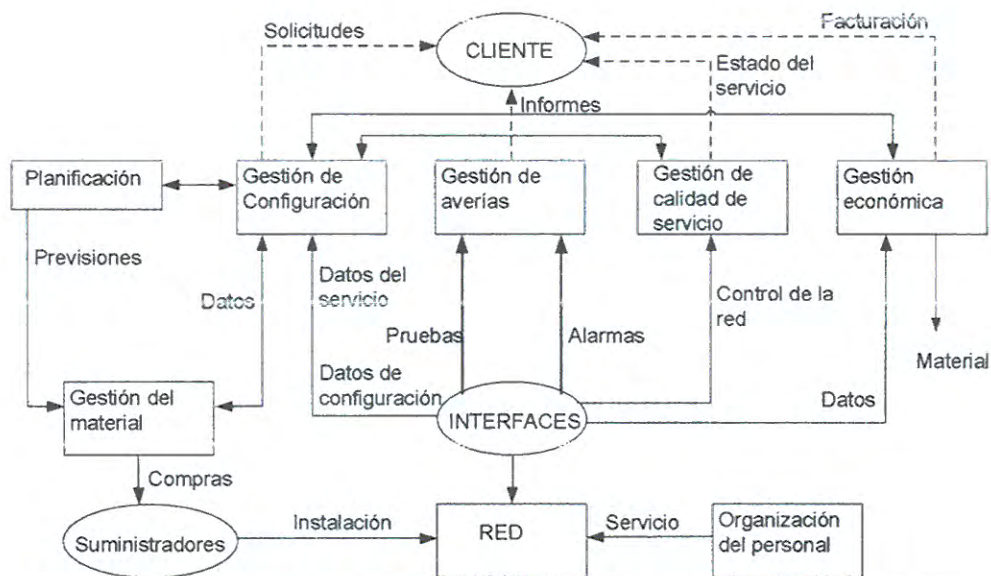


Figura 6. Funciones de gestión de una red de comunicaciones

2.2.7.1 GESTIÓN DE CONFIGURACIÓN

Proporciona las funciones necesarias para ejercer un control completo de la red. Incluye actividades como el aprovisionamiento o la instalación.

Dentro de las recomendaciones posiblemente es el área más madura. Los estándares ya definidos son:

Función de manejo de objeto.

Función de manejo de condición.

Función de manejo de relaciones.

2.2.7.2 GESTIÓN DE AVERÍAS O DE MANTENIMIENTO

Conjunto de funciones que permiten la identificación y aislamiento de fallos en la red, así como el disparo de alarmas y mensajes en el Centro de Gestión de la Red. Incluye tareas como la gestión de averías (vigilancia de alarmas, pruebas de equipo, diagnóstico de averías y reparación) o el mantenimiento predictivo (evaluando la degradación paulatina de la calidad del sistema a través de pruebas de equipos que permiten corregir o detectar los problemas antes de que originen un fallo).

Los estándares en esta área son:

Función de reporte de alarmas.

Función de manejo de reporte de evento.

Función de control de registros.

Función de manejo de pruebas.

Clase de prueba de confianza de diagnóstico.

2.2.7.3 GESTIÓN DE CALIDAD DE SERVICIO

Proporciona funciones para evaluar e informar sobre la eficacia de la red o de un elemento de ella. Su papel es la recopilación de datos estadísticos con el fin de evaluar el comportamiento de la red. Usualmente opera a través del establecimiento de niveles de calidad de servicio, dentro de los cuales deberá encontrarse la red en todo momento. Incluye actividades como:

Recolección de estadísticas de calidad desde los objetos gestionados en la red de comunicaciones.

Creación y mantenimiento de un conjunto histórico de datos estadísticos de la calidad de la red en función del tiempo.

Análisis de datos actuales y generación de alarmas por falta de calidad.

Desarrollo de criterios de evaluación de calidad.

Análisis de valores actuales frente a los datos históricos, para predecir tendencias a largo plazo.

2.2.7.4 GESTIÓN ECONÓMICA

Soporta un conjunto de funciones que permiten medir la utilización del servicio de la red y determinar los costes de dicha utilización.

Debe ser capaz de evaluar los costes de cada uno de los servicios

y equipos accesibles y de establecer los parámetros de facturación para su uso.

2.2.7.5 GESTIÓN DE SEGURIDAD

Responsable de la protección de la red a través del control de acceso a la misma para evitar abusos, sabotajes o accesos no autorizados.

Incluye aspectos tales como:

Distribución de las informaciones relativas a la seguridad, tales como claves, encriptado y niveles de acceso.

Recolección de información relacionada con la seguridad: accesos indebidos, mantenimiento y puestas al día de claves, etc.

Definición control e instalación de los mecanismos y servicios relacionados con la seguridad.

Aparte de estas cinco áreas de gestión, aceptadas por todo los estándares, existen otras funciones que se añadirán en un futuro próximo:

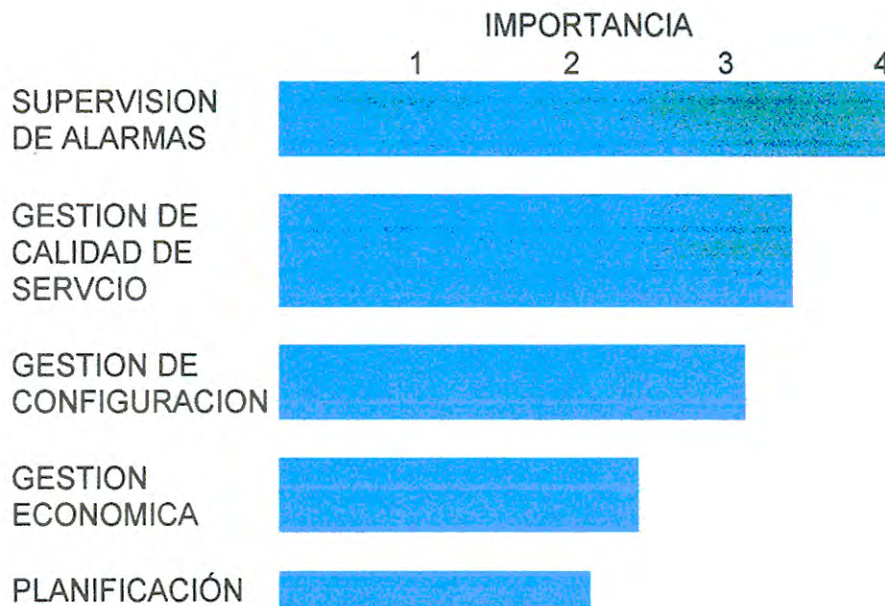
Planificación de recursos y servicios.

Organización de las actividades del personal que interviene en la gestión.

Gestión del material empleado en el mantenimiento de la red.

Resulta difícil establecer, de una manera objetiva, la importancia relativa de cada una de las funciones implicadas en la gestión de la red, debido a la gran heterogeneidad del entorno.

Importancia relativa de las funciones de gestión



Las gestiones actuales de las redes de telecomunicaciones viene marcada por la estrecha relación existente entre cada servicio ofertado y el recurso específico de la red que lo hace posible, de modo que en dichas redes se han desarrollado una gran cantidad de áreas de solapamiento de estructuras de gestión que operan sobre equipos distintos, llevando a cabo funciones similares, todo ella ha motivado que la tarea de gestión sea ineficiente.

Las razones de este solapamiento vienen impuestas tanto por la coexistencia de equipos de muy distinta tecnología, como por la

presencia de una gran cantidad de suministradores que imponen su propio entorno de gestión, dando lugar a una casi nula interoperabilidad entre las distintas soluciones.

La aproximación tradicionalmente empleada al problema de gestión se basa en el establecimiento de una relación del tipo "maestro-esclavo" entre el sistema de gestión y cada uno de los elementos de la red. Dichos elementos poseen típicamente pocas posibilidades de control autónomo, así como también, una escasa capacidad de decisión más allá de la simple transmisión de la información. Por tanto el sistema de gestión es el responsable de procesar todo el conjunto de datos suministrados por cada elemento individual de la red, de tomar todas las decisiones y de dar las instrucciones necesarias a cada elemento de la red para que lleve a cabo cualquier acción específica.

Este tipo de relación maestro-esclavo da lugar a ineficiencias en la gestión, entre las que pueden mencionarse:

No aprovechamiento de los datos por la gestión de distintos elementos. Necesidad de un interfaz específico para los equipos de cada suministrador.

Dificultades para la integración de nuevos equipos o servicios.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es descriptiva, correlacional y explicativa.

