



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

ANÁLISIS DE LAS ESTACIONES CON MEJOR RESPUESTA SÍSMICA Y
DETECCIÓN DE FLUJOS PARA EL MONITOREO DEL VOLCÁN COTOPAXI,
TOMANDO COMO REFERENCIA LAS NORMAS TL9000, PARA
GARANTIZAR LA CALIDAD DE LOS SISTEMAS DE
TELECOMUNICACIONES.

Autora

Jessica Gabriela Mejía Placencia

Año
2017



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

Análisis de las estaciones con mejor respuesta sísmica y detección de flujos para el monitoreo del Volcán Cotopaxi, tomando como referencia las normas TL9000, para garantizar la calidad de los sistemas de telecomunicaciones.

Trabajo de titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos para optar por el título de Ingeniero en Redes y Telecomunicaciones

Profesor Guía

MSc. William Eduardo Villegas Chiliquinga

Autora

Jessica Gabriela Mejía Placencia

Año

2017

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema elegido y cumpliendo con todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de titulación”

William Eduardo Villegas Chiliquinga
Máster en Ingeniería en Redes
C.C.: 171533826-3

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

Milton Neptali Román Cañizares
Máster en Gerencia de Redes y Telecomunicaciones
C.C.: 0502163447

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”

Jessica Gabriela Mejía Placencia

C.C.: 1718811183

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios por permitirme culminar esta etapa de mi vida, por bendecir mi camino en todo momento y por brindarme una vida llena de aprendizajes y experiencias.

Agradezco a mis padres y hermanos por darme consejos sabios y las pautas para poder realizarme en mis estudios.

A mis abuelitos por ser unos padres para mí, siendo siempre un pilar fundamental en mi vida, apoyándome siempre en las buenas y malas.

A mis tíos por siempre brindarme su apoyo y amor incondicional.

DEDICATORIA

A mi familia por brindarme siempre su comprensión y apoyo incondicional durante toda mi carrera, por sus consejos que me orientaron a tomar las mejores decisiones para mi preparación profesional y por siempre creer en mí.

A mi novio por ser un ejemplo en mi vida y por ser un apoyo incondicional en todo momento.

A la familia Bastidas Vallejo por siempre apoyarme y darme ánimos para seguir adelante.

A mis amigos por siempre estar conmigo en todo momento y compartir todas mis locuras.

RESUMEN

En la actualidad, las telecomunicaciones han ido mejorando constantemente y con ello nace la necesidad de garantizar una buena calidad de servicio y funcionamiento de sus productos; es por eso, que QuEST Forum creó la norma TL9000, persiguiendo un proceso sencillo, con tareas específicas que durará dependiendo del tamaño de la organización y su categoría de productos. (López, 2009)

En el Capítulo 1 se realizará la caracterización de los tipos de estaciones de monitoreo y detección de flujos de lodo del Volcán Cotopaxi. Se darán a conocer los conceptos básicos de la norma de calidad TL9000.

En el Capítulo 2 se realizará la descripción actual y el análisis de cada tipo de estación con los parámetros establecidos de evaluación definido para valorar su calidad y funcionamiento, tomando como referencia a las estaciones con mejor respuesta sísmica.

En el Capítulo 3 se analizará el estado actual de las estaciones en base a los requisitos de norma de calidad TL900.

En el Capítulo 4 se realizará la propuesta de mejoras en base al análisis realizado en los capítulos 1 y 2.

En el Capítulo 5 se darán a conocer las conclusiones y recomendaciones del desarrollo del proyecto de titulación.

ABSTRACT

At present, the telecommunications have been improving constantly and with this arises the need to guarantee a good quality of service and operation of its products; That is why, QuEST Forum created the standard TL9000, pursuing a simple process, with specific tasks that will last depending on the size of the organization and its category of products. (López, 2009)

In Chapter 1 the characterization of the types of stations of monitoring and detection of mud flows of the Cotopaxi Volcano will be carried out. The basic concepts of the TL9000 quality standard will be announced.

In Chapter 2, the current description and analysis of each type of station will be carried out with the established evaluation parameters defined to assess its quality and performance, taking as reference the stations with the best seismic response.

Chapter 3 will analyze the current state of the stations based on the TL900 quality standard requirements.

Chapter 4 will propose improvements based on the analysis in Chapters 1 and 2.

Chapter 5 will present the conclusions and recommendations of the development of the degree project.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Alcance	1
Justificación	2
Objetivos	3
Objetivo General	3
Objetivos Específicos	3
1. CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	3
1.1. Red Sísmica.....	3
1.1.1. Red Sísmica Banda Ancha.....	4
1.1.1.1. Instrumentación sísmica banda ancha	4
a) Sensor	4
b) GPS	6
c) Digitalizador	6
d) Sistema de comunicaciones.....	9
e) Sistema de alimentación	10
1.1.2. Lahares	11
1.1.2.1. Red de flujos de lodo (lahares).....	12
1.2. Herramientas de Software	14
1.2.1. Refttek-RTOMonitor	14
1.2.2. Sipass.....	15
1.2.3. Omniserver Developer.....	16
1.2.4. OPC Systems	16
1.2.5. Total Network Monitor	17
1.2.6. Radio Mobile	17
1.3. Generalidades Norma TL9000	18
1.3.1 Calidad	18

1.3.1.1.	Principios básicos de calidad	18
1.3.1.2.	Alcance de un sistema de calidad	19
1.3.2.	Sistema de Gestión de Calidad TL9000	19
1.3.2.1.	Estructura de la norma TL9000	19
1.3.2.2.	Objetivos de la norma TL9000	20
1.3.2.3.	Propósitos de TL9000	21
1.3.2.4.	Beneficios de la implementación de un sistema de gestión calidad TL9000 en el sector de las telecomunicaciones.....	21
1.3.2.5.	Requisitos y mediciones de la norma de calidad TL9000.....	21
1.3.2.6.	Relación con ISO 9001 y otros requisitos.....	22
1.3.2.7.	Tratamiento y mantenimiento de los manuales TL9000	23
1.3.2.8.	Certificación TL9000.....	23
1.4.	Ciclo de Mejora Continua de Deming o PCDA	23
2.	CAPITULO II. DESCRIPCIÓN ACTUAL DE LAS ESTACIONES SISMICAS BANDAS ANCHAS Y FLUJO DE LODO DEL VOLCÁN COTOPAXI	25
2.1.	Redes de Monitoreo.....	25
2.2.	Estaciones Banda Ancha.....	26
2.2.1.	Ubicación geográfica de las estaciones banda ancha ubicadas en el volcán Cotopaxi	26
2.2.2.	Estado actual de las estaciones sísmicas bandas ancha.....	29
2.2.3.	Definición de parámetros de evaluación para estaciones banda ancha con mejor respuesta sísmica	31
2.3.	Estaciones de Fojos de Lodo (LAHARES)	37
2.3.1.	Ubicación geográfica de las estaciones de flujos de lodo ubicadas en el volcán Cotopaxi	37
2.3.2.	Estado actual de las estaciones de flujos de lodo	39
2.3.3.	Definición de parámetros de evaluación para estaciones de flujos de lodo (lahares) con mejor respuesta sísmica	40
2.4.	Evaluación de las estaciones sísmicas y laharcasen base a parámetros de calidad de servicio	43

2.4.1.	Número de problemas reportados en las estaciones banda ancha y flujos de lodo.....	43
2.4.2.	Captura de datos y análisis de tráfico de la red.....	45
2.4.3.	Evaluación de Indisponibilidad y calidad de la red	47
2.4.4.	Análisis de enlaces.....	51
3.	CAPITULO III. ANÁLISIS DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO DEL VOLCÁN COTOPAXI TOMANDO COMO REFERENCIA LA NORMA DE CALIDAD TL9000	57
3.1.	Métricas TL9000	57
3.1.1.	Requisitos para el uso de métricas.....	57
3.1.2.	Principios para la ejecución de métricas	58
3.1.3.	Responsabilidades de la organización	58
3.2.	Mediciones TL9000	59
3.2.1.	Terminología:.....	59
3.2.1.1.	Medidas comunes	59
3.2.1.2.	Medidas de interrupción:	60
3.2.1.3.	Medidas de tasa de retorno de equipos defectuosos	60
3.2.1.4.	Medidas para la capacidad de tráfico	60
3.2.1.5.	Mediciones de software (SWIM).....	60
3.2.1.6.	Otras mediciones.....	60
3.2.2.	Medición de la Indisponibilidad del Sistema (SO).....	61
3.2.2.1.	Cálculos de indisponibilidad del sistema	62
3.2.3.	Medidas de Interrupción	64
3.2.4.	Medición NPR.....	67
3.2.5.	Medición de desempeño	70
3.2.6.	Medición de recolección de la información.....	71
3.3.	Resumen de mediciones TL9000 aplicadas al sistema de monitoreo del Instituto Geofísico.....	72
3.4.	Verificación con ISO 9001:2000 basado en TL9000.....	74

4.	CAPITULO IV. PLANTEAMIENTO DE MEJORAS	74
4.1.	Planificación, seguimiento y evaluación.....	74
4.2.	Planteamiento de mejoras.....	75
4.2.1.	Establecer procesos bajo normas de calidad	75
4.2.2.	Establecimiento de indicadores de gestión y seguimiento	80
4.2.2.1.	Indicadores de gestión	80
4.2.3.	Control del mantenimiento correctivo y preventivo de la instrumentación	82
4.2.3.1.	Mantenimiento preventivo	82
4.2.3.2.	Mantenimiento correctivo	83
4.2.4.	Control de registros de evaluación y monitoreo	83
4.2.5.	Mejoramiento del monitoreo de red y administración de fallas	84
4.2.5.1.	Monitoreo	85
4.2.5.2.	Análisis	85
4.2.5.3.	Administración de fallas.....	86
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
5.1.	Conclusiones	88
5.2.	Recomendaciones.....	89
	REFERENCIAS	91
	ANEXOS	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de bloques de propuesta de estudio.....	2
Figura 2. Diagrama Instrumentación Sísmica Banda Ancha.....	4
Figura 3. Sismómetro Guralp CMG40T.....	5
Figura 4. Sensor Nanometrics Trillium Compact 120.....	6
Figura 5. Digitalizador Geotech SMART-24.....	7
Figura 6. Digitalizador Q330.....	8
Figura 7. Digitalizador Reftek 130.....	8
Figura 8. Radio Modem IP Serial Ethernet.....	9
Figura 9. Sistema de Alimentación Fotovoltaico.....	10
Figura 10. Lahar del sector Agualongo, Volcán Cotopaxi.....	11
Figura 11. Diagrama Instrumentación de Flujos de lodo (Lahares).....	12
Figura 12. Microcontrolador IGEPN V.2.....	13
Figura 13. Geófono Sercel L-10AR.....	13
Figura 14 . Tarjeta electrónica para estaciones de la red AFM.....	14
Figura 15. Total Network Monitor.....	17
Figura 16. Estructura TL9000.....	20
Figura 17. Ciclo de Mejora Continua de Deming.....	24
Figura 18. Ubicación geográfica de estaciones banda ancha Volcán Cotopaxi. ...	27
Figura 19. Ubicación de una estación banda ancha en el Volcán Cotopaxi.....	29
Figura 20. Ingreso a REFTEK-RTOMonitor, estación sísmica banda ancha Mariscal Sucre.....	32
Figura 21. Parámetros de temperatura, potencia de entrada y de respaldo, estación sísmica banda ancha Mariscal Sucre.....	33
Figura 22. Altitud, Latitud y Longitud de la estación sísmica banda ancha Mariscal Sucre.....	33
Figura 23. Último bloqueo, número de satélites y errores de la unidad GPS, estación Mariscal Sucre.....	34
Figura 24. Intervalos de respuesta, RAM utilizada, espacio utilizado en discos, estación Mariscal Sucre.....	34

Figura 25. Adquisición de datos de las estaciones sísmicas en software SIPASS	35
Figura 26. Registro de estaciones BNAS, BMOR	36
Figura 27. Espectro señal sísmica estación BNAS	36
Figura 28. Situación geográfica de estaciones de lahares, Volcán Cotopaxi.	38
Figura 29. Elección de sitio para estación laharica en Volcán Cotopaxi.	38
Figura 30. Despliegue de parámetros evaluados en la red de lahares, en Omniserver	40
Figura 31. Respuesta de alerta de la estación de flujo de lodo del volcán Cotopaxi	42
Figura 32. Daño de la señal de BREF, volcán Cotopaxi	42
Figura 33. Diagrama de análisis de estado de salud de las estaciones banda ancha del volcán Cotopaxi.	44
Figura 34. Estado de salud de las estaciones de detección de flujos de lodo del volcán Cotopaxi.	45
Figura 35. Captura de tráfico de la red por día.....	46
Figura 36. Captura de tráfico de la red por semana	46
Figura 37. Captura de tráfico de la red por mes	47
Figura 38. Captura de tráfico de la red por año.....	47
Figura 39. Ingreso de equipos a software de monitoreo Total Network Monitor.....	48
Figura 40. Estadísticas de conexión de la estación Bocatoma.....	49
Figura 41. Estadísticas de conexión de la estación BVC2	49
Figura 42. Estadísticas de conexión de la estación BREF	49
Figura 43. Estadísticas de conexión de la estación Mariscal Sucre	50
Figura 44. Estadísticas de conexión de las estaciones de Nasa Y Tambo	50
Figura 45. Enlace Mariscal Sucre Lasso realizado en Radio Mobile.....	52
Figura 46. Enlace Sincholagua_Bocatoma realizado en Radio Mobile	53
Figura 47. Enlace Sincholagua_BREF realizado en Radio Mobile.....	54
Figura 48. Enlace Sincholagua_BVC2 realizado en Radio Mobile	55
Figura 49. Flujo de datos de las métricas TL9000.....	59
Figura 50. Resumen de los problemas reportados en las estaciones del volcán Cotopaxi de la semana de 01 de marzo de 2017.	68

Figura 51. Resumen de los problemas reportados en las estaciones del volcán Cotopaxi de la semana de 06 de marzo de 2017	69
Figura 52. Resumen de los problemas reportados en las estaciones del volcán Cotopaxi de la semana de 13 de marzo de 2017	69
Figura 53. Resumen de los problemas reportados en las estaciones del volcán Cotopaxi de la semana de 20 de marzo de 2017	69
Figura 54. Planificación, seguimiento y evaluación	75
Figura 55. Elaboración del manual de calidad para el Instituto Geofísico	79
Figura 56. Control de gestión	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Coordenadas y descripción de las estaciones sísmicas banda ancha del Volcán Cotopaxi	26
Tabla 2.	Estado actual de las estaciones sísmicas Banda Ancha.....	30
Tabla 3.	Coordenadas y descripción de las estaciones de flujos de lodo del Volcán Cotopaxi	37
Tabla 4.	Estado actual de las estaciones de Flujos de Lodo.....	39
Tabla 5.	Estado de salud de Estaciones Banda Ancha con mejor respuesta sísmica en el volcán Cotopaxi.	43
Tabla 6.	Estado de salud de Estaciones de flujos de lodo con mejor respuesta sísmica en el volcán Cotopaxi.	44
Tabla 7.	Códigos de requisitos TL9000	64
Tabla 8.	Medias de Interrupción.....	65
Tabla 9.	Notación NPR.....	68
Tabla 10.	Medición de desempeño de la información	70
Tabla 11.	Análisis de datos recolectados a tiempo real.....	71

INTRODUCCIÓN

Ecuador se encuentra situado en una región con importante actividad sísmica y volcánica, en donde 31 volcanes son considerados activos, parcialmente activos y en erupción. Lo que hace evidente un alto riesgo asociado, el cual ira aumentando con el crecimiento continuo de la población y de las áreas urbanas.