Es descriptiva porque mostrará en condiciones normales de operatividad de la red al operador informaciones que de tipo tecnológico, pudiendo recolectar información de los elementos de la red.

Es correlacional porque mediante el mantenimiento podrá brindar un servicio de comunicación con calidad, utilizando las herramientas con gestión en conocimiento.

Es explicativa debido a que determinará las causas de las fallas y/o errores en la red.

La literatura abordada, de las principales empresas anteriormente citadas, ha evolucionado atendiendo su gestión propietaria, lo que ha motivado su desventaja en poder integrarse, en diferentes operadoras.

El volumen de suministro de equipos de comunicaciones ha motivado la creación de sistemas diferentes de gestión y coberturas, algunos cumpliendo lo mínimo necesario.

Como se ha podido observar la evolución de la gestión en la red de telefonía Peruana, puedo decir que el razonamiento del operador se ha modificado; porque anteriormente, ante una anomalía tenía que suponer y demandar un tiempo grande de análisis para diagnosticar, reparar y levantar la anomalía. Todas estas tareas han sufrido cambios, motivados por la tecnología, podemos citar que en la actualidad un operador dispone de un terminal u otra interfaz visual, impresoras, y otros.

Con la asistencia de Telefónica de España en la actualidad se dispone de sistemas de gestión para el área de conmutación, energía, transmisiones, y en cada caso se dispone de personal en turno.

3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para desarrollar la presente investigación se ha trabajado con la propuesta del modelo de sistemas expertos en combinación con el modelo espiral de ingeniería.

En la figura 3.1 se puede observar las fases de la metodología de investigación.

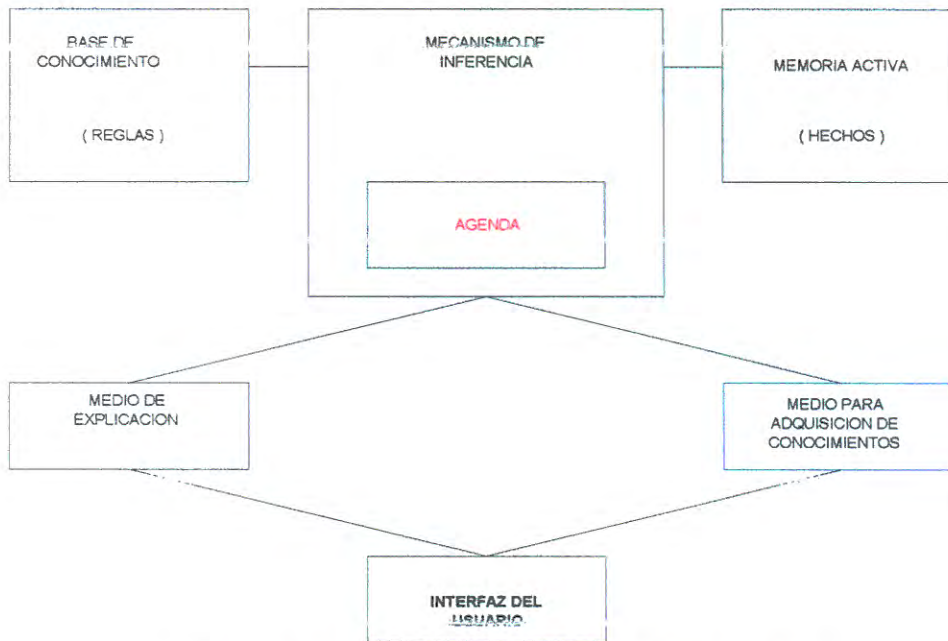


Figura 7: Esquema del método de investigación

3.2.1 ANÁLISIS DEL ÁMBITO DE ACTUACIÓN DEL SISTEMA

Estará facilitando las tareas de detección, localización, reparación y verificación de averías, concretándose en:

Selecciones de la información relevante.

Sugerir posibles fallas, pruebas a realizar, interpretación y verificación de resultados.

Facilitar la selección de recursos a utilizar en cada momento: instrumentos de medida, componentes a sustituir, etc.

Informar sobre el uso de herramientas complejas, tanto hardware, como en software.

Realizar una síntesis del proceso de averías.

3.2.2 PLANIFICACION

Debido a que el sistema experto es parte integrante de la investigación de manera esencial, consideraría lo siguiente.

- Construcción de un sistema basado en conocimiento
Por razonamiento, abstracción del dominio y experiencia del experto.
- Solución del problema en tiempo real mediante un sistema de software, por medios conceptuales y formales.
- El sistema debe de ser desarrollado en ambientes de cooperación, conceptual y diseño.

3.3.3 ANALISIS DE RIESGO

Identificación de los riesgos

Tamaño, características, proceso, entorno, tecnología y experiencia

3.2.4 INGENIERIA

Las tareas sugeridas para construir son.

Estructura de los bloques funcionales

Arquitectura del Sistema.

3.2.5 CONSTRUCCION Y ADAPTACION

Las siguientes tareas a realizar

Descomponer la representación conceptual, los requerimientos externos en una serie de bloques funcionales.

Transformar dichos bloques funcionales en elementos de diseño.

Componer los elementos de diseño en un conjunto de bloques funcionales para lograr la arquitectura del sistema.

3.2.6 EVALUACION DEL SISTEMA

En lo siguiente: Unidad, Integración, Validación, Prueba funcional y Profundidad del razonamiento.

MODELO DEL DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

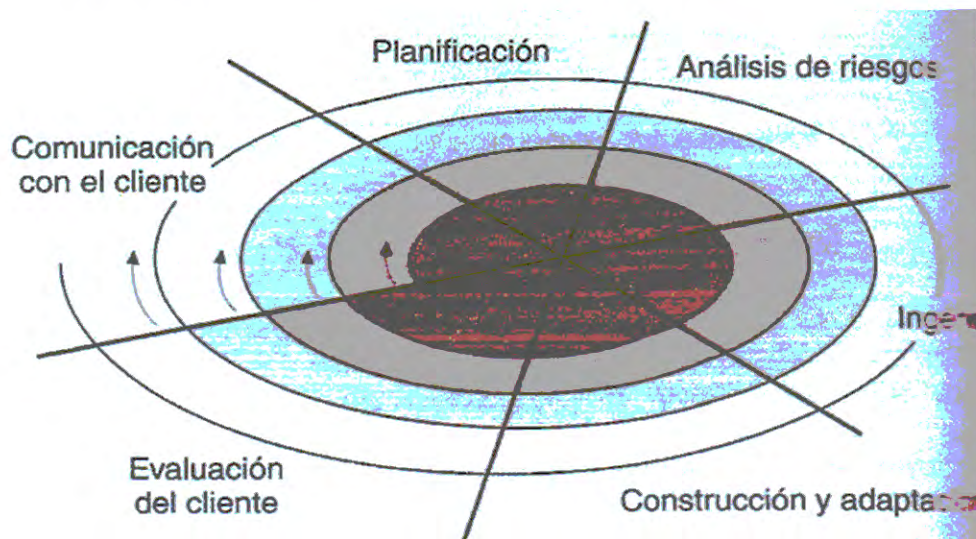


Figura 8 Modelo del diseño de la investigación

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

4.1 DESCRIPCIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO

Para especificar el objeto de estudio y definir su ámbito de aplicación se ha realizado un análisis deductivo, es decir un análisis a partir de problema general hasta llegar a un problema específico.

Identificación de los errores en los tramos. La topología que tiene la red de comunicaciones es variado, pues a nivel local se tiene sub redes con una topología lineal de conexión, y a nivel global que puede ser conexiones a nivel provincial o país, la topología es combinada. El problema es en la topología múltiple (cuando es lineal, estrella o anillo) pues cuando ocurre un corte de la transferencia de la información no se puede identificar de manera inmediata el tramo donde ha ocurrido el problema y para ello es necesario utilizar algoritmos de búsqueda definiendo criterios e indicadores para identificar el tramo en el cual ha ocurrido el corte.

Una vez que se ha identificado el tramo donde ocurre el error, se tiene que detectar el componente donde ocurre el error que puede ser el nodo fuente, nodo destino o el canal. Naturalmente cada uno de estos

componentes tiene indicadores para detectar el origen del corte que es mostrado a través de un sistema.

Una vez que se identifica el error que puede ser el nodo origen, nodo fuente o el canal de comunicación; se tiene que detectar el equipo que tiene problemas que puede estar ubicado en el nodo fuente, nodo destino o canal de comunicación. En caso que la falla se encuentra en uno de los nodos, se tiene que bajar a un quinto nivel de detalle que consiste en identificar la pieza del equipo que está fallando.

En síntesis, al analizar por niveles para identificar el origen de la falla cuando ocurre un problema de corte de la transmisión de datos en la red de telefónica; para cada nivel se tiene que desarrollar un solución distinta en base a los manuales y a la plataforma que lo soporta.

Debido a la frecuencia de cortes que se presenta en el canal de comunicación, debido a las variables que no están bajo el control del personal que administra la red; se ha construido un sistema experto para identificar los niveles de la calidad de la transferencia de la información y con dicha información prevenir el corte en caso que la falla ocurra en el canal de comunicación.

Para construir el sistema experto, no solo se ha utilizado los operadores lógicos que definen las reglas del motor de inferencia. Debido a la precisión de la interpretación de los datos que se necesita y que un pronóstico errado genera segundos de corte y en consecuencia esto

repercute en ingresos por los servicios que no da y que el final es dinero perdido. Se trabajó con lógica difusa para lograr mayor precisión en el pronóstico de los errores y así mantener un servicio de calidad en la transferencia de la información en los diferentes nodos de la red telefónica.

Para construir un sistema experto basado en lógica difusa; se ha utilizado un esquema que tiene tres fases y son: Fusificación, sistema de inferencia y defusificación. Fusificación consiste en sincretizar las entradas numéricas en variables cualitativas. El sistema de inferencia consiste en definir las reglas de inferencia en la cual es el proceso complejo de deducción del significado. Finalmente la defusificación consiste en interpretar la salida sujeto a una variable de decisión el cual tiene un indicador de pertenencia.

4.2 FUSIFICACION DE LOS PARAMETROS DE ENTRADA

De acuerdo al manual del ITU-T G.826 – (12/2002) (TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION OF ITU – SERIE G) se tiene indicadores de desempeño para medir la calidad de transmisión de datos.

Tabla 1 Indicadores para medir la calidad de la transmisión de datos según el manual ITU-T G.826 – (12/2002) (TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION OF ITU – SERIE G)

Rate	Connections	Paths				
	64 kbit/s to primary rate (Note 4)	1.5 to 5 (Mbit/s)	> 5 to 15 (Mbit/s)	> 15 to 55 (Mbit/s)	> 55 to 160 (Mbit/s)	> 160 to 3500 (Mbit/s)
Bits/block	Not applicable	800-5000	2000-8000	4000-20 000	6000-20 000	15 000-30 000 (Note 2)
ESR	0.04	0.04	0.05	0.075	0.16	(Note 3)
SESR	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
BBER	Not applicable	2×10^{-4} (Note 1)	2×10^{-4}	2×10^{-4}	2×10^{-4}	10^{-4}

NOTE 1 – For systems designed prior to 1996, the BBER objective is 3×10^{-4} .

NOTE 2 – As currently defined, VC-4-4c (ITU-T Rec. G.707/Y.1322 [3]) is a 601 Mbit/s path with a block size of 75 168 bits/block. Since this is outside the recommended range for 160-3500 Mbit/s paths, performance on VC-4-4c paths should not be estimated in-service using this table. The BBER objective for VC-4-4c using the 75 168 bit block size is taken to be 4×10^{-4} .

4.5 Error performance events for paths⁴

4.5.1 errored block (EB): A block in which one or more bits are in error.

4.5.2 errored second (ES): A one-second period with one or more errored blocks or at least one defect.

4.5.3 severely errored second (SES): A one-second period which contains $\geq 30\%$ errored blocks or at least one defect. SES is a subset of ES.

Consecutive Severely Errored Seconds may be precursors to periods of unavailability, especially when there are no restoration/protection procedures in use. Periods of consecutive Severely Errored

Fuente: Manual REC – ITU-T G.826.

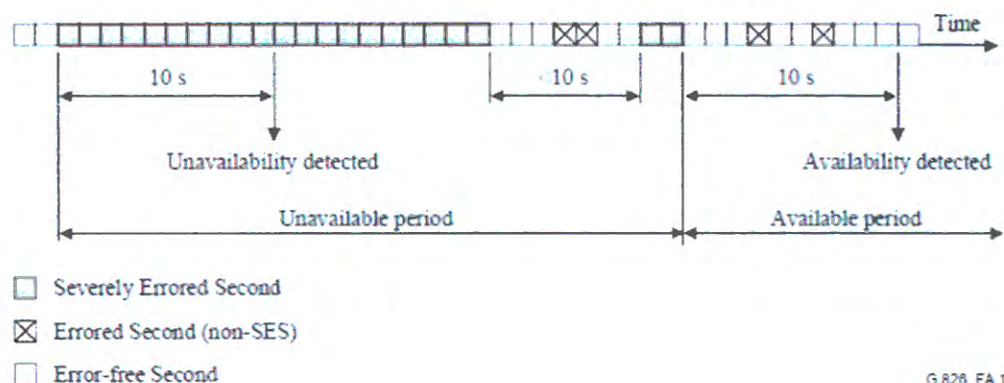


Figura 9 Ejemplo de determinación del periodo no disponible de transmisión

En la figura 9 se puede observar como ocurre los problemas de transferencia de datos y como se identifica el periodo en la cual no está disponible la red medido en segundos.

En la figura 9 se presenta la fusificación de las variable Segundo Errados y se ha definido de acuerdo a los valores que permitan tomar decisiones y son: Mínimo, Aceptable, Degradable y Crítico. Como se puede observar estos valores están fusificados en un rango de 225 hasta llegar a límite máximo de evaluación que es de 900 segundos (15 min)

Periodo de evaluación: El periodo estándar de análisis de la transmisión de datos para verificar la calidad y de acuerdo a la plataforma de ALCATEL (Sistema de reporte) es de quince minutos.

Definición de indicadores de desempeño:

Errored Second (ES): uno de los indicadores es los segundos errados en un determinado periodo. Este indicador evalúa la calidad de transmisión de datos de la red de telefónica.

Errored Block (EB): otro de los indicadores que se utiliza para medir la calidad de la transmisión de datos son los bits errados que existe un bloque de transmisión de datos.

Ambos indicadores son numéricos y es necesario fusificar. Para fusificar por la naturaleza de las variables se utilizará la función trapezoidal. Se define cuatro rangos para cada variable de entrada.

Fusificación del indicador de desempeño de Segundos Errados

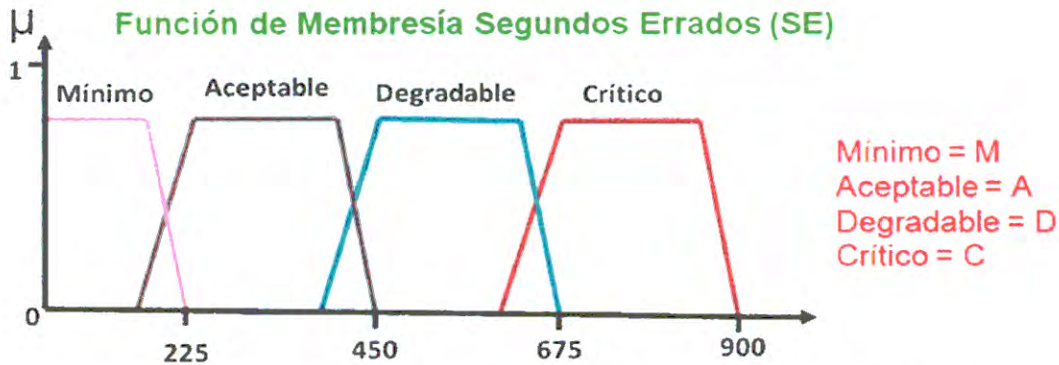


Figura 10. Fusificación del indicador Segundo Errados

Es necesario tener una definición clara de cada valor fusificado del indicador de segundos errados.

Mínimo: Es la cantidad mínima de segundos en la cual no hay comunicación entre dos nodos de una red.

Aceptable: La frecuencia de segundos errados incrementa en un rango de 226 y 450 el cual de acuerdo al manual se considera aceptable.

Degradable: Se considera degradable cuando la sumatoria de segundos errados está en un periodo de 900 segundos y se encuentra en el rango de 450 a 675.

Crítico: Se considera crítico cuando la sumatoria de segundos errados en un periodo de 900 segundos se encuentra en un rango de 675 a 900.

A medida que va subiendo la sumatoria de segundos errados en periodo de evaluación de 15 minutos, la transferencia de datos se vuelve un lento, pues los paquetes que se perdieron en los canales de comunicación tienen que ser enviados nuevamente.