Por tal motivo, el Instituto Geofísico como encargado del monitoreo de los peligros sísmicos y volcánicos desde el año de 1983, busca mejorar la calidad de sus estaciones para obtener resultados de alta confiabilidad y reducir los efectos provocados por los desastres naturales. (Geofísico I. , 2015)

Es importante mencionar que el Instituto Geofísico mantienen estrechos lasos con los servicios geológicos de otros países como: IRIS, USGS, VDAP, entre otros y nexos de intercambio científico con varias Universidades extranjeras, lo que permite que exista mayor aporte en el desarrollo científico y tecnológico en el Instituto. Actualmente el Instituto Geofísico cuenta con 100 funcionarios que cumplen trabajos de monitoreo y estudio científico. (Geofísico I. , 2015)

Alcance

El proyecto de titulación está orientado a realizar el análisis de las estaciones banda ancha y monitoreo de flujos de lodo, tomando como referencia guía a la norma de calidad TL9000, que se encuentra inmersa de acuerdo a los diferentes tipos de estaciones de monitoreo existentes en el volcán Cotopaxi, obteniendo de esta manera parámetros referenciales que nos aporten con la identificación de las debilidades y fortalezas de cada una de las estaciones. Todo esto con el propósito de iniciar un proceso de certificación en un futuro para el Instituto Geofísico y aplicar mejores prácticas en las diferentes estaciones de monitoreo basadas en el concepto de calidad. A continuación, se identifica en la figura 1 el diagrama de bloques que se propone estudiar:

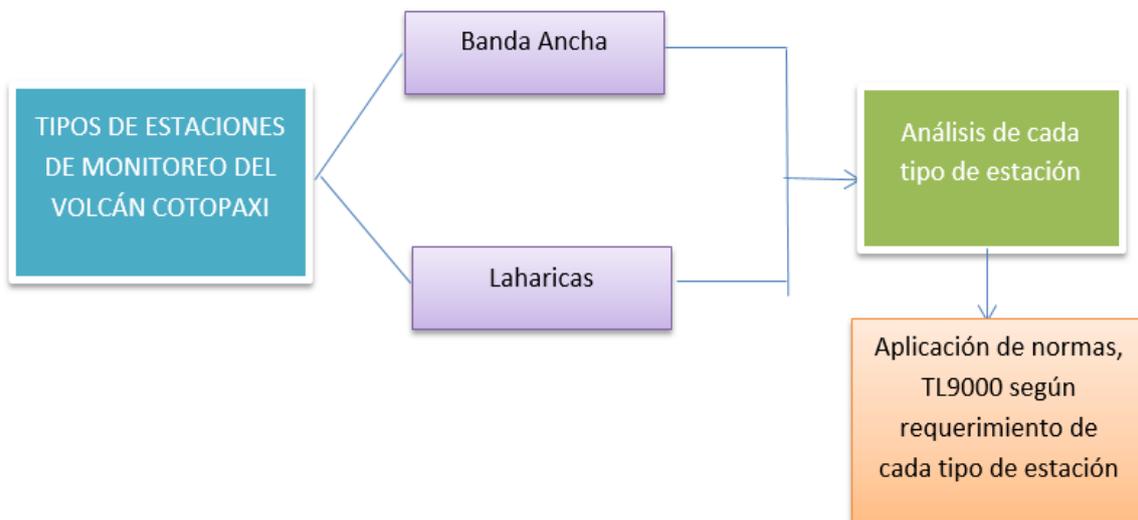


Figura 1. Diagrama de bloques de propuesta de estudio

Justificación

El volcán Cotopaxi, ha presentado en los últimos años mayor incremento en su actividad eruptiva, dado lugar a muy importantes pérdidas socio-económicas en el Ecuador, por lo que la idea de este proyecto nace con la finalidad de mejorar el desempeño y buen funcionamiento de las estaciones, permitiendo de esta manera iniciar en un futuro el proceso de certificación de las mismas, creando de esta manera un impacto de optimización de recursos al Instituto Geofísico.

En este sentido, el desarrollo del presente proyecto permitirá a los estudiantes de la Universidad de las Américas conocer y entender las normas de calidad, siendo capaces de establecer sistemas que resguarden la integridad y el uso de servicios de telecomunicaciones en cualquier tipo de dependencia, definiendo también medidas eficaces en costos y mediciones de desempeño.

Objetivos

Objetivo General

- Analizar las estaciones con mejor respuesta sísmica y detección de flujos para el monitoreo del Volcán Cotopaxi, tomando como referencia las normas TL9000, para garantizar la calidad de los sistemas de telecomunicaciones.

Objetivos Específicos

- Caracterizar los tipos de estaciones de monitoreo sísmico banda ancha y flujos de lodo (lahares).
- Aplicar los parámetros de análisis a los tipos de estaciones establecidos.
- Aplicar los parámetros de evaluación TL9000 para garantizar la mejora continua en los diferentes sistemas de monitoreo.
- Plantear mejoras considerando el análisis del escenario actual y el propuesto con las normas TL9000.

1. CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se describen los tipos de estaciones sísmicas banda ancha y de flujos de lodo, enfatizando en cada una de ellas la descripción de su instrumentación, sistema de alimentación y de comunicación, con la finalidad de conceptualizar las bases de este trabajo de titulación.

1.1. RED SÍSMICA

Una red sísmica está conformada por redes de monitoreo sísmico, estaciones de campo y una estación central, proporcionando datos valiosos que son la base del desarrollo de estudios como: la generación de mapas de peligrosidad

sísmica, monitorización de la actividad volcánica e identificación de sismos artificiales.

1.1.1. Red sísmica banda ancha

La red sismológica de banda ancha fue diseñada con el objetivo de monitorear los sitios de mayor potencial sísmico dentro del volcán Cotopaxi.

1.1.1.1. Instrumentación sísmica banda ancha

La instrumentación sísmica de banda ancha consiste en un sistema de adquisición de datos y sensores conectados a un digitalizador de alta resolución, logrando su sincronización con el tiempo vía GPS. Su sistema de alimentación es fotovoltaico y la comunicación por radioenlaces, a continuación, se muestra en la figura 2 el diagrama de la estructura general de una estación sísmica banda ancha y a continuación una breve descripción de sus elementos.



Figura 2. Diagrama Instrumentación Sísmica Banda Ancha.

Tomado de (Veracruzana, 2017)

a) **Sensor**

Es un instrumento que permite realizar el registro de ondas sísmicas en una amplia banda de frecuencias, con respuesta plana a la velocidad del

suelo entre 0.01 a 30 Hz, y capacidad de registrar sismos locales hasta sismos lejanos, sin problemas de saturación.

Tipos de sensores

- **Sensor guralp CMG40T2**

Guralp CMG40T2 es un sismómetro ligero, como se muestra en la figura 3, compuesto por tres sensores, capaces de medir simultáneamente el norte/ sur, este/oeste y la vertical. Entre sus características principales están las siguientes:

- Sismómetro portátil con mango de elevación y fácil conexión.
- No requiere centrado de masas.
- Es ajustable para reducir bucles de tierra analógicos.
- Salidas de velocidad diferencial de ganancia alta y baja.
- Respuesta de largo periodo: 10, 20, 30,60 y 120 segundos.



Figura 3. Sismómetro Guralp CMG40T.

Tomado de (Guralp Systems, 2012)

- **Sensor nanometrics trillium compact 120**

El Sensor Trillium que se muestra en la figura 4, ofrece buen rendimiento a niveles más altos de frecuencia, menor nivel de ruido y menor consumo

de energía. Permite el centrado de masas motorizado de forma local y remota, simplificando la instalación del mismo.

La página web del sismómetro interno asegura la calidad de los datos con una mayor visibilidad de los controles del estado de salud y de los instrumentos integrados. (Nanometrics, 2017).



Figura 4. Sensor Nanometrics Trillium Compact 120.

Tomado de (Nanometrics, 2017)

b) GPS

Es utilizado como referencia externa de tiempo, frecuencia y posición, para mantener un tiempo exacto durante un largo periodo, trabaja en conjunto con el digitalizador para la sincronización de datos.

c) Digitalizador

Es un dispositivo que se encarga de convertir a formato digital estándar la información analógica, adquirida por el sismómetro, lo que significa que el digitalizador transforma un voltaje a números binarios. Una vez convertida la información a formato digital es transmitida al sistema de comunicaciones para luego ser enviada al centro de control. (Colombiano, 2017)

Tipos de digitalizadores

- **Digitalizador geotech smart-24**

Este digitalizador trabaja en alta resolución, está diseñado para ser instalado en campo donde los datos adquiridos se transmiten en tiempo real, siendo almacenados localmente con opciones inteligentes, que incluyen hasta 40 GB de disco duro. (Geotech Instruments, 2011)

SMART-24 trabaja a través de conexión TCP/IP, ya se encuentre conectado en uno de los puertos serie o Ethernet, o localmente por un computador conectado directamente a una unidad o remotamente a través de un enlace de telemetría. (Geotech Instruments, 2011) Su descripción física la podemos apreciar en la figura 5.



Figura 5. Digitalizador Geotech SMART-24.

Tomado de (Hart, 2008)

- **Digitalizador Q330**

El digitalizador Q330 es un sistema sísmico avanzado de ultrabaja potencia de banda ancha de 3 o 6 canales que incorpora la tecnología de red IP y una grabación flash USB robusta. El Q330 mostrado en la figura 6, utiliza la delta-sigma patentada de 24 bits A/D con DSP, e incluye 32 Mb de RAM, GPS, grabación USB, gestión de energía, control de sensor y

una aplicación avanzada de telemetría para la entrega de datos confiables. (Kinematics, 2015).



Figura 6. Digitalizador Q330.

Tomado de (Geofísico I. , 2017)

- **Digitalizador Reftek 130**

Es un digitalizador de banda ancha, liviano, de bajo consumo y requiere menos mantenimiento que otros grabadores. Su hardware está diseñado para aplicaciones de campo, y el software desarrollado especialmente para soportar tanto operaciones de campo como la estación base. (Trimble, 2017).

El 130S está disponible con tres o seis canales de entrada, utiliza tanto un TCXO de alta precisión como una referencia externa proporcionada por el GPS, como se muestra en la figura 7.



Figura 7. Digitalizador Reftek 130.

Tomado de (Trimble, 2017)

d) Sistema de comunicaciones

En un sistema de comunicaciones el intercambio de datos entre los dispositivos instalados en campo y la estación central son fundamentales. El medio de comunicación utilizado puede ser guiado (cable coaxial, fibra óptica, cable telefónico) o no guiado (microondas, ondas de radio, comunicación satelital), por lo que se debe tener en cuenta la ubicación geográfica.

En el caso de las estaciones del volcán Cotopaxi se utilizan medios no guiados, ya que la transmisión y la recepción de la información se llevan a cabo mediante antenas.

- **Radio modem IP serial ethernet**

En la figura 8 se muestra un radio de 2 puertos seriales y 2 puertos Ethernet, que cumple con la norma NOM-121-SCT-1-2009, muy utilizado para aplicaciones de monitoreo sísmico. Este tipo de radio ofrece conectividad y seguridad inalámbrica para la comunicación de datos a grandes distancias. Ofrece un gran rendimiento de señal incluso en condiciones de RF complicadas.



Figura 8. Radio Modem IP Serial Ethernet.

Tomado de (Ampere, 2015)

e) Sistema de alimentación

Por el lugar en donde se encuentran instaladas las estaciones de monitoreo, se utiliza un sistema de alimentación fotovoltaico (figura 9), en donde actúan elementos como: módulos fotovoltaicos (paneles solares), baterías y reguladores de carga, que trabajan en conjunto para ser energéticamente eficientes.

- **Módulo fotovoltaico:** se encarga de convertir la energía del sol en energía eléctrica (corriente continua), está formado por la unión de varios paneles, para dotar a la instalación de potencia necesaria.
- **Baterías:** proporciona de energía la instalación durante los períodos sin luz solar o sin suficiente luminosidad. Acumula energía para la instalación.
- **Regulador de carga:** es el punto de conexión entre los paneles solares los elementos de la instalación. Se encarga de proteger a los equipos de las sobrecargas. Proporciona a su salida tensión continua.



Figura 9. Sistema de Alimentación Fotovoltaico

1.1.2. LAHARES

Los lahares son mezclas de materiales rocosos movilizados por agua, como se puede apreciar en la figura 10, resultante del derretimiento de un glaciar. Estos flujos se desbordan a grandes velocidades y siguiendo los drenajes naturales, provocando graves daños en las zonas de influencia. (Macías, 2009).

Los lahares pueden ser formados por dos mecanismos principales que se mencionan a continuación:

- **Lahares voluminosos y destructivos (lahares primarios):** formados por flujos piroclásticos desbordados por el cráter, provocando la combinación violenta de la nieve y el hielo.
- **Lahares de tamaño modesto y menor alcance lateral (lahares secundarios):** se forman cuando la ceniza y los piroclásticos son removidos por las fuertes lluvias. (Macías, 2009).



Figura 10. Lahar del sector Agualongo, Volcán Cotopaxi.

Tomado de (ECU911, 2016)

1.1.2.1. Red de flujos de lodo (lahares)

Esta red ha permitido optimizar el sistema de monitoreo y alerta temprana, dando a la población información oportuna para la activación de planes de evacuación en caso del incremento de actividad del volcán Cotopaxi.

1.1.2.1.1. Instrumentación de flujos de lodo (lahares)

La instrumentación de lahares, representada en la figura 11, consiste en una tarjeta electrónica, que permite adquirir y procesar movimientos del suelo con la ayuda de un geófono, los datos obtenidos son transmitidos digitalmente hacia la estación base “Centro Terras” del Instituto Geofísico, para ser procesados por el programa SAT-Lahares. Obteniendo de esta manera datos que ayudan a emitir alertas tempranas en las zonas pobladas de alto riesgo. (Macías, 2009)



Figura 11. Diagrama Instrumentación de Flujos de lodo (Lahares)

a) Microcontrolador IGEPN V.2

Es un dispositivo que permite monitorear y analizar la amplitud y frecuencia de la tierra cuando esta sufre vibraciones a causa del paso de flujos de lodo en tiempo real, mostrando respuesta en valores de amplitud y frecuencia proporcionados por el conversor análogo digital que toma la señal del sensor, tal como se muestra en la figura 12 (Geofísico I. , 2015)



Figura 12. Microcontrolador IGEPN V.2.

Tomado de (Geofísico I. , 2015)

Este dispositivo es diseñado y realizado por ingenieros del área técnica del Instituto Geofísico.

b) Geófono

Este dispositivo es muy robusto y tiene una frecuencia de 10Hz, figura 13, lo cual permite transformar movimientos sísmicos del suelo en una señal eléctrica que tiene por características amplitud y frecuencias analógicas de las ondas sísmicas que se detectan. (Macías, 2009)



Figura 13. Geófono Sercel L-10AR.

Tomado de (Geofísico I. , 2015)

c) Tarjeta electrónica

Este dispositivo detecta las vibraciones provocadas por los flujos de lodo, sin tener contacto con los flujos físicamente, lo cual hace que su mantenimiento no sea continuo, trasfiere los datos a tiempo real a la estación base, filtra el ruido y funciona bajo condiciones climatológicas extremas, figura 14. (Yépez, 2012)

Está conformada por 4 etapas que son:

- Sensor y preamplificador.
- Acondicionamiento de la señal.
- Circuito analógico-digital.
- Circuito microprocesador.