Fusificación de los Bits Errados

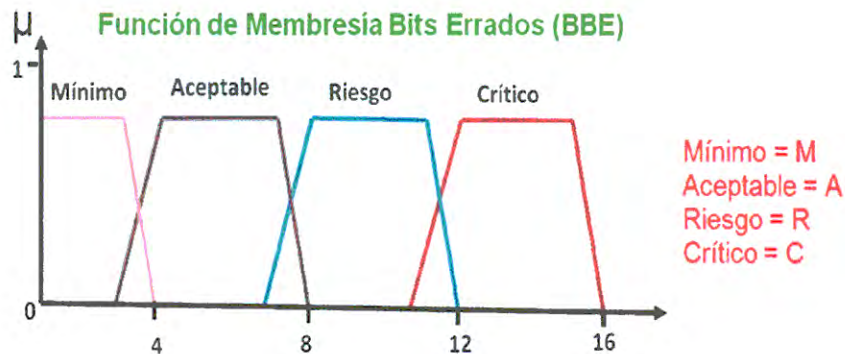


Figura 11. Fusificación del Indicador de Bist Errados (BEE)

En la figura 11 se presenta la fusificación de las variables Bits Errados y se ha definido de acuerdo a los valores que permitan tomar decisiones y son: Mínimo, Aceptable, Riesgo y Crítico. Como se puede observar estos valores están fusificados en un rango de 0 hasta llegar a límite máximo de evaluación que es de 16 mil Bits Errados

Es necesario tener una definición clara de cada valor fusificado del indicador de bits errados.

Mínimo: Se considera mínimo de bits errados cuando la cantidad de bits errados en un se encuentra un rango de 0 a 4 mil bits errados.

Aceptable: Se considera aceptable cuando la cantidad de bits errados se encuentra un rango de 4 a 8 mil bits errados.

Riesgo: Se considera riesgo de corte cuando la cantidad de bits errados se encuentra un rango de 8 a 12 mil bits errados.

Crítico: Se considera crítico cuando la cantidad de bits errados se encuentra un rango de 12 a 14 mil bits errados.

De manera similar al indicador anterior, a medida que va subiendo la sumatoria de bits errados, la transferencia de datos se vuelve un lento, pues los paquetes que tienen bits errados tienen que ser enviados nuevamente.

4.3 DEFINICION DE FUNCION DE IMPLICACION

Para calcular el nivel de calidad del medio de transmisión e interpretar de acuerdo al grado de decisión, es necesario definir una función de implicación. Por la naturaleza de la variable se ha trabaja con la función triangular.

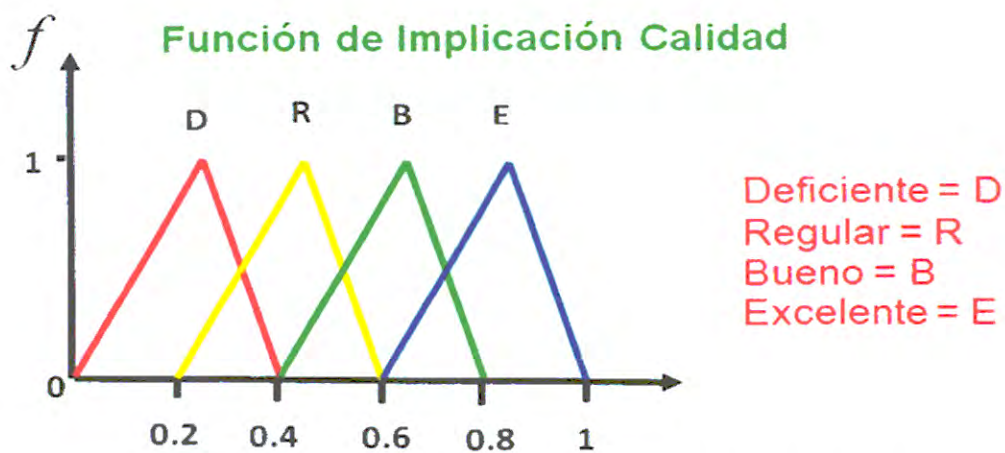


Figura 12. Función de Implicación para defusificar y medir la calidad del medio de transmisión.

La función que se utiliza para defusificar la calidad del medio de transmisión es la triangular tal como se muestra en la figura 12. Los

valores para medir la calidad de medio de transmisión son: Deficiente, Regular, Bueno y Excelente.

Calidad deficiente: es cuando la cantidad de bits errados es demaseado (crítico) y la cantidad de segundos errados también es crítica.

Calidad Regular: es cuando la cantidad de bits errados se encuentra el rango de riesgo y la la cantidad de segundos errados se encuentra en el rango degradable.

Calidad Buena: es cuando la cantidad de bits errados se encuentra el rango de bueno y la la cantidad de segundos errados se encuentra en el rango degradable.

Calidad Excelente: es cuando la cantidad de bits y segundos errados es aceptable (mínima)

En esta definición de los valores de la calidad del medio de transmisión está en función de los valores de las variables segundos y bits errados.

4.4 DEFINICION DE LAS REGLAS DIFUSAS: METODO DE IMPLICACION

Es esta etapa se define las reglas difusas de acuerdo a los valores definidos de la calidad del medio de transmisión, bits errados y segundos errados. Aquí se formulan las reglas en base a la experiencia y análisis del experto.

La forma que se plantean las reglas difusas es por medio de una tabla bidimensional para visualizar los valores de las variables independientes y como esta influyen en la dependiente.

Operadores AND, OR o NOT para definir las reglas difusas

Los tipos de operadores que se utilizaron para definir las reglas difusas son: AND (min) OR (max) NOT, y su expresión matemáticas es:

Operador AND

$$\text{AND } \mu_C(\mathbf{X}) = \min(\mu_A(\mathbf{X}), \mu_B(\mathbf{X})) = \mu_A(\mathbf{X}) \cap \mu_B(\mathbf{X})$$

Operador OR:

$$\text{OR } \mu_C(\mathbf{x}) = \max(\mu_A(\mathbf{x}), \mu_B(\mathbf{x})) = \mu_A(\mathbf{x}) \cup \mu_B(\mathbf{x})$$

Operador NOT:

$$\text{NOT } \mu_{\bar{A}}(\mathbf{x}) = 1 - \mu_A(\mathbf{x})$$

Entonces se utilizó estos operadores y se definió las reglas difusas para medir la calidad del medio de transmisión. En la tabla 4.1 se presente las reglas difusas.

Tabla 1. Definición de Reglas Difusas IF – THEN (Método de Implicación)

		ES (SEGUNDOS- ERRADOS)			
		MINIMO	ACEPTABLE	DEGRADABLE	CRÍTICO
BBE (BITS ERRADOS)	MINIMO	E	B	R	D
	ACEPTABLE	B	B	R	D
	RIESGO	R	R	D	D
	CRITICO	D	D	D	D

Fuente propia

De la tabla 2 se puede deducir las reglas difusas de la calidad del medio de transmisión. Veamos un ejemplo.

Regla difusa 1:

SI

[(Segundos Errados es **MINIMO**) Y (Bits Errados es **MINIMO**)]

ENTONCES

(La Calidad del Medio de Transmisión es **EXCELENTE**)

Reglas difusa 2

SI

(Segundos Errados es **MINIMO**) Y [(Bits Errados es **ACEPTABLE**) O (Bits Errados es **RIESGO**)]

ENTONCES

(La Calidad del Medio de Transmisión es **BUENA**)

Regla difusa 3:

SI

[(Segundos Errados es **CRITICO**) Y (Bits Errados es **CRITICO**)]

ENTONCES

(La Calidad del Medio de Transmisión es **DEFICIENTE**)

4.5 DEFINICION DE ACCIONES PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS

Ahora, de acuerdo a las reglas difusas definidas se plantean acciones a seguir.

Por cada regla difusa se asocia una o mas acciones.

Asociaremos las acciones a cada regla definida anteriormente. Estas acciones son definidas de acuerdo al manual.

Regla difusa 1:

SI

[(Segundos Errados es **MINIMO**) Y (Bits Errados es **MINIMO**)]

ENTONCES

(La Calidad del medio de transmisión es **EXCELENTE**)

POR LO TANTO EJECUTAR

ACCIÓN: **Solo Observar**, consideré continuar con mantenimiento predictivo (planeado).