Figura 14 . Tarjeta electrónica para estaciones de la red AFM
Tomado de (Yépez, 2012)

1.2. Herramientas de Software

1.2.1. Reftek-RTOMonitor

Este software permite tener una visualización interactiva de los datos almacenados. El programa se encarga de decodificar los paquetes y los

reenvía en un formato legible. También escanea el archivo de datos y presenta una tabla de contenido de los tipos de paquetes encontrados. Con un paquete decodificado, el usuario tiene opciones disponibles para moverse a través del archivo que muestra paquetes del mismo tipo. Los datos y paquetes de eventos también se pueden mostrar en gráficos. Los usuarios pueden ver el contenido de los paquetes, los paquetes sin formato, los datos en formato ASCII y la forma gráfica de onda cambiando en la parte inferior de la pantalla principal. (Reftek, 2017)

1.2.2. Sipass

SIPASS es el sistema informático para el análisis y procesamiento de señales sísmicas mediante espectros, aplicación de filtros, almacenados en una base de datos en un periodo de tiempo reducido. (Viracucha, 2013)

Para realizar el análisis en este software es necesario caracterizar los tipos de señales que se obtienen de uno u otro tipo de fuente, como se muestran a continuación:

- **Eventos volcano-tectónicos VT:** son eventos de duración variable, desde pocos segundos para los sismos más pequeños, hasta algunos minutos para los más grandes. Tienen un amplio conjunto de amplitudes que abarcan hasta frecuencias superiores a los 10Hz.
- **Eventos de largo periodo LP:** son eventos de baja frecuencia y típicos de ambientes volcánicos, tienen un contenido espectral limitado a una banda de frecuencia relativamente estrecha ($0.5 < f < 5$ Hz).
- **Eventos híbridos HB:** estos eventos tienen un inicio en altas frecuencias con una amplia banda espectral hasta más allá de los 10Hz.

- **Tremor volcánico:** señal que mantiene una amplitud constante durante un largo periodo de tiempo.
- **Explosiones:** son aquellas cuando se encuentra en marcha un periodo eruptivo. (Viracucha, 2013)

1.2.3. Omniserver Developer

Omniserver proporciona conectividad desde sus dispositivos serie y TCP / IP a cualquier cliente OPC UA, OPC DA, DDE y SuiteLink.

Omniserver Server utiliza una herramienta avanzada de desarrollo de protocolos configurable para entregar cualquier tipo de datos Serial, LPT o Ethernet a cualquier cliente OPC UA, OPC DA, SuiteLink o DDE. (Software Toolbox, 2016)

1.2.4. OPC Systems

OPC Systems es un software que permite la adquisición, almacenamiento y configuración de datos en tiempo real.

Características principales:

- Grabación continua de datos durante un largo período de tiempo.
- Acceso directo a datos históricos.
- Interfaz para visualizar datos históricos.
- Función de zoom rápido para mostrar los datos desde el resumen anual, mensual o semanal hasta un rango de milisegundos.
- Grabación y visualización de mensajes activados por eventos.
- Búsqueda rápida de eventos del pasado. (Iba, 2017)

1.2.5. Total Network Monitor

Es una herramienta de monitoreo de red diseñada para monitorear continuamente una red local, computadoras individuales y servicios que requieren atención y un control exhaustivo. Total Network Monitor alerta de cualquier problema de manera inmediata, generando un informe detallado sobre los posibles fallos existentes, como se muestra en la figura 15. (Softinventive Lab, 2017)

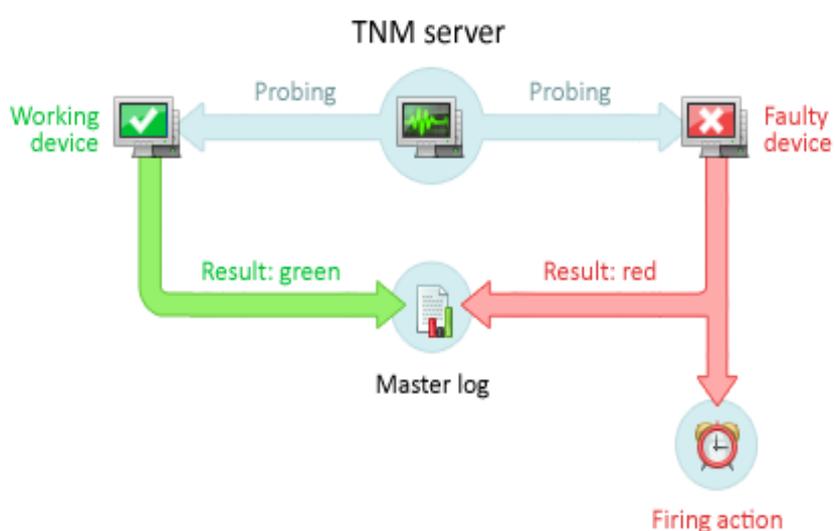


Figura 15. Total Network Monitor.

Tomado de (Softinventive Lab, 2017)

1.2.6. Radio Mobile

Es un programa de simulación de radioenlaces que permite pronosticar el comportamiento de una red de radiocomunicaciones y representar su área de cobertura, entre otras funciones. Este software trabaja en un rango de frecuencias entre 20 MHz y 20GHz. (SSR, 2007)

1.3. GENERALIDADES NORMA TL9000

1.3.1 Calidad

La calidad se define como el grado de aprobación que proporciona un beneficio a la satisfacción de las necesidades y expectativas del consumidor.

Una organización alineada a la calidad promueve a una cultura que da como resultado actividades y procesos que dan valor mediante el cumplimiento los requerimientos y expectativas de los clientes y las partes interesadas pertinentes. (ISO, 2015)

1.3.1.1. Principios básicos de calidad

- **Enfoque al cliente:** se busca dejar al cliente satisfecho, conociendo sus expectativas y necesidades.
- **Liderazgo:** Las organizaciones necesitan líderes que guíen los procesos para traer beneficios a la misma.
- **Participación del personal:** es necesario que todo el personal participe para obtener mejores ideas para el desarrollo y mejoramiento continuo de la empresa.
- **Enfoque basado en procesos:** las actividades y recursos deben ser tratados en base a procesos estratégicos, operativos y de soporte llevando su propio control.
- **Enfoque fundamentado a sistemas:** se debe identificar como un procedimiento que aporta a la eficacia y eficiencia de una organización en el cumplimiento de sus objetivos.

- **Mejora continua:** la organización debe llevar a cabo nuevos y mejores métodos de trabajo para el continuo mejoramiento del mismo. (Fernández, 2002)

1.3.1.2. Alcance de un sistema de calidad

El alcance se basa principalmente en el origen de los productos de la organización, sus procesos de ejecución, resultados de evaluación, consideraciones comerciales y requisitos establecidos y reglamentarios. (ISO, 2015)

1.3.2. Sistema de Gestión de Calidad TL9000

La norma de calidad TL9000 está basada en el estándar ISO 9000 desarrollada específicamente para mejorar los procesos de calidad y brindar un excelente servicio a la industria de las telecomunicaciones. La norma fue desarrollada por QuEST Forum (organismo regulador), la misma que se encontraba conformada por los principales proveedores de servicios de telecomunicaciones en Estados Unidos, Canadá y Gran Bretaña, (López, 2009)

1.3.2.1. Estructura de la norma TL9000

La norma TL9000 está sujeta a los requerimientos de los estándares ISO 9000 más 90 requisitos adicionales específicos para el sector de las telecomunicaciones que se detallan a continuación en la figura 16:

- Estándares Internacionales ISO 9001:2000.
- Necesidades comunes del TL9000
- Hardware, software y los requerimientos específicos del servicio en el sistema de gestión de calidad.
- Medidas comunes del TL9000. (López, 2009)

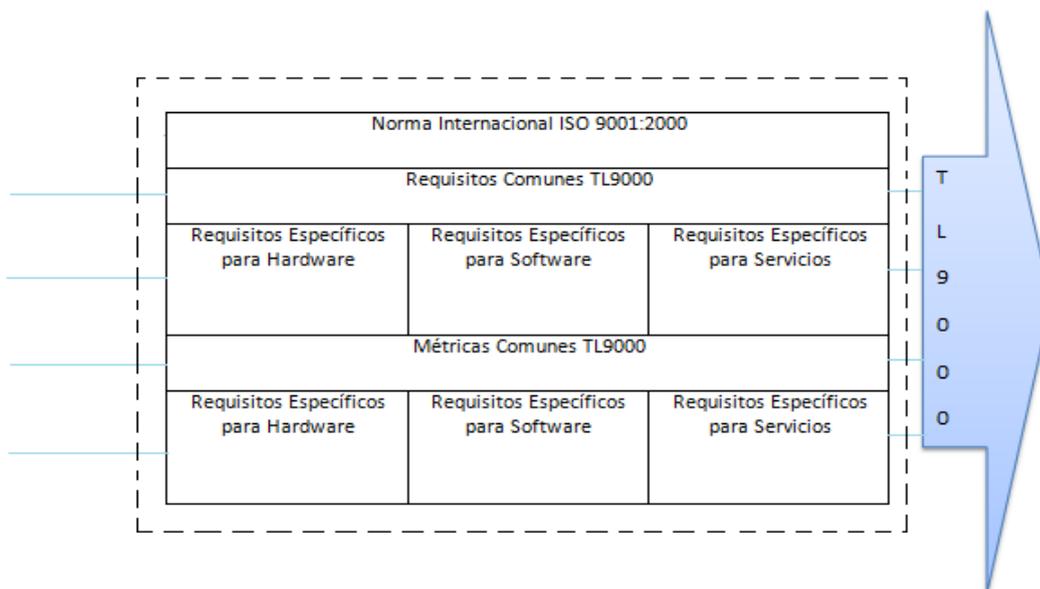


Figura 16. Estructura TL9000.

Tomado de (Forum, 2012)

1.3.2.2. Objetivos de la norma TL9000

- Impulsar sistemas de gestión de calidad que resguarden, de una manera efectiva y eficaz, la integridad y el uso de productos de telecomunicaciones: hardware, software o servicios.
 - Crear y conservar un conjunto de responsabilidades para la gestión de sistemas de calidad.
 - Reducir el número de estándares de sistemas de calidad de Telecomunicaciones.
 - Establecer métricas efectivas para el desempeño, progreso y evaluación de resultados del sistema de calidad.
 - Llevar a cabo un continuo mejoramiento.
 - Fortificar las relaciones entre cliente y proveedor.
 - Aprovechar los procesos de evaluación de la conformidad de la industria.
- (Forum, 2012)

1.3.2.3. Propósitos de TL9000

El propósito de TL9000 es establecer los requerimientos de los sistemas de gestión de calidad de las telecomunicaciones para el diseño, mejora de la producción, la entrega, la instalación y el mantenimiento de los productos: hardware, software y servicios, haciendo énfasis en la medición de desempeño a través del Sistema Repositorio de Mediciones (MRS), que permite monitorear las tendencias de la industria, mejorar resultados y realizar estudios comparativos. (López, 2009)

1.3.2.4. Beneficios de la implementación de un sistema de gestión de calidad TL9000 en el sector de las telecomunicaciones

- Mejora continua del servicio a los abonados.
- Mejora de las relaciones entre la organización y sus clientes.
- Normalización de los requerimientos del sistema de gestión de calidad.
- Trabajo eficiente de las auditorías externas y visitas a los centros. (Forum, 2012)

1.3.2.5. Requisitos y mediciones de la norma de calidad TL9000

Los requisitos de esta norma promueven la aceptación de un enfoque basado en procesos para mejorar la eficiencia de un sistema de gestión de calidad y conseguir la complacencia del cliente mediante el cumplimiento de sus exigencias.

Los requisitos del TL900 son los siguientes:

- Identificar los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad y su aplicación a través de la organización.
- Establecer la continuidad e interacción de los procesos.

- Estipular los métodos necesarios para certificar que tanto la operación como el control de procesos sean eficientes.
- Certificar la disponibilidad de recursos e información para apoyar la operación y seguimiento de los procesos.
- Realizar el seguimiento, medición y análisis de los procesos.
- Efectuar las tareas necesarias para lograr los resultados planificados y la mejora continua de los procesos. (Zambrano, 2008)

Las mediciones del TL9000 cubren las siguientes áreas:

- Reportes de inconvenientes.
- Tiempo de respuesta.
- Tiempo de entrega.
- Calidad de software.
- Calidad de servicio.

1.3.2.6. Relación con ISO 9001 y otros requisitos

Quest Forum conserva la relación con otros requisitos y normas. TL9000 facilita un conjunto de requisitos específicos para telecomunicaciones, levantados sobre el marco de referencia proporcionado por la Norma ISO 9001:2000. (Forum, 2012)

Las características de las relaciones de TL9000 con otros requisitos son las siguientes:

- TL9000 está sujeta a la Norma ISO 9001:2000; cualquier revisión futura de dicha norma será incorporada.
- Aprobación con TL9000, implica conformidad con el correspondiente requisito de la Norma ISO 9001:2000.

- El propósito de Quest Forum es que la conformidad con TL9000 elimine la necesidad de conformidad con otras normas de gestión de la calidad en telecomunicaciones. (Forum, 2012)

1.3.2.7. Tratamiento y mantenimiento de los manuales TL9000

Quest Forum es el único responsable del desarrollo, publicación, distribución y mantenimiento de los manuales TL9000. Las peticiones de cambios a los manuales tras su generalización se tramitan a través del Administrador de Quest Forum. Cualquier usuario de los manuales puede mandar peticiones de cambio.

La aprobación de la solicitud de los cambios a los manuales TL9000 serán evaluados por los socios con derecho a voto, según los estatutos de Quest Forum. (Forum, 2012)

1.3.2.8. Certificación TL9000

El sistema de gestión de calidad TL9000 permitirá obtener la certificación de hardware, software y requisitos de calidad de servicios, acoplada con las mediciones adecuadas. Esta certificación ofrece tres opciones de certificación:

- TL9000-H (Requisitos del sistema de calidad de hardware y medición).
 - TL9000-S (Requisitos del sistema de calidad del software y medición).
 - TL9000-V (Requisitos del sistema de calidad de servicios y medición).
- (González, 2013)

1.4. Ciclo de Mejora Continua de Deming o PCDA

Deming recibió diversos premios y galardones por sus numerosas aportaciones, entre sus más destacadas están el ciclo PDCA y los catorce puntos de Deming.

PDCA que se muestra en la figura 17 viene dado por la siglas Planificar, Hacer, Verificar y Actuar, esta metodología describe los cuatro pasos esenciales que deben ser llevados a cabo de forma sistemática para lograr la mejora continua, buscando la disminución de fallos y aumento de la eficiencia y eficacia de cualquier sistema. (Bernal, 2013)

- **Planificar:** se buscan establecer objetivos a ser alcanzados.
- **Hacer:** Se realizan cambios para implantar las mejoras propuestas.
- **Verificar:** Una vez implantada la mejora, se deja un periodo de tiempo para su evaluación.
- **Actuar:** Finalizado el periodo de prueba se estudian los resultados y que compara con el funcionamiento de las actividades anteriores a la mejora.

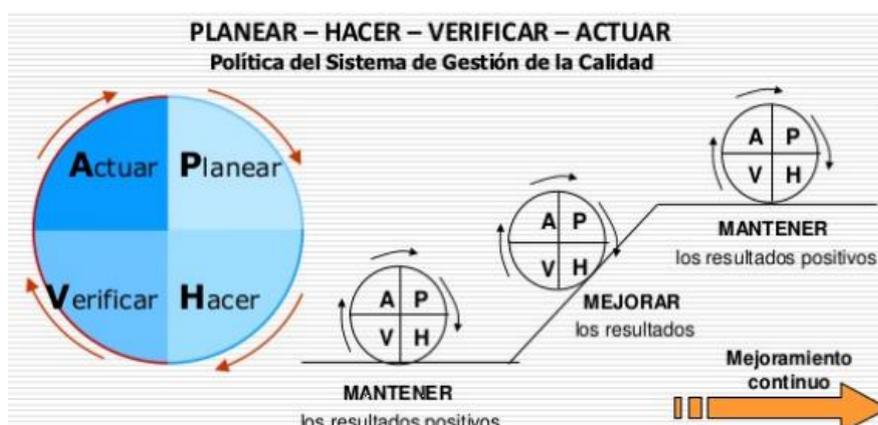


Figura 17. Ciclo de Mejora Continua de Deming.

Tomado de (Deming, 2016)

2. CAPITULO II. DESCRIPCIÓN ACTUAL DE LAS ESTACIONES SISMICAS BANDAS ANCHAS Y FLUJO DE LODO DEL VOLCÁN COTOPAXI

Desde el año 1983, el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional ha sido la sede principal de investigación en Ecuador para el diagnóstico y monitoreo de los peligros sísmicos y volcánicos. A partir del 13 de enero de 2003, mediante Decreto Oficial No. 3593, el Instituto Geofísico recibe del Estado ecuatoriano el encargo oficial del diagnóstico y la vigilancia de los peligros sísmicos y volcánicos en todo el territorio nacional. (Geofísico I. , 2015) El Instituto Geofísico cuenta con 11 estaciones banda ancha para su monitoreo sísmico y volcánico y 11 estaciones de detección de flujos de lodo, distribuidas en sitios estratégicos en los alrededores del Volcán Cotopaxi. Por lo tanto, este capítulo describe la situación actual de las estaciones y definición los parámetros de análisis para su propuesta de mejora en el siguiente capítulo.

2.1. Redes de Monitoreo

El Instituto Geofísico cuenta con 5 redes de vigilancia sísmica, volcánica y flujos de lodo: RENSIG (Red Nacional de Sismógrafos), RENAC (Red Nacional de Acelerógrafos), ROVIG (Red Nacional de Observatorios Volcánicos), REPET (Red de Repetidoras) Y RED AFM (Acustic Flow Monitor), con la importante misión de detectar oportunamente un cambio cualitativo y cuantitativo de la actividad sísmica y volcánica del país, siendo capaces de mitigar a corto plazo las afectaciones a la naturaleza.

A continuación, se describe las redes de monitoreo que serán el caso de estudio en el presente proyecto de titulación:

- **Red nacional de sismógrafos (RENSIG)**

La red de sismógrafos está conformada por 120 estaciones sísmicas bandas anchas y de periodo corto, las mismas que cuentan con

transmisión de datos en tiempo real hacia el Centro Terras del IG, obteniendo datos importantes que permiten conocer la actividad sísmica y volcánica del país. (Geofísico I. , 2015).

- **Red de observatorios volcánicos (ROVIG)**

Esta red tiene la finalidad de realizar una mejor vigilancia de cada volcán, agrupado la instrumentación acorde a la actividad de cada volcán.

2.2. Estaciones Banda Ancha

2.2.1. Ubicación geográfica de las estaciones banda ancha ubicadas en el volcán Cotopaxi

Las estaciones bandas ancha se encuentra ubicadas en puntos estratégicos del volcán Cotopaxi, como se muestra en la tabla 1 y figura 18, con el propósito de obtener las mejores respuestas en los eventos de mayor y menor magnitud en la zona.

Tabla 1.

Coordenadas y descripción de las estaciones sísmicas banda ancha del Volcán Cotopaxi

Código	Nombre de estación	Tipo	Latitud	Longitud	Altura	Ubicación
VCES	VCES	Sísmica BB	0.7999100	-78.3944400	4044.0	El Morro
BRRN	Barrancas	Sísmica BB	0.7831667	-78.4753889	3650.0	Barrancas
SRAM	SRAM	Sísmica BB	0.7502222	-78.5669000	3073.0	San Ramón
BMOR	Morurco	Sísmica BB	0.7310000	-78.4588000	4337.0	Morurco
SLOR	SLOR	Sísmica BB	0.7298110	-78.4967450	3600.0	San Lorenzo

BTAM	Tambo	Sísmica BB	0.6750000	-78.3969000	4292.0	Tambo
BNAS	Nasa	Sísmica BB	0.6713610	-78.4853060	3919.0	Nasa
BREF	Refugio	Sísmica BB	0.6696670	-78.4406110	4859.0	Refugio
BVC2	VC2	Sísmica BB	0.6576390	-78.4118890	4408.0	VC2
SUCR	SUCR	Sísmica BB	0.6400500	-78.4944830	3650.0	Mariscal Sucre
TOMA	Bocatoma	Sísmica BB	0.4983889	-78.4346111	3300.0	Boca Toma

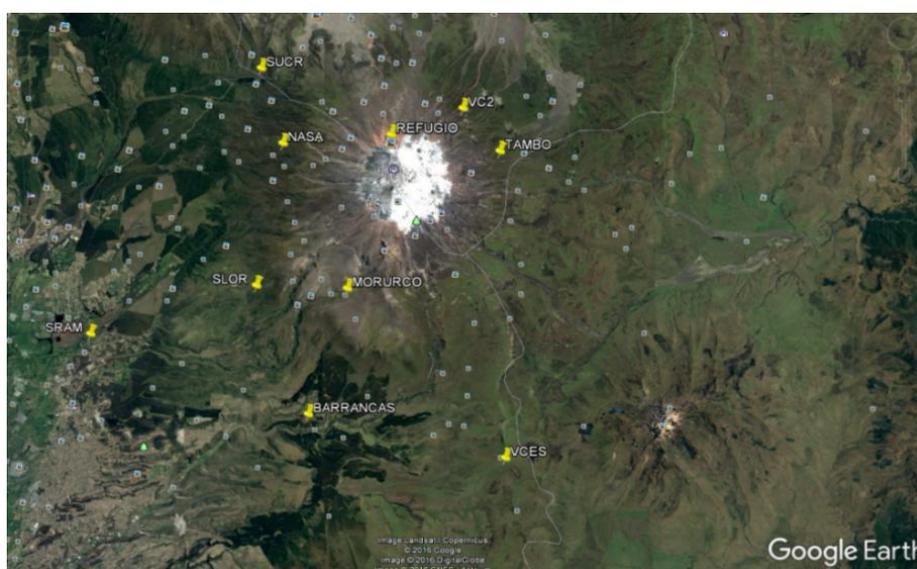


Figura 18. Ubicación geográfica de estaciones banda ancha Volcán Cotopaxi. Adaptado de (Google Earth, 2017)

Cabe mencionar que la ubicación de cada estación cumple con los parámetros que se describen a continuación:

- **Acceso:** el acceso a las estaciones es muy importante ya que es esencial asegurar el mantenimiento a largo plazo de cada una de ellas, evitando costos adicionales en la planificación presupuestaria de la institución.

- **Seguridad:** es necesario tener alta seguridad en los sitios de instalación ya que no estamos exentos de robos y vandalismo, por tal motivo el sitio de ubicación a elegir puede ser importante para evadir este tipo de inconvenientes.
- **Diseño:** en el caso de las estaciones banda ancha, deben situarse en roca firme, tener un sistema de drenaje, seguridad y aislamiento térmico para el sensor y un sistema puesta a tierra.
- **Clima:** áreas con condiciones altas de humedad, calores o fríos extremos deberían evitarse, ya que es poner en riesgo al personal que da mantenimiento y a que los equipos sufran daños y tengan que ser reemplazados constantemente.
- **Ruido:** las estaciones deben estar alejadas de fuentes de ruido humanas y ambientales.
- **Comunicación:** los equipos por lo general deben ser ubicados cerca de las cumbres de las montañas para no tener limitación e inconvenientes con los enlaces de comunicación entre nodos y la adquisición de datos en Centro Terras.

Un ejemplo de estación banda ancha se muestra en la figura 19.



Figura 19. Ubicación de una estación banda ancha en el Volcán Cotopaxi.
Tomado de (Toapanta, 2016)

2.2.2. Estado actual de las estaciones sísmicas bandas ancha

En la tabla 2 se muestra la descripción el estado actual de las estaciones sísmicas bandas ancha correspondientes a la red de monitoreo del Volcán Cotopaxi, en donde se toma como referencia los siguientes parámetros: ruido, registro de datos (altas y bajas frecuencias), respuesta de los componentes (ejes X, Y, Z) del sensor, pérdida de datos por transmisión, consiguiendo de esta manera las estaciones con mejor respuesta sísmica para su posterior evaluación y planteamiento de mejora.

- a) Ruido.** - este parámetro de valoración es transcendental y muy importante; causado por diferentes fuentes generadoras de ruido como: fuertes vientos, paso de animales, infraestructuras, ubicación cercana a quebradas de la estación de monitoreo, son las causas que reduce la contribución a la detección y determinación de la amplitud y magnitud de eventos sísmicos y volcánicos.

- b) Registro de datos en altas y bajas frecuencias.** - con esta evaluación se busca que no exista ruido electrónico al ser la señal digitalizada.
- **Alta frecuencia.** - se refiere a la banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias entre 1 MHz a 30 MHz.
 - **Baja frecuencia.** - es la banda de frecuencias comprendida entre los 2300 y los 29999 KHz.
- c) Respuesta de ejes de sensor.** - es necesario verificar las 3 componentes N-S, E-O y vertical, para el análisis de respuesta de las señales.
- d) Pérdida de datos.** - se asocia a instantes de tiempo la pérdida de señales registradas en cada una de las estaciones.
- e) Transmisión.** - se refiere al estado de comunicación entre puntos de monitoreo y adquisición de datos en el Centro Terras en tiempo real.

Tabla 2.

Estado actual de las estaciones sísmicas Banda Ancha

Código	Nombre de estación	Ruido	Registro altas y bajas frecuencias	Respuesta componentes de sensor			Pérdida de datos	Comunicación
				HH N	HH E	HH Z		
VCES	VCES	ALTO	BUENO	D	D	R	-	Transmite
BRRN	Barrancas	MEDIO	BUENO	B	R	B	-	Transmite
SRAM	SRAM	MEDIO	BUENO	R	B	B	-	Transmite
BMOR	Morurco	MEDIO	BUENO	D	D	B	-	Transmite
SLOR	SLOR	MEDIO	BUENO	D	D	P	-	Transmite
BTAM	Tambo	BAJO	BUENO	B	D	D	-	Transmite
BNAS	Nasa	BAJO	BUENO	B	D	B	-	Transmite

BREF	Refugio	BAJO	BUENO	B	B	B	-	Transmite
BVC2	VC2	BAJO	BUENO	B	B	B		Transmite
SUCR	SUCR	BAJO	BUENO	B	D	B	-	Transmite
TOMA	Bocatoma	BAJO	BUENO	B	D	B	-	Transmite

Nota: **D**=Deriva, **R**=Ruido, **B**=Buenas condiciones óptimas, **P**=Pulsos.

Realizando una breve evaluación de la tabla 2 se puede apreciar que las estaciones con mejor respuesta sísmica son: Tambo, Nasa, Refugio, VC2, SUCR y Bocatoma, las mismas que servirán como referencia para realizar el proceso de análisis en el sistema de calidad de las telecomunicaciones.

2.2.3. Definición de parámetros de evaluación para estaciones banda ancha con mejor respuesta sísmica

2.2.3.1 Parámetros de análisis definidos para hardware y software

Las medidas de Hardware proporcionan la calidad de los equipos tanto en su adquisición inicial como durante su operación en el servicio designado, en cambio las medidas de software tienen como objetivo principal ayudar al cliente y a la organización a entender la calidad de nuevas versiones de software. (Zambrano, 2008)

a) Análisis en equipos reftek

Para realizar el análisis del funcionamiento de los equipos reftek es necesario ingresar a REFTEK-RTOMonitor, que proporciona un informe del estado actualizado de la red de los registradores que conforman la misma, como se muestra en la figura 20.

The screenshot shows the RefTek Network Monitor (2.1.4.1) web interface. The main title is "Ref Tek Network Monitor (2.1.4.1 - 2012.02.15) - DAS UNIT#B13B". The interface displays several data tables with color-coded status indicators (green for good, yellow for warning, red for error).

Unit-Name	Acquisition	Temp.	Input	Backup	Delay(s)	RAM(Kb)	Disk1(Mb)	Disk2(Mb)	GPS(h)
B13B-ISUC	Start On	18.3°C	11.9V	3.3V	3	4%(6400)	68%(7105)	1%(7105)	U Sleep(2400.0)

Status Information (SI)							
Experiment Number	Experiment Name	Station Number	Station Name	Latitude	Longitude	Altitude	Ph.Error(Sec.)
0	IG-BSU	0	ISUC	0	0	0	59.999999

Aux Sensor					
Level	Aux1	Aux2	Aux3		
Ch. Group 1-3	9.9V	0V	0V		
Ch. Group 4-6	9.9V	0V	0V		

CPU Version	Board Number	Board Revision	Board Acronym	Board Serial Number	FPGA Board Number	FPGA Minimum brd.rev.	FPGA Version
3.4.0	520	J	LID	8851	0		
3.4.0	506	J	CPU	9246	506	A	F00
3.4.0	527	C	SCB	8457	527	A	C01
3.4.0	649	-	ATD	7127	649	-	_04
3.4.0	649	-	ATD	7301	649	-	_04

Network Parameters (PN)									
Port Number	IP Address	Device Power	IP Mask	RTPD	Gateway	Line Down	Line Mode	Port Speed	Toss Delay
Ethernet	192.168.16.84	P	255.255.255.0	192.168.1.160	192.168.16.253	T	D	10	10
Serial PPP	192.168.1.11		255.255.255.0	0.0.0.0	192.168.1.10	K	D	19200	0

Channel Parameters (PC)									
Channel	Name	Azimuth	Incline	Latitude	Longitude	Altitude	Gain	Model	Serial N
1	MC1	0	0	0	0	0	32	UNKNOWN	UNKNOWN
2	MC2	0	0	0	0	0	32	UNKNOWN	UNKNOWN
3	MC3	0	0	0	0	0	32	UNKNOWN	UNKNOWN
4	MC4	0	0	0	0	0	32	UNKNOWN	UNKNOWN
5	MC5	0	0	0	0	0	32	UNKNOWN	UNKNOWN
6	MC6	0	0	0	0	0	32	UNKNOWN	UNKNOWN

Data Stream Parameters (PD)						
Stream	Stream Name	Recording Destination	Channels	Sample Rate	Data Format	Trigger Type
1	eth-disk	Disk,Ethernet	1,2,3,4,5,6	100	CO	CON

Figura 20. Ingreso a REFTEK-RTOMonitor, estación sísmica banda ancha Mariscal Sucre.

Este programa proporciona indicadores de fácil lectura, verde, amarillo y rojo para comprobar rápidamente el estado de las estaciones. Por tanto, se muestra a continuación el proceso de análisis que debe ser llevado a cabo en cada una de las estaciones que tenga este equipo en su instrumentación:

- **Temperatura, entrada y potencia de respaldo**

En la figura 21 se puede apreciar que la estación de Mariscal Sucre, se encuentra a una temperatura de 39°C, con una potencia de entrada de 15V y una potencia de respaldo de 3.2V, mostrando parámetros normales de funcionamiento.



Figura 21. Parámetros de temperatura, potencia de entrada y de respaldo, estación sísmica banda ancha Mariscal Sucre.

- **Estado del GPS**

Muestra los parámetros GPS durante un período de tiempo. La figura 22 muestra la Altitud, Latitud y Longitud de la Unidad de GPS sobre un número de horas.



Figura 22. Altitud, Latitud y Longitud de la estación sísmica banda ancha Mariscal Sucre.

La figura 23 muestra el último bloqueo, el número de satélites rastreados y los errores para la misma unidad GPS durante el mismo período de tiempo.

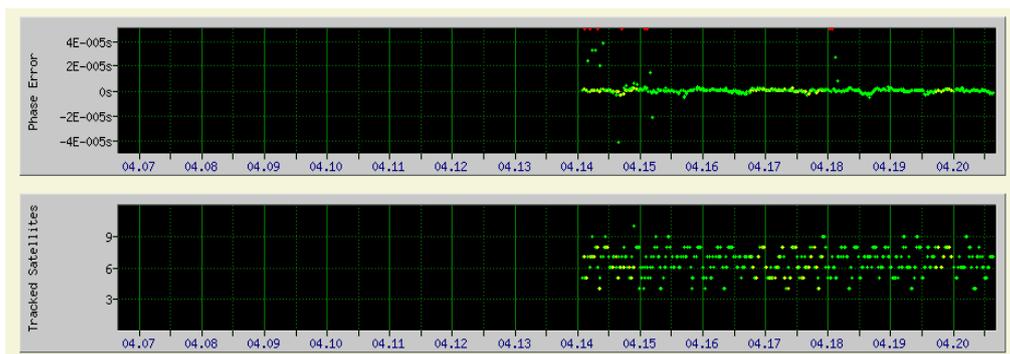


Figura 23. Último bloqueo, número de satélites y errores de la unidad GPS, estación Mariscal Sucre.