Reglas difusa 2

SI

(Segundos Errados es **MINIMO**) Y [(Bits Errados es **ACEPTABLE**) O (Bits Errados es **DEGRADABLE**)]

ENTONCES

(La Calidad del medio de transmisión es **BUENA**)

POR LO TANTO EJECUTAR

ACCIÓN 1: Realizar el mantenimiento preventivo, es decir hacer lecturas por tramo, haciendo un análisis de la calidad del enlace con equipos de medición en la jerarquía del medio de transmisión

ACCIÓN 2: Se revisará si el factor tiempo (vida promedio) del medio de transmisión es relevante.

Regla difusa 3:

SI

[(Segundos Errados es **CRITICO**) Y (Bits Errados es **CRITICO**)]

ENTONCES

(La Calidad del medio de transmisión es **DEFICIENTE**)

POR LO TANTO EJECUTAR

ACCIÓN CORRECTIVA 1: Focalizar la falla ubicando el nodo.

O

ACCIÓN CORRECTIVA 2: Verificar que el cable(conexión) no esté cortado.

4.6 RESULTADO FINAL DEL RAZONAMIENTO

Ahora procederemos a validar el resultado del razonamiento de acuerdo a los valores de entrada (bits y segundos errados) y los valores de la calidad del medio de transmisión.

Paso 1: definimos el espacio de trabajo para el razonamiento de acuerdo a la tabla bidimensional donde se visualizan los valores de la calidad del medio de transmisión de acuerdo a las variables de entrada.

Tabla 2. Espacio de trabajo para el razonamiento

		ES (SEGUNDOS- ERRADOS)			
		MINIMO	0,40	0,60	CRÍTICO
BBE (BITS ERRADOS)	MINIMO	E	B	R	D
	0,75	B	B	R	D
	0,25	R	R	D	D
	CRITICO	D	D	D	D

Paso 2. De acuerdo al espacio de razonamiento se aplica los operadores AND, OR o NOT, para este razonamiento aplicaremos el operador AND que consiste en escoger el mínimo de los valores de entrada.

Tabla 3. Aplicación del operador AND

		ES (SEGUNDOS- ERRADOS)			
		MINIMO	0,40	0,60	CRÍTICO
BBE (BITS ERRADOS)	MINIMO	E	B	R	D
	0,75	B	0,40	0,60	D
	0,25	R	0,25	0,25	D
	CRITICO	D	D	D	D

Paso 3: Agregación. El paso de agregación consiste en calcular los valores para la variable calidad del medio de transmisión

Tabla 4. Aplicación del operador AND

		ES (SEGUNDOS- ERRADOS)	
		0,40	0,60
BBE (BITS ERRADOS)	MINIMO	B	R
	0,75	B	R
	0,25	R	D
	CRITICO	D	D

		ES (SEGUNDOS- ERRADOS)	
		0,40	0,60
BBE (BITS ERRADOS)	MINIMO	B	R
	0,75	0,40	0,60
	0,25	0,25	0,25
	CRITICO	D	D

En la tabla 5 se observa el cálculo de los valores para la función de implicación utilizando el operador AND.

La función de implicación para este ejemplo sería:

$$f = \{D R R B\}$$

Luego, reemplazando los valores de la tabla 5 en la función de implicación se obtiene el vector:

$$f = \{0,25 \ 0,25 \ 0,60 \ 0,40\}$$

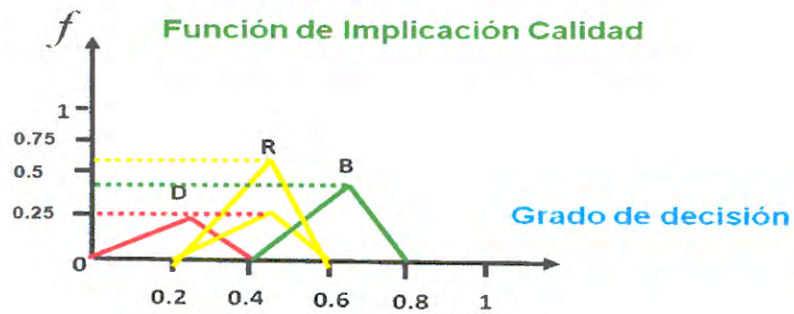


Figura 13. Gráfica de los valores obtenidos para la Función de Implicación

Ahora, se utiliza el método centroide para calcular el grado de decisión correspondiente a la variable de la calidad del medio de trasmisión.

$$FD = \frac{\sum \mu D}{\sum \mu} = \frac{\mu EDE + \mu MSDMS + \dots}{\mu E + \mu MS + \dots}$$

$$FD = \frac{0.25 \times 0.2 + 0.25 \times 0.4 + 0.60 \times 0.4 + 0.40 \times 0.6}{0.25 + 0.25 + 0.40 + 0.60} = 0.42$$

En la tabla 6 se muestra el cálculo de los valores de la calidad del medio de trasmisión siguiendo el mismo procedimiento.

Tabla 5. Aplicación del operador AND

Segundos Errados (ES)	Bits Errados (BBE)	Calidad
411	6.82	0.42
468	9.94	0.2
558	7.88	0.222
558	9.94	0.2
292	9.94	0.4
292	0.866	0.6
145	0.866	0.8
358	1.76	0.6
105	1.1	0.8
63.2	0.613	0.8

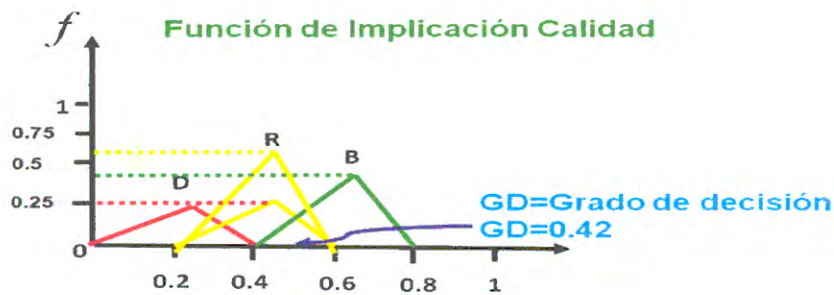


Figura 14. Cálculo del grado de decisión para la variable de calidad del medio de transmisión.

Resultado final del razonamiento: de la tabla 6 se puede obtener el grado de decisión de la calidad del medio de transmisión:

58% La calidad del medio de transmisión es Regular

42% La calidad del medio de transmisión es Bueno

4.7 MOTOR DE INFERENCIA BASADO EN LOGICA DIFUSA

En la figura 15 se presenta el esquema de configurado en el Shell Fuzzy para Obtener la calidad del medio de transmisión del canal de comunicación de telefónica.

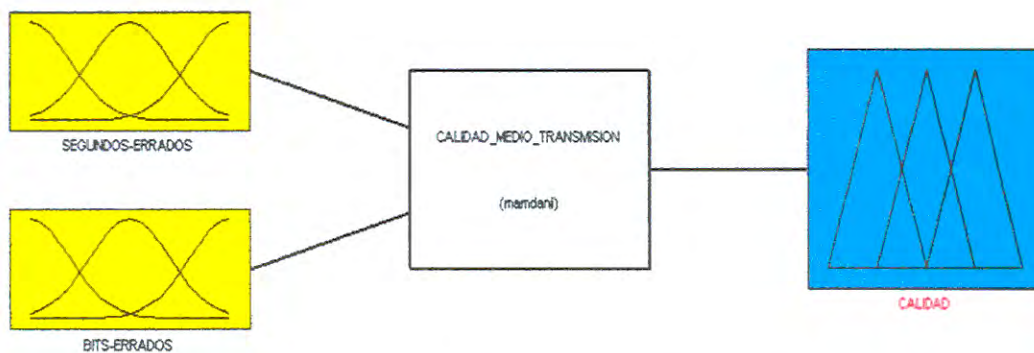


Figura 15. Esquema del Motor de Inferencia para la calidad del medio de transmisión del canal de comunicación de telefónica

Algoritmo del motor de inferencia

[INICIO DEL SISTEMA]

Name='CALIDAD_MEDIO_TRANSMISION'

Type='mamdani'

Version=2.0

NumInputs=2

NumOutputs=1

NumRules=16

AndMethod='min'

OrMethod='max'

ImpMethod='min'

AggMethod='max'

DefuzzMethod='centroid'

[ENTRADA DE DATOS DE LA VARIABLE: SEGUNDOS ERRADOS]

Name='SEGUNDOS-ERRADOS'

Range=[0 950]

NumMFs=4

MF1='MINIMO': 'trapmf', [0 0 150 225]

MF2='ACEPTABLE': 'trapmf', [150 225 375 450]

MF3='DEGRADABLE': 'trapmf', [375 450 600 675]

MF4='CRITICO': 'trapmf', [600 675 825 900]