- **Estado de los medios de comunicación e intervalos de respuesta**

La pantalla de estado de los medios muestra el intervalo de respuesta (en segundos), la cantidad de RAM utilizada (% del total) y la cantidad de espacio USB utilizado en un período de 72 horas, como se visualiza en la figura 24.

- ✓ Intervalo de respuesta: <9000s.
- ✓ RAM utilizada: 20%.
- ✓ Disco1: 0%.
- ✓ Disco2: 20%.



Figura 24. Intervalos de respuesta, RAM utilizada, espacio utilizado en discos, estación Mariscal Sucre

b) Sismógrafos

Con la ayuda del software SIPASS se puede iniciar con el análisis y procesamiento de señales como se describe a continuación:

Para realizar la búsqueda de la información de las señales sísmicas, se deben seleccionar cuatro parámetros que son: el volcán, tipo de evento, fecha desde y hasta, consiguiendo de esta manera evaluar las estaciones de interés para este estudio, como se muestra en la figura 25.

The screenshot shows the SIPASS software interface. At the top, there are search filters: 'Volcán' set to 'COTOPAXI', 'Tipo Evento' set to 'TODOS', and date ranges 'Desde' (01/01/2017) and 'Hasta' (25/04/2017). There are buttons for 'Buscar', 'Importar', 'Eliminar', and 'Cerrar'. Below the filters, there are radio buttons for 'Por Volcán' (selected), 'Por Fecha', and 'Por Código'. The main part of the interface is a table with the following columns: CODREGI..., VOLCAN, ESTACION, COMPONE..., FECHA, HORA, TIPO, S-P, CODA, AMP_CUE..., AMP_MM, PERIODO, FRECUEN..., RMS, POLARIDAD, and PESOS. The table contains 17 rows of data, with the row for station 1500615 highlighted in blue.

CODREGI...	VOLCAN	ESTACION	COMPONE...	FECHA	HORA	TIPO	S-P	CODA	AMP_CUE...	AMP_MM	PERIODO	FRECUEN...	RMS	POLARIDAD	PESOS
1500593	Cotopaxi	BREF	BHZ	01/01/2017	05:52:49	LP	0.0	34.0	2534.00000...	23.81390000	0.14027397...	7.12	0.15961147...	N	0
1500603	Cotopaxi	BREF	BHZ	01/01/2017	14:55:50	LP	0.0	41.0	11607.0000...	107.28550000	0.16253968...	6.15	0.02817653...	N	0
1500615	Cotopaxi	BREF	BHZ	01/01/2017	21:36:47	LP	0.0	32.0	3810.00000...	35.55310000	0.13086261...	7.64	0.07724386...	N	0
1500641	Cotopaxi	BREF	BHZ	02/01/2017	16:27:19	LP	0.0	12.0	5015.00000...	46.63910000	0.16125984...	6.2	0.04787120...	N	0
1500642	Cotopaxi	BREF	BHZ	02/01/2017	16:27:36	LP	0.0	35.0	33972.0000...	313.04350000	0.16516129...	6.05	0.03098287...	N	0
1500643	Cotopaxi	BREF	BHZ	02/01/2017	22:26:21	LP	0.0	41.0	6644.00000...	61.62590000	0.14099827...	7.09	0.02524635...	N	0
1500659	Cotopaxi	BREF	BHZ	03/01/2017	12:57:27	LP	0.0	14.0	737.00000000	7.28150000	0.16125984...	6.2	0.88357013...	N	0
1500668	Cotopaxi	BREF	BHZ	03/01/2017	18:34:30	LP	0.0	49.0	4651.00000...	43.29030000	0.26089171...	3.83	0.31249359...	N	0
1500673	Cotopaxi	BREF	BHZ	03/01/2017	18:48:57	LP	0.0	50.0	17028.0000...	157.15870000	0.34276150...	2.91	0.71894210...	N	0
1502929	Cotopaxi	BREF	BHZ	06/01/2017	05:38:32	LP	0.0	32.0	3804.00000...	35.49790000	0.17731601...	5.63	0.11244586...	N	0
1502930	Cotopaxi	BREF	BHZ	06/01/2017	07:05:32	LP	0.0	58.0	1300.00000...	12.46110000	0.29574007...	3.38	0.03098246...	N	0
1502931	Cotopaxi	BREF	BHZ	06/01/2017	07:09:56	LP	0.0	20.0	1121.00000...	10.81430000	0.25128834...	3.96999999...	0.20085757...	N	0
1502932	Cotopaxi	BREF	BHZ	06/01/2017	12:04:24	LP	0.0	24.0	3305.00000...	30.90710000	0.29681159...	3.36	0.29289215...	N	0

Figura 25. Adquisición de datos de las estaciones sísmicas en software SIPASS

En la figura 25 se puede apreciar el desglose de eventos ocurridos en el volcán Cotopaxi, adquiriendo los datos de las estaciones sísmicas bandas ancha, a continuación, se muestra en la figura 26 la respuesta de las señales generadas en dichos eventos.

Cabe indicar que cada tipo de evento puede ser seleccionado por el usuario utilizando el número de picados necesarios para una mejor visualización de la señal en el espectro.

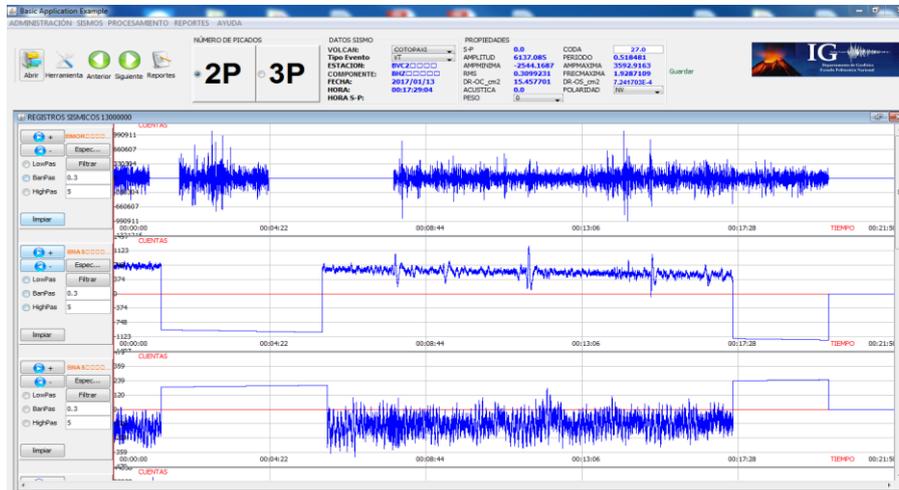


Figura 26. Registro de estaciones BNAS, BMOR

Para obtener el espectro de la señal sísmica y calcular su periodo se utiliza el algoritmo FFT (Fast Fourier Transform) y para inhibir el ruido de fondo el sistema utiliza 3 tipos de filtrado, BandPass, LowPass y HighPass, observando de esta manera con mayor claridad el evento, como se muestra en la figura 27.



Figura 27. Espectro señal sísmica estación BNAS

2.3. Estaciones de Flujos de Lodo (LAHARES)

2.3.1. Ubicación geográfica de las estaciones de flujos de lodo ubicadas en el volcán Cotopaxi

Las estaciones de flujos de lodo que se muestran en la tabla 3 y figura 28 son instaladas por lo general en quebradas que han sido formadas por erupciones pasadas del volcán, debido a que los flujos tienden a descender por dichas zonas. Es por esto que se usan sismómetros con mayor sensibilidad y alta frecuencia, a diferencia de los sismómetros empleados para la actividad sísmica banda ancha.

Tabla 3.

Coordenadas y descripción de las estaciones de flujos de lodo del Volcán Cotopaxi

Código	Nombre de estación	Tipo	Latitud	Longitud
LBRRN-13	Barrancas Alta	AFM	-0.7783000	-78.4731000
LNASA-16	NASA	AFM	-0.6748000	-78.4875000
LVC1-15	VC1	AFM	-0.6420611	-78.4031630
LMERC-03	La Merced	AFM	-0.5789440	-78.4094170
LBOCA-04	Bocatoma	AFM	-0.4983890	-78.4346100
LBRRN-18	Barrancas Baja	AFM	-0.7833888	-78.4900000
LSUCR-05	Mariscal Sucre	AFM	-0.6400500	-78.4944830
LRAFA-01	Rafa	AFM	-0.5025000	-78.4234000
LPITA-02	Rio Pita	AFM	-0.5585000	-78.4327000
LSLOR-09	San Lorenzo	AFM	-0.7031000	-78.5081000
LSRAM-08	San Ramón	AFM	-0.7502200	-78.5669000

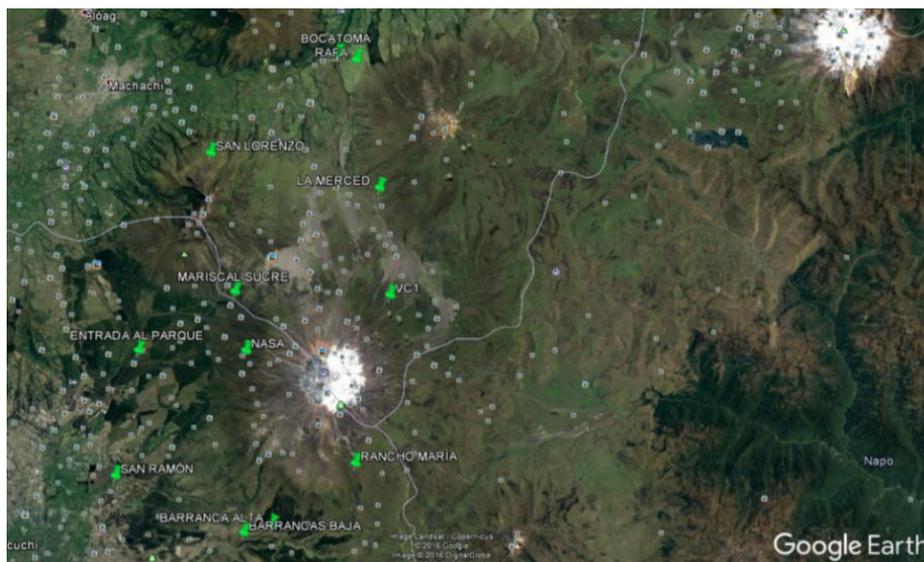


Figura 28. Situación geográfica de estaciones de lahares, Volcán Cotopaxi.
Adaptado de (Google Earth , 2017)

Al igual que las estaciones banda ancha, estas estaciones también han sido ubicadas siguiendo los parámetros de evaluación de sitio mencionados anteriormente, a diferencia que en el diseño las estaciones laharicas que son instaladas al borde de las quebradas para la detección de flujos.

Un ejemplo de estación de flujos de lodo se muestra en la figura 29.



Figura 29. Elección de sitio para estación laharica en Volcán Cotopaxi.
Tomado de (Toapanta, 2016)

2.3.2. Estado actual de las estaciones de flujos de lodo

En la tabla 4 se muestra la descripción del estado actual de las estaciones de flujos de lodo correspondientes a la red de monitoreo del Volcán Cotopaxi, en donde se toma como referencia los siguientes parámetros de análisis: full band, high band, low band, voltaje de batería y estado de funcionamiento, consiguiendo de esta manera las estaciones con mejor respuesta para su posterior evaluación y planteamiento de mejora.

Tabla 4.

Estado actual de las estaciones de Flujos de Lodo

Código	Nombre de estación	Full Band	High Band	Low Band	Estado de funcionamiento		Batería
					0	1	
LBRRN-13	Barrancas Alta	1	1	1		X	13.2 V
LVC1-15	VC1	0	16	0		X	13.2V
LMERC-03	La Merced	0	3	2		X	13.6V
LBOCA-04	Bocatoma	0	1	2		X	12.4
LBRRN-18	Barrancas Baja	0	0	19		X	13.2V
LSUCR-05	Mariscal Sucre	4	16	23		X	12.4V
LRAFA-01	Rafa	1	3	3		X	13.6V
LPITA-02	Rio Pita	3	0	0		X	13.6V
LSLOR-09	San Lorenzo	3	9	11		X	12.6V
LSRAM-08	San Ramón	0	5	2		X	11.6V

Nota: **full band:** detecta flujos más densos con rocas, **high band:** identifica el caudal normal concentrado, **low band:** determina la vibración del flujo concentrado.

Es Los valores adquiridos en la tabla 4, son generados por la tarjeta de adquisición cuyo conversor análogo a digital, del tipo sigma delta de 16 bits es conectado a la salida de los 3 filtros (full band, high band y low band), cabe mencionar que, entre mayor cantidad de bits, mayor es la resolución y existe menor pérdida en la información.

Por tanto, haciendo la evaluación en cada evento registrado de las estaciones con los parámetros definidos en la tabla 4, se puede determinar que las estaciones con mejor respuesta en la detección de flujos de lodo son las siguientes: La Merced, Barrancas Baja, Mariscal Sucre y San Lorenzo, las mismas que serán referenciadas para su análisis.

2.3.3. Definición de parámetros de evaluación para estaciones de flujos de lodo (lahares) con mejor respuesta sísmica

a) Análisis de respuesta de estaciones AFM en software Descartes Omniserver Developer y OPC Systems.

Los datos generados por los AFM se reciben en Centro Terras del Instituto Geofísico en tiempo real y son mostrados en el software “Descartes Omniserver Developer” y “OPC Systems”. Descartes se encarga de recibir y almacenar los datos, mientras que OPC se encarga de graficarlos a tiempo real, como se puede apreciar en la figura 30.

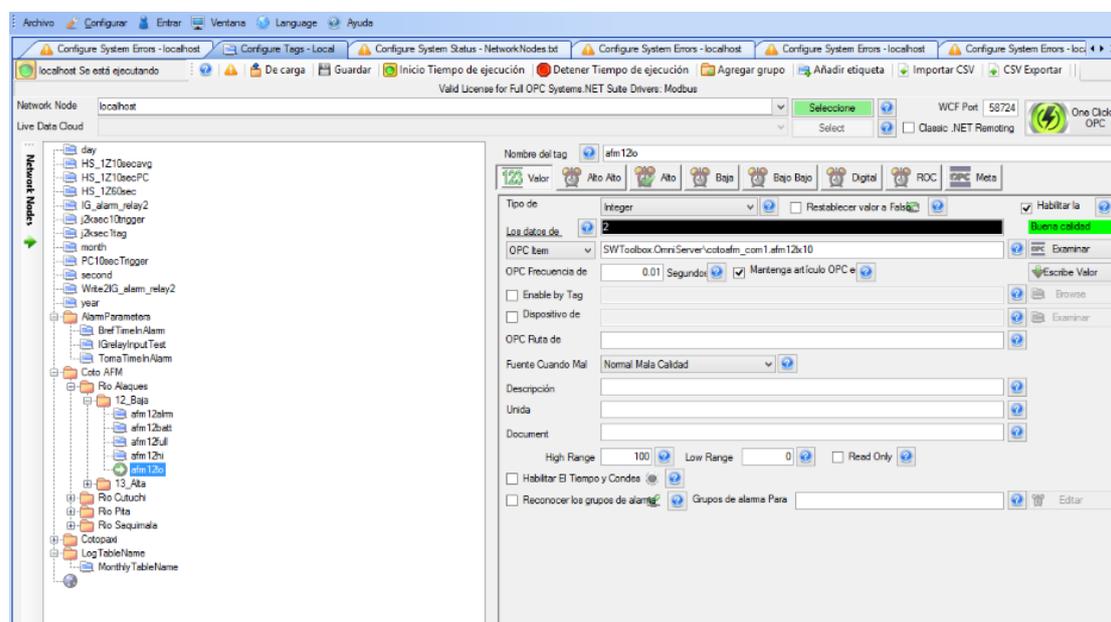


Figura 30. Despliegue de parámetros evaluados en la red de lahares, en Omniserver

Descartes genera 5 archivos diarios para cada una de las estaciones AFM, donde cada uno de ellos muestra los parámetros medidos por la estación:

- ✓ Banda completa
- ✓ Banda baja
- ✓ Banda alta
- ✓ Voltaje de batería
- ✓ Estado de funcionamiento (0=normal, 1=alerta).