[ENTRADA DE DATOS DE LA VARIABLE: BITS ERRADOS]

Name='BITS-ERRADOS'

Range=[0 16.5]

NumMFs=4

MF1='MINIMO': 'trapmf', [0 0 3 4]

MF2='ACEPTABLE': 'trapmf', [2.5 4 6.5 8]

MF3='RIESGO': 'trapmf', [6.5 8 10.5 12]

MF4='CRITICO': 'trapmf', [10.5 12 14.5 16]

[SALIDA DEL VALOR DE LA CALIDAD DEL MEDIO DE TRANSMISIÓN]

Name='CALIDAD'

Range=[0 1]

NumMFs=4

MF1='DEFICIENTE':'trimf',[0 0.2 0.4]

MF2='REGULAR':'trimf',[0.2 0.4 0.6]

MF3='BUENA':'trimf',[0.4 0.6 0.8]

MF4='EXCELENTE':'trimf',[0.6 0.8 1]

[CONFIGURACIÓN DE LAS REGLAS DIFUZAS]

1 1, 4 (1) : 1

2 1, 3 (1) : 1

3 1, 2 (1) : 1

4 1, 1 (1) : 1

1 2, 3 (1) : 1

2 2, 3 (1) : 1

3 2, 2 (1) : 1

4 2, 1 (1) : 1

1 3, 2 (1) : 1

2 3, 2 (1) : 1

3 3, 1 (1) : 1

4 3, 1 (1) : 1

1 4, 1 (1) : 1

2 4, 1 (1) : 1

3 4, 1 (1) : 1

4 4, 1 (1) : 1

[FIN DEL SISTEMA]

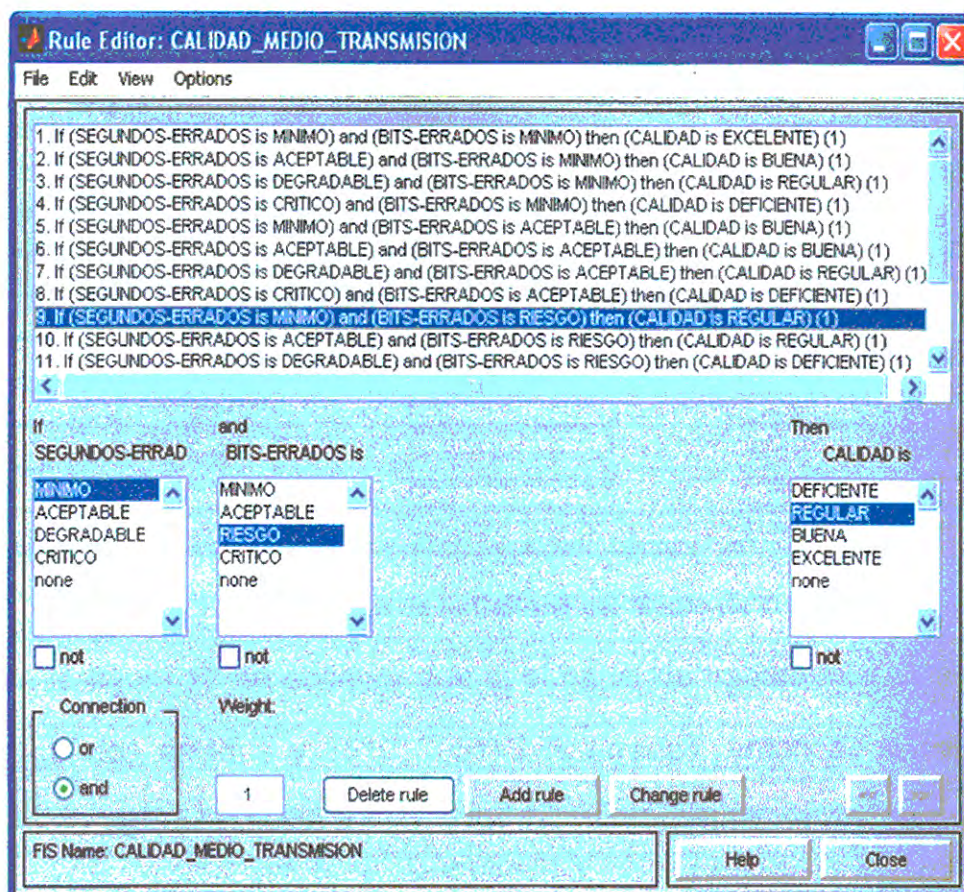


Figura 16. Configuración de las reglas difusas para del Motor de Inferencia

En la figura 16 se observa la configuración de las reglas difusas para el cual se utiliza el operador AND. Para verificar y validar las reglas difusas utilizamos los valores de cada variable de entrada para luego verificar cual es el valor de salida sujeto a la calidad del medio de transmisión.

Simulación de la calidad del medio de transmisión.

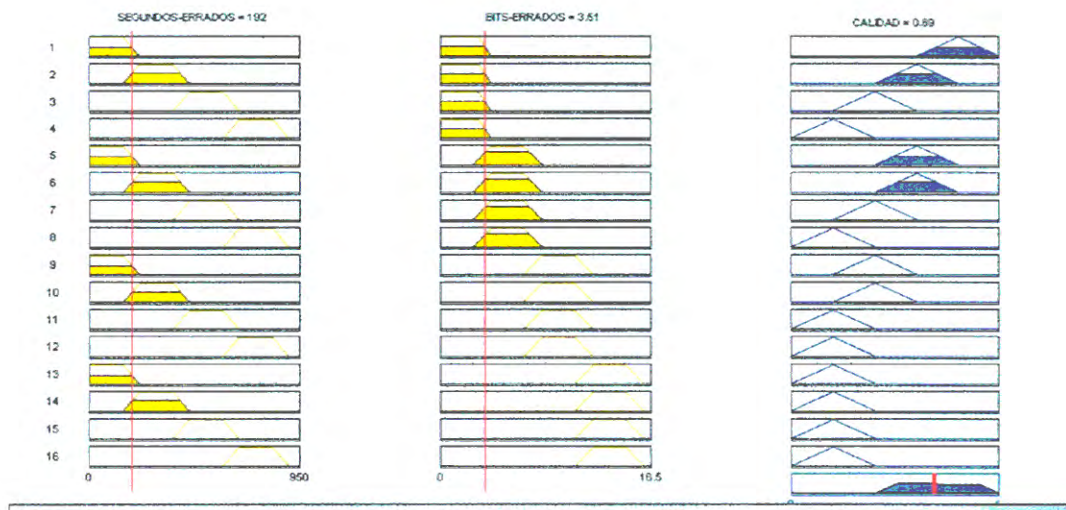


Figura 17. Simulación de la Calidad del Medio de Transmisión

En la figura 17 se observa que si el canal de transmisión presenta 192 segundos errados y 3510 (3.51) bits errados, entonces la calidad del medio de transmisión es de 0.69 del cual se deduce que la calidad es excelente.

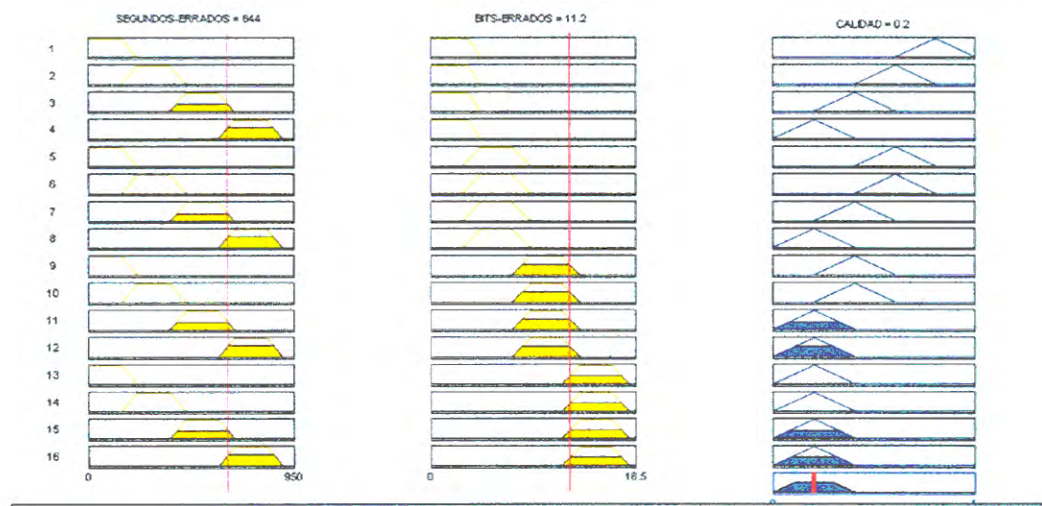


Figura 18. Simulación de la Calidad del Medio de Transmisión

En la figura 18 se observa que si el canal de transmisión presenta 644 segundos errados y 11200 (11.2) bits errados, entonces la calidad del medio de transmisión es de 60% de Regular y 40% deficiente.

La evaluación del sistema para su respectiva validación se realiza con no menos de 10 ejemplos calculando la calidad del medio de transmisión y corroborando por el experto para luego integrar con los sistemas existentes.

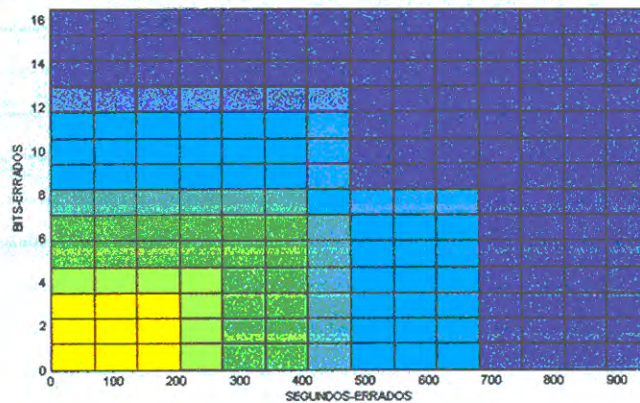


Figura 19 Esquema bidimensional y la calidad del medio de transmisión.

En la figura 19 se observa colores diferentes que miden la calidad del medio de transmisión. Por ejemplo el color amarillo representa una calidad excelente, el color azul representa una calidad Deficiente o Regular.

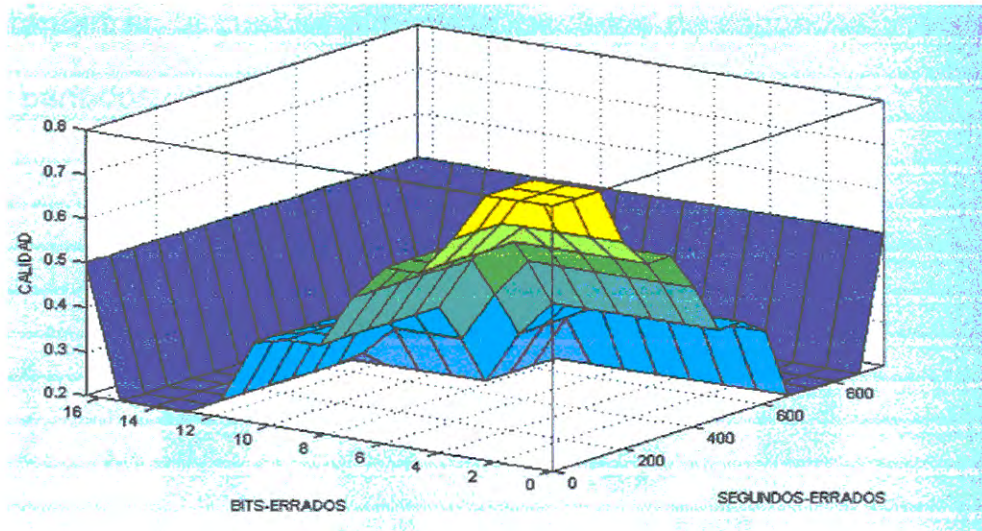


Figura 20. Esquema tridimensional de la calidad del medio de transmisión

En la figura 20 se presenta el esquema tridimensional para verificar la calidad del medio de transmisión. Por ejemplo el color amarillo representa una calidad excelente y debe estar por encima de 0.7, y el color azul representa una calidad deficiente o regular que está por debajo de 0.4.

4.8 DISEÑO DE SISTEMA EXPERTO BASADO EN LOGICA DIFUSA

Finalmente, una vez construido el shell o motor de inferencia, se procede a diseñar la interfaz para el usuario del sistema experto. Para construir dicho sistema ha sido necesario organizarlo en tres partes: diseño de la interfaz gráfica para el usuario final, construcción de un datamart y codificación del sistema experto para el usuario final.

Para construir un sistema experto ha sido necesario diseñar un gráfico simple para una fácil comprensión del usuario, utilizando los resultados del Shell Fuzzy. Para implantar el sistema experto se ha elaborado un

datamart en la cual se almacena los datos de segundos y bits errados, en periodos de 15 minutos.

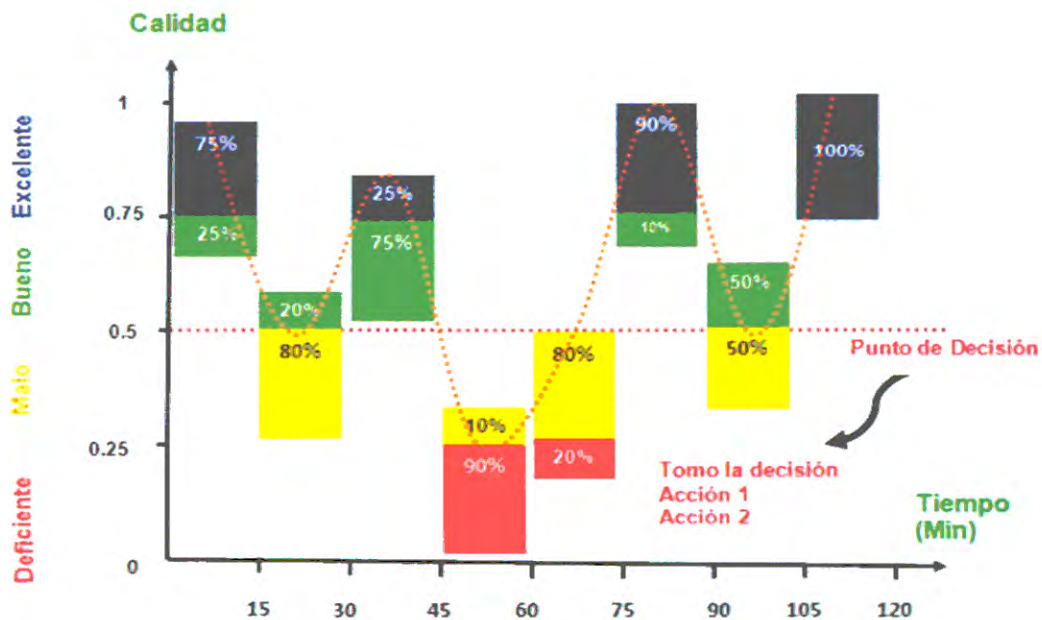


Figura 7. Diseño del monitoreo dinámico de la calidad del medio de trasmisión

En la figura 21 se puede observar el comportamiento de la calidad del medio de transmisión. En este gráfico también se visualiza los valores del grado de decisión que se obtiene a través de la función de implicación. Puesto que las reglas difusas ya están establecidas.

El sistema de monitoreo es dinámico, pues cada quince minutos hace una evaluación de la calidad del medio de transmisión y luego se actualiza para que el usuario se pueda percatar si la trasmisión de datos está en condiciones aceptables o condiciones optimas. Este sistema experto basado en lógica difusa, está asociado a las acciones a ejecutarse de acuerdo a la variación del nivel de la calidad del medio de

transmisión. Estas acciones cambian de acuerdo al estado de la calidad y al grado de decisión.