A continuación, se muestra la respuesta grafica de las estaciones de flujo de lodo, que se encuentran representadas en colores para su identificación, cabe mencionar que las señales que dan como respuesta una señal continua en forma horizontal, están dando un buen registro, mientras las que no, presentan un inconveniente que debe ser evaluado para su recuperación.

La figura 31 muestra que las estaciones se encuentra generando alertas de manera constante sin interrupciones, favoreciendo al monitoreo de las zonas para brindar una alerta temprana oportuna.





Figura 31. Respuesta de alerta de la estación de flujo de lodo del volcán Cotopaxi

En la figura 32 se puede apreciar que una de las señales no se encuentra constante, por lo que es necesario evaluar la estación para resolver las posibles causas del daño en la misma. El mantener todas las estaciones operativas permite dar una alerta temprana a las poblaciones que se encuentran inmersas a los daños ocasionados por posibles flujos que se presenten.



Figura 32. Daño de la señal de BREF, volcán Cotopaxi

2.4. Evaluación de las estaciones sísmicas y laharicas en base a parámetros de calidad de servicio

Esta medida es utilizada con el propósito de facilitar información de medida de calidad para instaurar la evaluación y continuo mejoramiento del servicio. (Zambrano, 2008)

2.4.1. Número de problemas reportados en las estaciones banda ancha y flujos de lodo

En las tablas 5 y 6 se muestran los problemas reportados en las estaciones banda ancha y flujo de lodo en el último mes, basados en la evaluación del estado de salud (sistema de alimentación, enlace de radios, cambio y mantenimiento de equipos, descarga de datos) semanal realizada por el área técnica del Instituto Geofísico, la misma que indica la calidad del producto entregado durante su ciclo de vida operativo, teniendo en consideración que se pueden tener impactos negativos en la organización, figura 33.

Tabla 5.

Estado de salud de Estaciones Banda Ancha con mejor respuesta sísmica en el volcán Cotopaxi.

Código	Nombre de estación	1/03/2017	6/03/2017	13/03/2017	20/03/2017	27/03/2017
BTAM	Tambo	-	-	Mant	-	-
BNAS	Nasa	-	Mant	-	Mant	-
BREF	Refugio	-	-	-	-	Descarga de datos
BVC2	VC2	Descarga de datos	-	Enlace de radios	-	-
SUCR	SUCR	Alim	Alim	-	-	-
TOMA	Bocatoma	0	-	-	-	Mant

Nota: **Mat:** Mantenimiento, **Alim:** Alimentación.

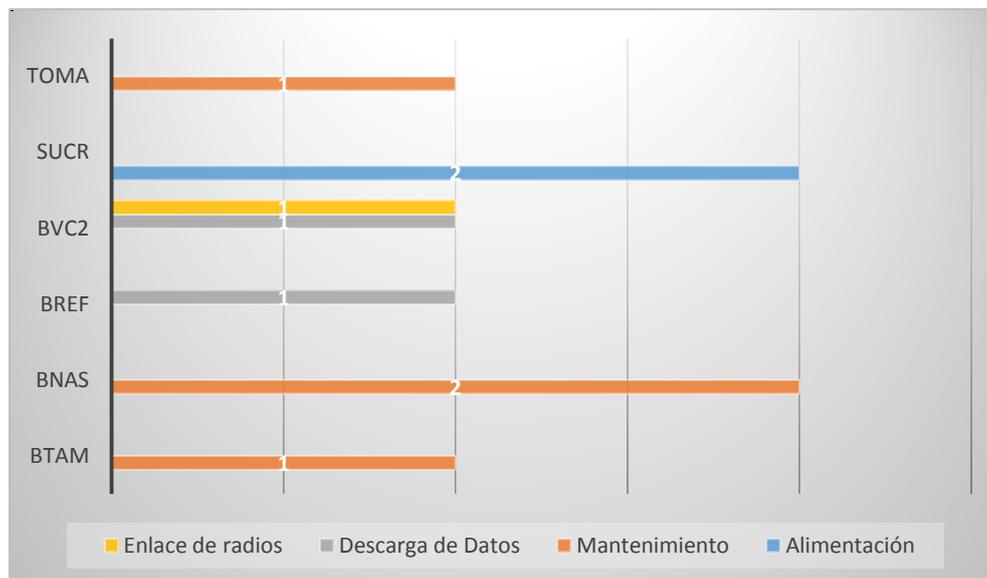


Figura 33. Diagrama de análisis de estado de salud de las estaciones banda ancha del volcán Cotopaxi.

Tabla 6.

Estado de salud de Estaciones de flujos de lodo con mejor respuesta sísmica en el volcán Cotopaxi.

Código	Nombre de estación	1/03/2017	6/03/2017	13/03/2017	20/03/2017	27/03/2017
LMERC-03	La Merced			Mant	Mant	
LBRRN-18	Barrancas Baja	Enlace de Radios			Mant	
LSUCR-05	Mariscal Sucre		Alim			Alim
LSLOR-09	San Lorenzo				Alim	

Nota: **Mat:** Mantenimiento, **Alim:** Alimentación.

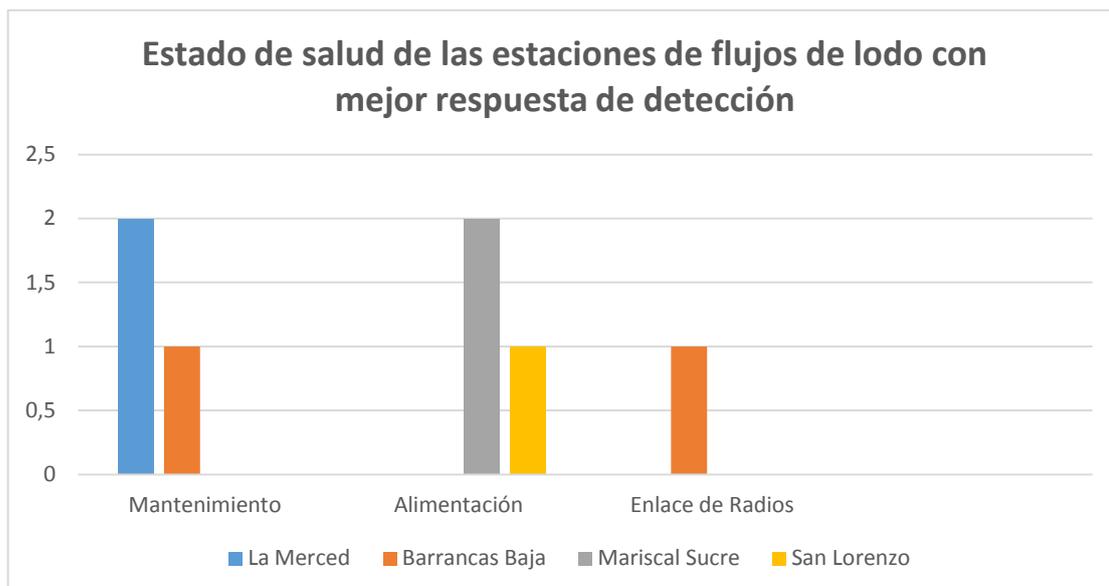


Figura 34. Estado de salud de las estaciones de detección de flujos de lodo del volcán Cotopaxi.

De acuerdo con los datos obtenidos de las fuentes primarias (véase en figura 34), se puede argumentar que la mayoría de problemas registrados son por mantenimiento y baterías, esto nos da un indicio que falta mayor énfasis en el diseño de sistema de alimentación, para lo cual se debe considerar factores como: ceniza, condiciones climáticas, vegetación, entre otros.

2.4.2. Captura de datos y análisis de tráfico de la red

El siguiente análisis es realizado con el objetivo de observar el tráfico que se genera en la operación activa de la red, para esto se utiliza la herramienta de monitorización Cacti, que facilita el intercambio de información de administración entre dispositivos de red y permite a los administradores controlar el uso de la red, buscar y resolver problemas y planear su crecimiento.

Para el análisis de tráfico se identifica el puerto del switch al que viene conectada la red, en este caso es el puerto 32 por donde viene la red

microonda de Sincholagua. Sincholagua es una estación repetidora, ubicada en el volcán Cotopaxi que recibe tanto estaciones banda ancha como de flujos de lodo.

Para la captura del tráfico, es necesario generar un flujo de 100 Mbits/s a través de la herramienta iperf, observando en las figuras 35, 36, 37, 38, siendo el flujo generado desde switch 2960_1 hasta el puerto de acceso fa0/32.



Figura 35. Captura de tráfico de la red por día

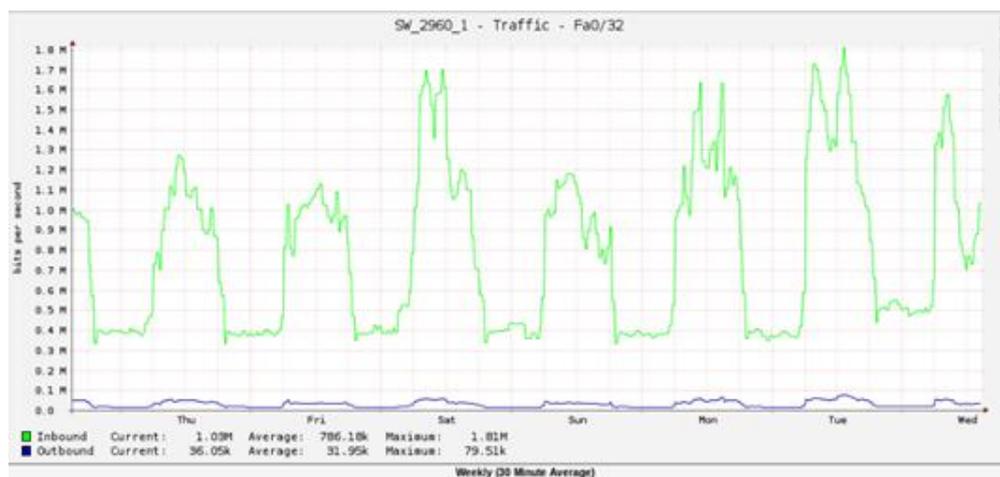


Figura 36. Captura de tráfico de la red por semana



Figura 37. Captura de tráfico de la red por mes

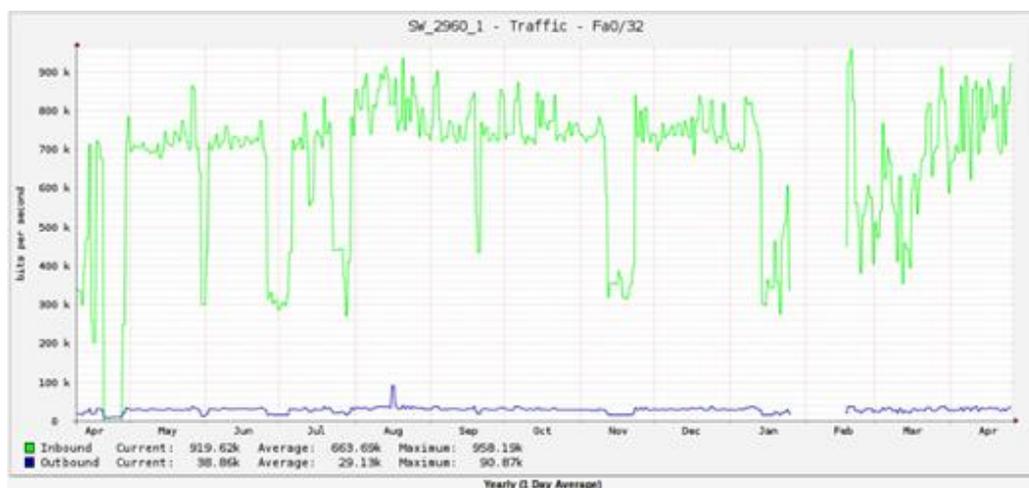


Figura 38. Captura de tráfico de la red por año

2.4.3. Evaluación de Indisponibilidad y calidad de la red

Para considerar una situación de indisponibilidad de la red, debe permanecer no operativa un tiempo mayor que un cierto valor de referencia, la indisponibilidad se describe en términos de interrupción o de una degradación intensa de la señal, en donde se puede producir:

- Corte parcial o total de transmisión
- Ruido

- **Discontinuidad en las señales sísmicas**

Para medir la disponibilidad de la red se ha utilizado el software Total Network Monitor 2, que permite realizar la monitorización continua de redes locales, equipos individuales y servicios que se requieren atención detallada y control cuidadoso.

Se inicia por ingresar los equipos pertenecientes a la red que van a ser evaluados, en este caso las estaciones de Bocatoma, BVC2, BREF, Mariscal Sucre, BTAM y BNAS, como se muestra en la figura 39.

Nombre	Dispositivo	Host	Dirección IP	Tipo	Intervalo	Acciones	Sello de hora	Duración	Estabilidad	Estadísticas	Resultado
TX_BOCATOMA	Bocatoma	192.168.16.186	192.168.16.186	ICMP-ping	3m		26/04/2017 10:...	87	92%	67/6/0	El tiempo de ida...
TXBVC2	BVC2	192.168.16.175	192.168.16.175	ICMP-ping	3m		26/04/2017 10:...	113	89%	47/6/0	El tiempo de ida...
TX_BREF	BREF	192.168.16.185	192.168.16.185	ICMP-ping	3m		26/04/2017 10:...	160	73%	45/17/0	El tiempo de ida...
RX_BOCATOMA	BNAS	192.168.16.192	192.168.16.192	ICMP-ping	3m		26/04/2017 10:...		100%	44/0/0	El tiempo de ida...
RX_BVC2_BREF	BTAM	192.168.16.174	192.168.16.174	ICMP-ping	3m		26/04/2017 10:...	10	100%	41/0/0	El tiempo de ida...
RX	SUCR	192.168.16.170	192.168.16.170	ICMP-ping	3m		26/04/2017 10:...	515	0%	0/52/0	100% losses. Ti...

Figura 39. Ingreso de equipos a software de monitoreo Total Network Monitor

a) Estación Bocatoma

Se puede verificar en la figura 40 que las estadísticas de funcionamiento son estables, presentando un 92% de estabilidad de conexión, con un 8% de intervalos de pérdida, que no representan un problema para el buen desempeño de la estación.

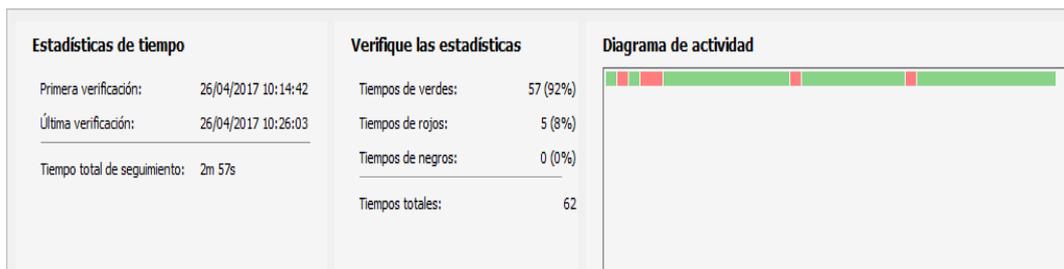


Figura 40. Estadísticas de conexión de la estación Bocatoma

b) Estación BVC2

La figura 41 muestra un 86% de estabilidad de conexión y un 14% de caída lo que permite visualizar que existe mayor cantidad de intervalos donde falla la conexión.

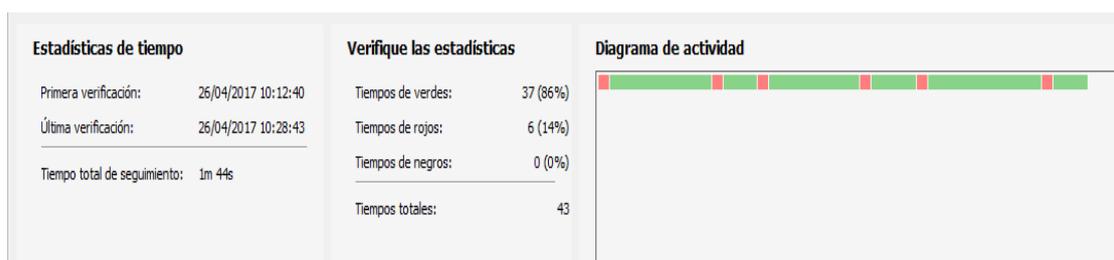


Figura 41. Estadísticas de conexión de la estación BVC2

c) Estación BREF

Se muestra en la figura 42 que existe factibilidad de conexión en un 73% e intervalos de caída en un 27%, lo que muestra que existe indisponibilidad de conexión en varios tramos.

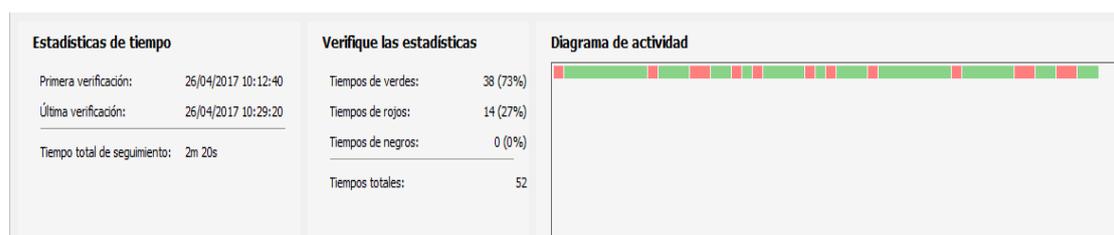


Figura 42. Estadísticas de conexión de la estación BREF

d) Estación Mariscal Sucre

La figura 43 muestra indisponibilidad completa de conexión, lo que genera perdida de la estación por un largo periodo de tiempo.

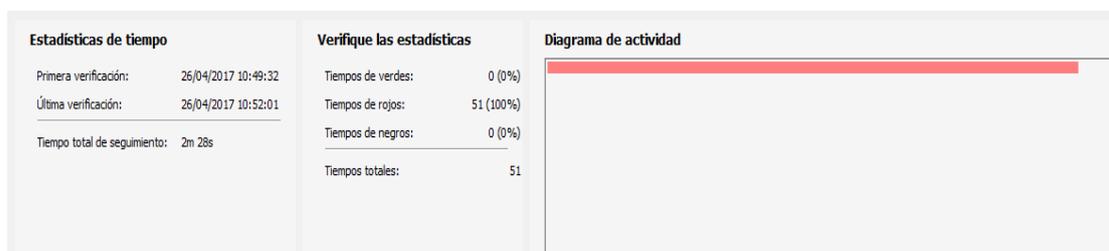


Figura 43. Estadísticas de conexión de la estación Mariscal Sucre

e) Estación Tambo y Nasa

Las estadísticas de estas dos estaciones muestran una conexión al 100%, lo que permite que sean estaciones óptimas en su transmisión, como se puede observar en la figura 44.

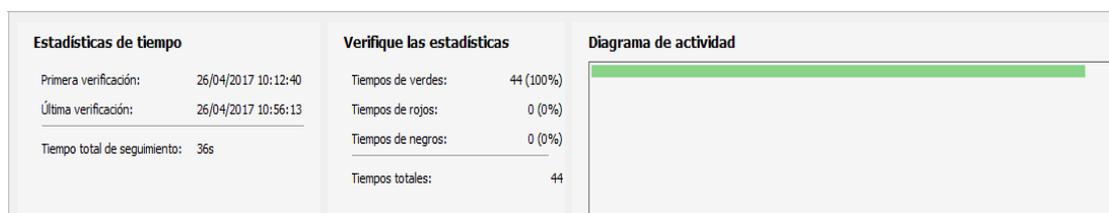
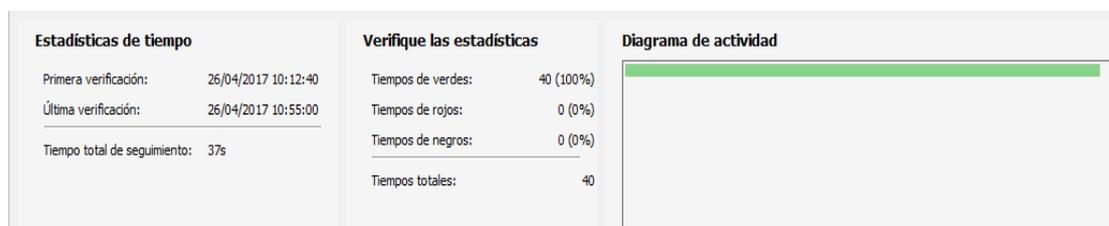


Figura 44. Estadísticas de conexión de las estaciones de Nasa Y Tambo

Se debe tomar en consideración que cada evento de indisponibilidad causa un esfuerzo del personal e impactos de operación y costos de mantenimiento.

2.4.4. Análisis de enlaces

Para realizar este análisis se deben tomar en consideración los siguientes parámetros:

- Altura de la estación transmisora y receptora, la potencia y la ganancia de las antenas.
- La sensibilidad que indica el funcionamiento adecuado del receptor.
- Relación C/N (carrier to noise), llega al receptor con una potencia mayor que el ruido para garantizar una determinada tasa de error.

En las siguientes figuras podemos observar la simulación del perfil de trayecto entre el transmisor y receptor en el software Radio Mobile, que usa modelos digitales de la elevación del terreno.

Se debe tomar en consideración que el nivel de recepción sea equivalente al obtenido en el espacio libre, obteniendo al menos el 60% de la primera zona de fresnel al largo del trayecto.

En las figuras 45, 46, 47 y 48 se puede observar que los enlaces no presentan ninguna obstrucción por lo que es posible tener una buena comunicación entre estaciones.

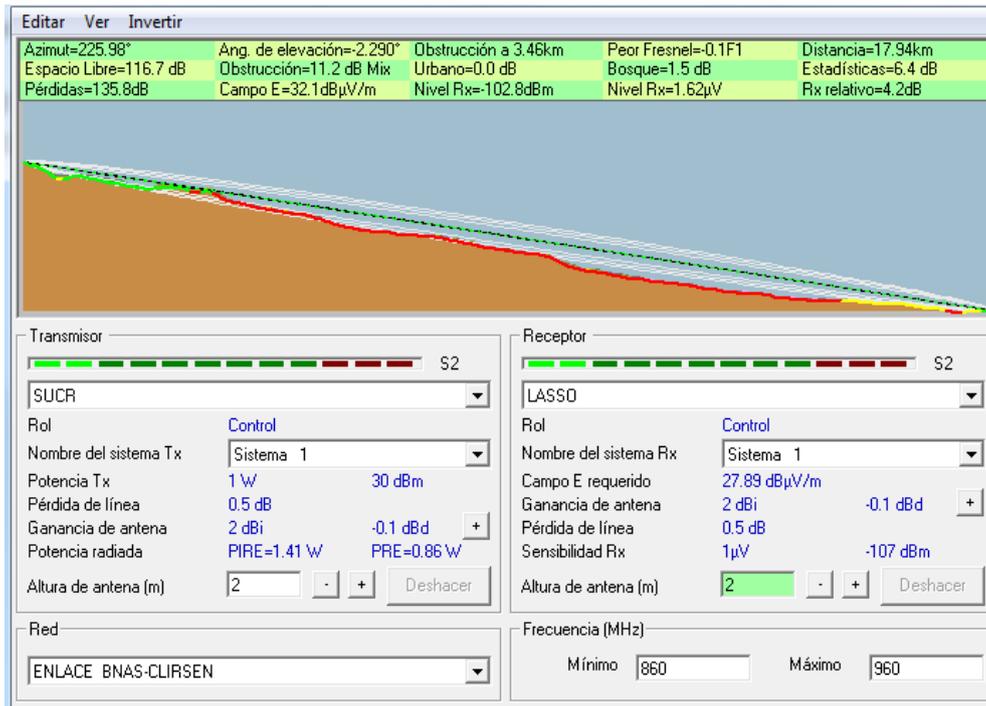


Figura 45. Enlace Mariscal Sucre Lasso realizado en Radio Mobile

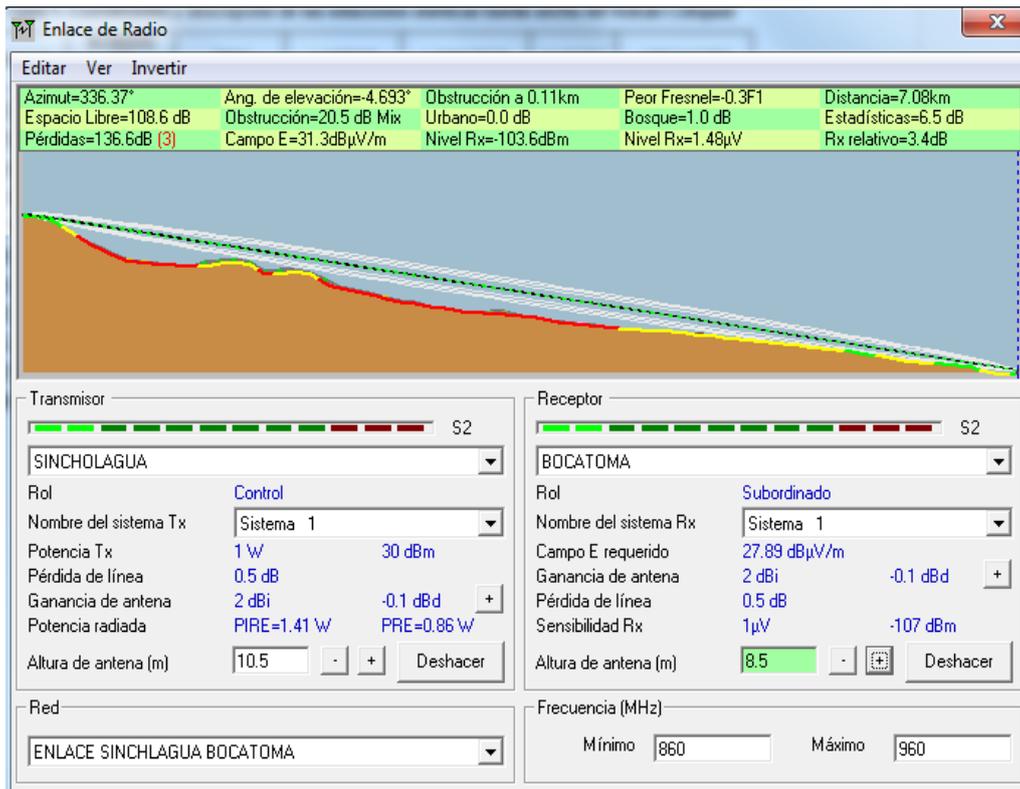


Figura 46. Enlace Sincholagua_Bocatoma realizado en Radio Mobile

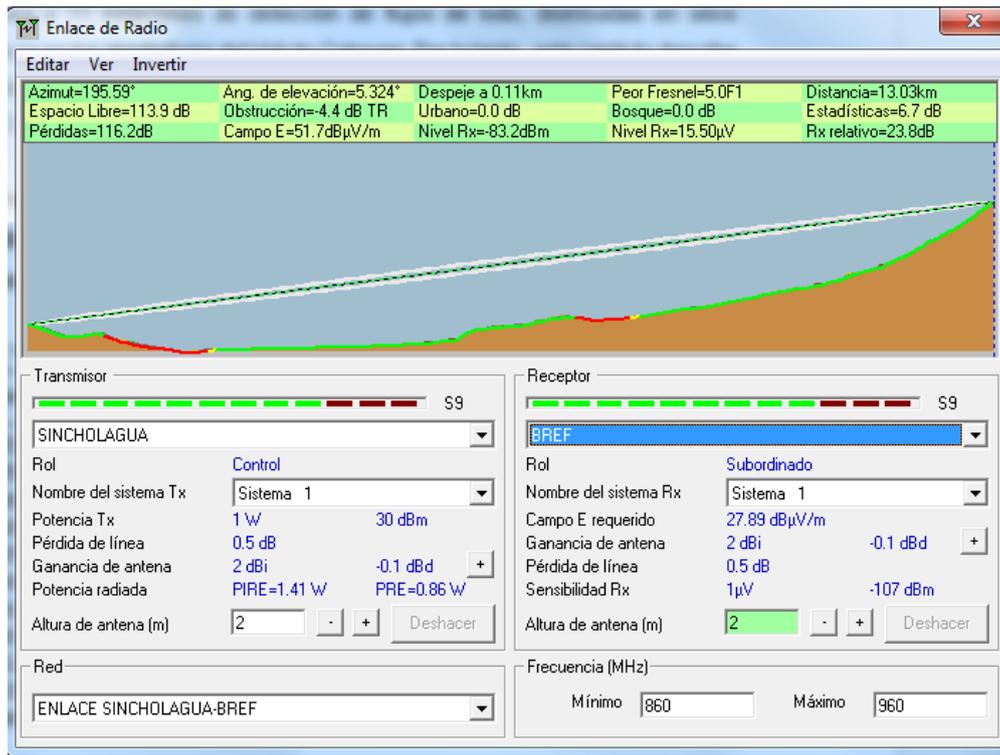


Figura 47. Enlace Sincholagua_BREF realizado en Radio Mobile

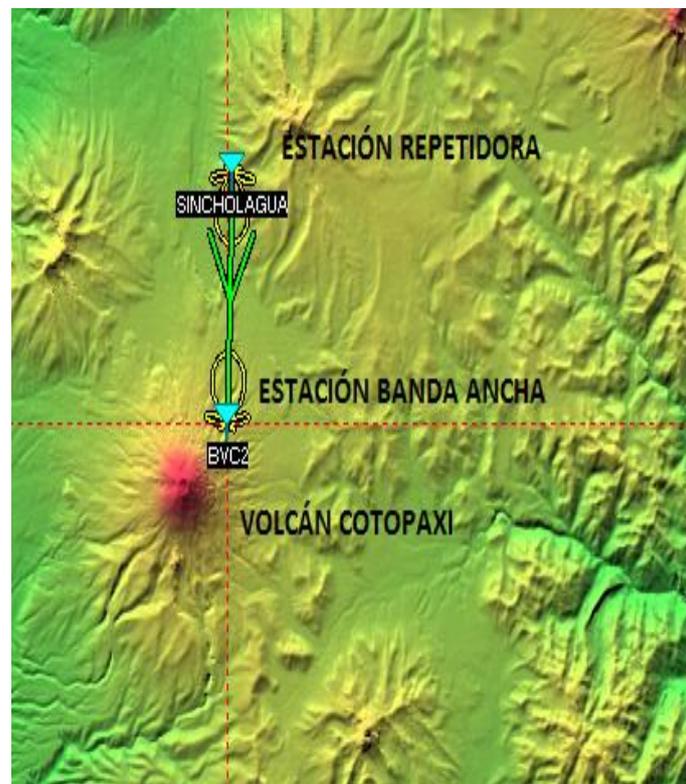
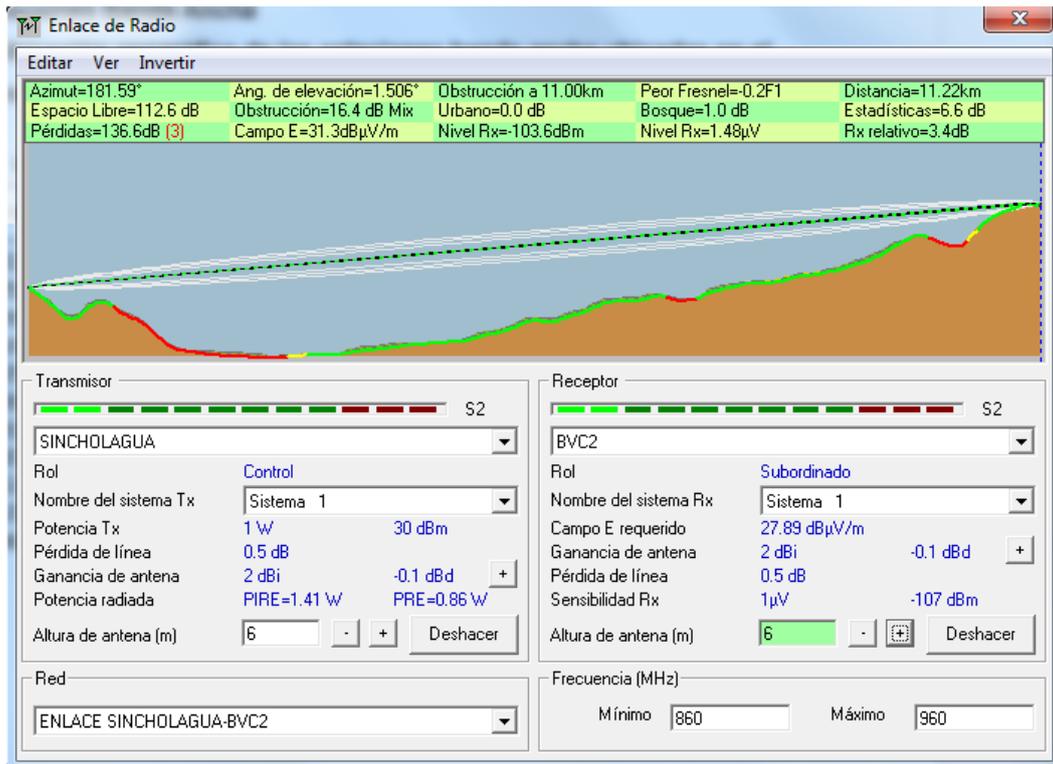