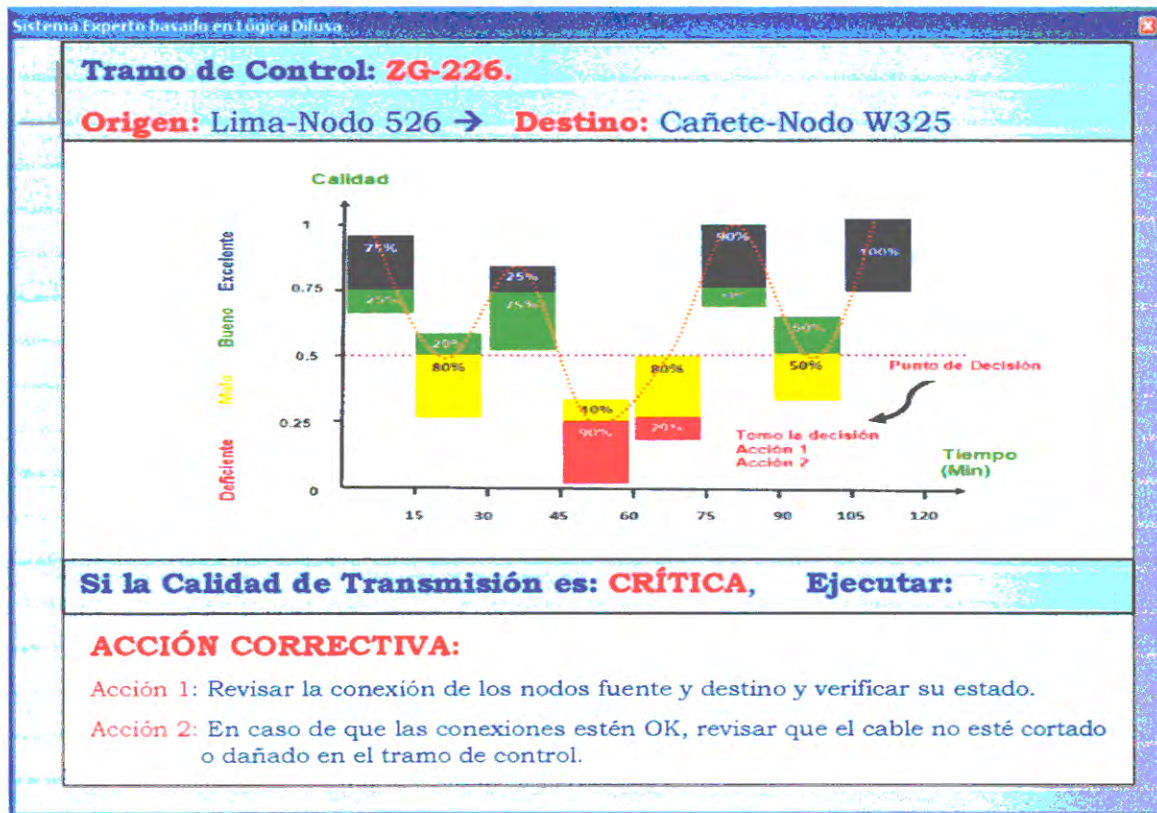


Figure 8. Interfaz del sistema experto para el usuario final

En la figura 22 se presenta la interfaz principal del sistema experto. Esta interfaz está diseñado para realizar un monitoreo continuo y dinámico pues la actualización de la información se da cada quince minutos. El operador debe estar alerta a los cambios de los estado de calidad del medio de transmisión, si la calidad es Crítica, entonces es necesario ejecutar una acción correctiva tal como se muestra en la figura. Luego de que se ejecutan las acciones, en el siguiente periodo de control el estado de la calidad debe estar por encima del 0.5; es decir, la calidad debe ser buena o excelente.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

De acuerdo al manual ITU-T, G826 (TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR OF ITU) las variables críticas de éxito que repercuten de manera directa en la calidad del medio de transmisión son: los segundos y bits errados evaluados en un tramo de quince minutos. Existen otras variables, pero su influencia es indirecta ya que está sujeta a variables que no están bajo el control del personal operativo.

Las variables segundos y bits errados son continuas y no permiten tomar decisiones pues sus resultados son cantidades continuas en rango y periodo determinado. La fusificación o discretización de estas variables en cuatro estados, ha permitido definir los estados de la calidad del medio de transmisión logrando tener una interpretación mucho más precisa para tomar decisiones.

Para definir las reglas difusas y las acciones correctivas y preventivas se han hecho reuniones con el personal que opera diariamente observando la plataforma informática que permite visualizar los indicadores de desempeño

independientes, el planteamiento de las reglas difusas no es tan complejo; sin embargo la complejidad tiene un crecimiento exponencial de acuerdo al número de variables de independientes y también de la cantidad de opciones o valores que tiene cada variable.

El implementar el sistema experto basado en lógica difusa consiste en agregar el indicador del grado de decisión a los resultados de las regla de inferencia, motivo por el cual se llama reglas difusas pues este indicador analiza el grado de pertenencia a una determinada categoría o a un determinado estado de la variable salida. El hecho de tener el indicador del grado de pertenencia asignada a una regla de inferencia, permite al operador tomar decisiones más acertadas y al mismo tiempo optimizar los recursos cuando se ejecuta una acción debido al estado de la calidad del medio de transmisión. Mencionamos optimizar recursos ya que si no se tiene el indicador de pertenencia se puede tomar una decisión no acertada y en consecuencia ordenar o ejecutar una acción. Y cuando se ejecuta una acción naturalmente se utiliza diversos tipos de recursos que en definitiva sería una pérdida la organización si la decisión no fue la acertada.

Por la tanto se puede afirmar que el sistema experto basado en lógica difusa permite identificar los niveles de la calidad del medio de transmisión con mayor precisión y en consecuencia las decisiones que toma el operador para la ejecución de las acciones correctivas o preventivas tienen un bajo nivel de incertidumbre o tienen mayor certeza.

de la calidad del medio de transmisión. De esta experiencia se puede concluir que la riqueza del conocimiento empírico que tiene el personal acompañado de los manuales e información de la plataforma informática ha sido factores claves para identificar con rapidez y de manera precisa las reglas difusas para construir el motor de inferencia, parte integrante del sistema experto "KALM".

Para medir la calidad del medio de transmisión se ha definido cuatro valores que son: Deficiente, Regular, Buena y Excelente; y estos valores se han asociado a una función triangular. El hecho de definir cuatro valores para la calidad de transmisión, ha permitido definir acciones correctivas y preventivas. De manera particular; cuando la calidad se encuentra en un estado deficiente se tiene acciones de urgencia el cual es necesario ejecutar de manera inmediata ya que este estado puede representar un corte total del canal de transmisión. Y cuando la calidad se encuentra en un estado regular, se tiene acciones preventivas que no necesariamente su ejecución tiene que ser inmediata pero si pone en alerta al personal operativo.

Para construir las reglas difusas se ha utilizado un cuadro bidimensional. En las columnas y en las filas se fijan los valores de las variables de entrada. Esta forma de ordenar los valores de la variable de entrada permite definir de manera ordenada y rápida los estados de la calidad del medio de transmisión. Este cuadro de doble entrada permite formular una pregunta clave a los expertos y abstraer su conocimiento para plasmarlo en una regla difusa. Cuando la variable salida depende solo de dos variables

RECOMENDACIONES:

En el manual ITU-T, G826 (TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR OF ITU), existen un conjunto de indicadores para medir el desempeño de la calidad de transmisión de datos. Se recomienda analizar cada indicador de desempeño y su comportamiento durante un periodo mensual para establecer nuevas reglas difusas para la detección de las fallas en los otros componentes de comunicación.

Respecto a los segundos y bits errados que son cantidades continuas en rango y periodo determinado. Se recomienda probar con otras funciones de fusificación y comparar con los resultados de la evaluación de la calidad de transmisión de datos del presente estudio. También, se recomienda fusificar en más escalas para mejorar la precisión de los niveles de la calidad del medio de transmisión.

Para identificar las reglas difusas y las acciones correctivas y preventivas con mayor precisión, se recomienda utilizar una metodología de investigación cualitativa y así registrar todas las acciones pasadas que el personal operativo ha ejecutado y tuvo un éxito. Para validar las reglas difusas cuando se tiene más de dos variables independientes, se

recomienda utilizar un motor de inferencia y validar los resultados con el experto antes de desarrollar el sistema experto.

En esta investigación, para medir la calidad del medio de transmisión se ha definido cuatro valores que son: Deficiente, Regular, Buena y Excelente. Y los rangos asociados a cada valor tienen una distribución equitativa en un periodo determinado. Para futuras investigaciones, se recomienda, trabajar con rangos que no tienen una distribución equitativa. Siendo más específicos, los rangos que están entre dos estados intermedios deben ser más pequeños y el número de rangos siempre debe ser impar.

Cuando se tiene dos variables independientes de entrada, la definición de las reglas difusas se puede mostrar usando un cuadro bidimensional, cuando se tiene tres variables independientes se puede usar un cuadro tridimensional. Pero cuando se tiene más de tres variables debido a los valores o celdas de la variable dependiente que se tiene para definir las reglas, se recomienda definir los que tienen mayor prioridad y son críticas utilizando los operadores AND Y OR, para el resto de valores se recomienda utilizar el operador NOT, de tal forma que no se pierdan la precisión de las variables más críticas.

Se recomienda incluir un modulo de captación de información (factores que intervienen en el mantenimiento) en el sistema experto que integra la información de las otras dos plataformas adicionales de tal forma que el motor de inferencia procesa de modo similar manteniendo las variables.