Figura 48. Enlace Sincholagua_BVC2 realizado en Radio Mobile

2.4.5 Sistema de alimentación

El sistema de alimentación utilizado para la instrumentación se lo realiza según el tipo de estación a instalar y el sistema de comunicación a utilizar, como se mencionó en el capítulo 1 en las estaciones sísmicas bandas anchas y de flujos de lodo se utilizan sistemas fotovoltaicos, estos por lo general tienen bancos de baterías de 12 voltios, teniendo como objetivo dar energía a los equipos en la noche ya que en la luz del día la energía la dan los paneles solares, controlados todos estos elementos por un regulador de voltaje. Por lo tanto, el funcionamiento de cada elemento se describe a continuación:

- **Agrupamiento y conexión de paneles**

Dependiendo la instalación, existe la posibilidad de utilizar un panel o un grupo de paneles que son montados en un determinado soporte para ser conectados eléctricamente entre sí. Cuando se trabaja con potencias bajas se trabajan con paneles solares flexibles, que hacen posible la conexión de los equipos de comunicaciones.

La potencia total que se espera consumir en las instalaciones es de 40W trabajando en 12V dc.

- **Regulador de voltaje**

Para el correcto funcionamiento de las instalaciones, se instala un sistema de regulación, el mismo que cumple la misión de evitar situaciones de carga y sobrecarga de las baterías, alargando su vida útil de funcionamiento. En la parte relacionada a la carga se garantiza que la carga sea suficiente para evitar problemas de sobrecarga, y en la parte de descarga se asegura el suministro eléctrico diario suficiente y se trata de evitar la carga excesiva de las baterías.

- **Baterías**

La elección de baterías es realizada según las condiciones de instalación que se tenga, tomando en consideración la ubicación y temperatura del sitio, en el caso de las estaciones sísmicas bandas anchas y de flujos de lodo se tienen baterías de gel.

3. CAPITULO III. ANÁLISIS DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO DEL VOLCÁN COTOPAXI TOMANDO COMO REFERENCIA LA NORMA DE CALIDAD TL9000

Para realizar el análisis es necesario recurrir al manual de mediciones TL9000, que muestran el procesamiento correcto de mediciones, su uso, responsabilidades y requisitos, siendo el objetivo principal de este capítulo evaluar el estado actual de las estaciones en base a la norma sugerida.

3.1. Métricas TL9000

El manual de métricas TL9000 define un grupo de medidas de desempeño, que permitirá la evaluación del comportamiento de las estaciones de monitoreo. (León, 2008)

3.1.1. Requisitos para el uso de métricas

- Usar las métricas como parte de un programa de mejora continua, desarrollando continuamente informes de gestión de calidad.
- Realizar intercambios y programas de mejora continua entre cliente y organización.
- Reportar informes al Administrador sobre las métricas que se van a trabajar para cada evaluación. (Forum, 2012)

3.1.2. Principios para la ejecución de métricas

Los principios que se mencionan a continuación tienen la intención de promover un entorno en el cual los clientes y las organizaciones puedan desarrollar su trabajo de manera conjunta para impulsar la mejora continua:

- Facilitar información, utilizable para hacer comparaciones, sobre las características de la industria.
- Optimizar los procesos y productos de telecomunicaciones.
- Identificar oportunidades de mejora.
- Regularizar las calificaciones o las evaluaciones de los clientes. (Forum, 2012)

3.1.3. Responsabilidades de la organización

- La organización debe instaurar procedimientos documentados para compilar y validar los datos de las mediciones, figura 50.
- Recopilar, validar y entregar los datos, según las definiciones de las métricas definidas, al administrador, usando las herramientas adecuadas proporcionadas por el manual.
- Entregar datos de las métricas que estén dentro del alcance de la certificación.
- Enviar datos que incorporen un mínimo de tres meses sucesivos de mediciones al administrador y recibir el informe de confirmación de datos, en el que se confirme la validez de la información entregada, para obtener la certificación TL9000.
- Comparar las mediciones internas con las estadísticas de la industria y llevar a cabo las gestiones necesarias para mejorar los productos y las prácticas, según sea necesario.
- Facilitar informes constantes sobre las métricas del sistema de gestión de calidad TL9000 a sus gerentes responsables.
- Corregir cualquier error en los datos.

- Enviar datos corregidos de ser necesario. (Forum, 2012)

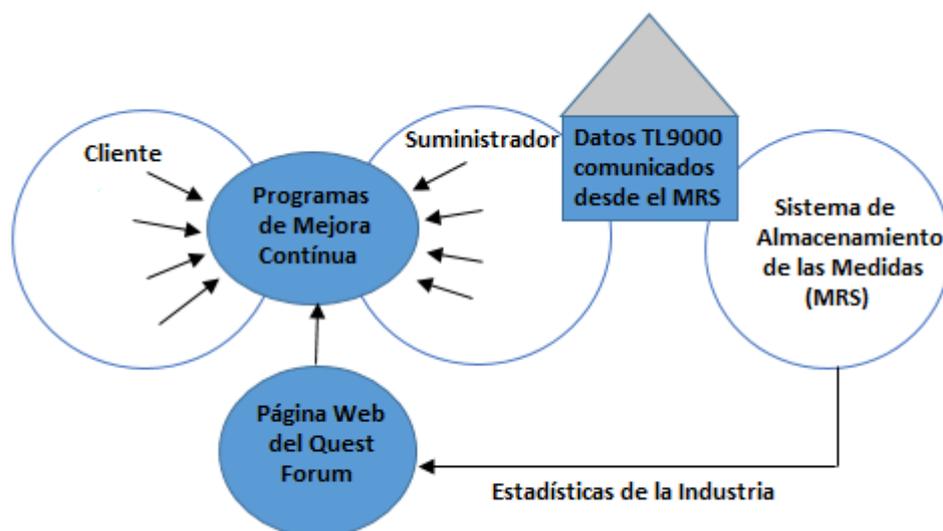


Figura 49. Flujo de datos de las métricas TL9000.

Tomado de (Forum, 2012)

3.2. MEDICIONES TL9000

3.2.1. Terminología:

3.2.1.1. Medidas comunes

- **NPR:** muestra el número de problemas identificados y que han sido solucionados.
- **FRT:** se encarga de medir el tiempo de respuesta a la solución del problema repostado por el funcionario.
- **OTD:** indica el porcentaje de entrega a tiempo del servicio, equipo o sistema instalado.
- **OFR:** permite cuantificar la respuesta PR y la corrección del umbral de tiempo para problemas no fijados.

3.2.1.2. Medidas de interrupción:

- **SO:** lleva el registro de frecuencias y tiempo de fallos del sistema, ya sea falla de un elemento de red o en su administración.
- **EIO:** Indica el porcentaje de frecuencias de interrupciones causado por ingeniería o instalación.
- **CCS:** evalúa la señal de transferencia.

3.2.1.3. Medidas de tasa de retorno de equipos defectuosos

- **FR:** lleva el registro del índice de retorno de equipos o elementos proveedores que se encuentren en mal estado y se tenga que pedir devolución.

3.2.1.4. Medidas para la capacidad de tráfico

- Si el factor de normalización muestra capacidad de tráfico como DS1, OC1, DSL o terminaciones, deben ser calculados en base a la capacidad del tráfico utilizable, proporcionando protección al tráfico principal. (Quest Forum, 2006)

3.2.1.5. Mediciones de software (SWIM)

- Estas medidas son proporcionadas para ayudar al cliente y a la organización a entender la calidad de nuevas versiones de software.

3.2.1.6. Otras mediciones

- **"NA":** significa que la medición no es aplicable para la categoría de producto.

- **"None"** significa que ningún factor de normalización común es identificado en la categoría de productos.

3.2.2. Medición de la Indisponibilidad del Sistema (SO)

Esta medida es de aplicación únicamente a productos de hardware y software, en donde la disponibilidad /indisponibilidad se especifican en los requisitos de características de fiabilidad del sistema, siendo su propósito principal evaluar las características de tiempo de caída y la frecuencia de las indisponibilidades. (Forum, 2012)

Por tanto, es necesario proporcionar dos grupos de mediciones para cada categoría de producto: la frecuencia global de indisponibilidad y tiempo de caída y la frecuencia de indisponibilidad y tiempo de caída.

Para realizar este tipo de mediciones se deben seguir las reglas de contabilización que se indican a continuación:

- Se contabiliza la pérdida total de funcionalidad de todo o una parte del sistema con duración mayor a 30s. Si el evento es planificado, se contabiliza si la duración es mayor a 15s.
- Las indisponibilidades planificadas se contabilizan a menos que se haya establecido una ventana temporal de mantenimiento en la que no se requiera que el sistema esté en servicio.
- Las indisponibilidades se contabilizan sobre un producto sólo cuando el fallo se encuentra en el propio producto. (Forum, 2012)

3.2.2.1. Cálculos de indisponibilidad del sistema

Para realizar estas mediciones aplicamos las ecuaciones mencionadas a continuación:

- **Tiempo de caída con datos mensuales:**

$$DT = 12x \frac{\sum_{i=1}^m P_i}{N} \quad (\text{Ecuación 1})$$

en dónde:

Pi= Minutos de indisponibilidad global ponderada

N=Número de sistemas en servicio al final del mes

- **Frecuencia de indisponibilidad:**

$$OF = 12x \frac{m}{N} \quad (\text{Ecuación 2})$$

en dónde:

m= Número de indisponibilidades

N=Número de sistemas en servicio al final del mes

Teniendo las ecuaciones definidas se procede a realizar el cálculo correspondiente, tomando como referencia los resultados del análisis ejecutado en el capítulo 2, en el literal 2.4.3.

Para iniciar con el cálculo es necesario obtener la sumatoria total de los minutos de indisponibilidad total global ponderada, para esto tomamos los valores del análisis en Total Network 2 de cada una de las estaciones, es necesario también identificar los valores de número de indisponibilidades y

número de sistemas del servicio al final del mes, por tanto, los valores para cada uno de ellos son los siguientes:

$$P = 5min + 6min + 14min + 51min = 76 min$$

$$m = 4$$

$$N = 5$$

3.2.2.1.1. Análisis de indisponibilidad

- **Tiempo de caída con datos mensuales:**

$$DT = 12x \frac{\sum_{i=1}^m P_i}{N} = 12x \frac{76}{5} = 182.4min/mes$$

- **Frecuencia de indisponibilidad:**

$$OF = 12x \frac{m}{N} = 12x \frac{4}{5} = 9.6min/mes$$

Este análisis nos permite identificar los niveles de impacto ocasionados al momento de perder continuidad en la operación del sistema, sin embargo, se tiene resultados que no afectan en gran nivel a la operación de la red, pero si nos da una pauta para ir mejorando y cubriendo de mejor manera las necesidades que tienen los sistemas para dar un servicio óptimo.

Cabe mencionar que la indisponibilidad del sistema solo es tomada en cuenta cuando la falla se encuentra dentro del servicio en sí. Las interrupciones ocasionadas por otros servicios o condiciones de red quedan excluidas para la evaluación.

Para esta medida existen algunas exclusiones que deben ser tomadas en cuenta para la contabilización de fallos:

- Las indisponibilidades causadas por desastres naturales no se contabilizan.
- Un sistema que ha perdido comunicación con el sistema central no es considerado que se encuentra fuera de servicio, puesto que no es una pérdida completa de funcionalidad. (Forum, 2012)

3.2.3. Medidas de Interrupción

Cada uno de los requisitos de la norma TL900 se encuentra marcado con un código, que define el alcance del requisito. Los diferentes códigos con los que cuenta la norma se pueden apreciar en la tabla 7:

Tabla 7.

Códigos de requisitos TL9000

Código	Descripción
H	Solo Hardware
S	Solo Software
V	Solo Servicio
C	Común (H,S y V)
HS	Hardware y Software
HV	Hardware y Servicios
SV	Servicios y Servicios

A continuación, se muestra en la tabla 8 las medidas de interrupción en las estaciones de monitoreo, tomando como referencia el análisis actual desarrollado en el capítulo 2, buscando de esta manera la calidad, recorte de costos y un servicio competitivo. Para la evaluación se toman en cuenta los parámetros de H, S, V (Hardware, Software y Servicios) para determinar la situación en cada uno de los casos como lo indica la norma.

Tabla 8.

Medias de Interrupción

		Medidas de Interrupción						
Categoría del producto		Reporte daños H,S,V	Impacto de Servicio H,S	Impacto de elementos de red			Tasa de Retorno H	Medidas de Software S
Cód	Descripción			Función Primaria H,S	CCS(Señal de transferencia) H,S	Administración H,S		
Símbolo de medición TL9000		NPR	SO	SONE	SOCCS	SONA	FR	SWIM
2	Señalización							
2.1	Punto de control de servicio (SCP)	H,V	S	H	S	N/A	N/A	S
2.3	Inicio de registro de localización (HLR)	S	S	S	H,S	N/A	N/A	S
3	Transmisión							
3.1 .1. 3.4	Sistemas de antena	H	H	H	N/A	N/A	N/A	S
3.1 .2	Estructura Física	N/A	N/A	N/A	N/	N/A	N/A	N/A
3.1 .2. 1	Sitios	V	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3.3	Transmisión Inalámbrica	H,V	H,S	H	S	N/A	N/A	S
3.3 .1	Equipo de la estación base	H,S,V	H,S,V	H,S,V	S	N/A	N/A	S
4	Operación y mantenimiento							
4.1	Sistema de prueba	H,S	H,S	H,S	H,S	N/A	N/A	S
4.1 .2	Equipos de prueba	H,S	H,S	H,S	H,S	N/A	N/A	S

4.1	Software de soporte de prueba	S	S	S	S	N/A	N/A	S
4.2	Sistema de soporte de operaciones							
4.2	En línea crítica	H,S	H,S	H,S	H,S	N/A	N/A	S
4.2	En línea no crítica	S	S	S	S	N/A	N/A	S
4.2	Fuera de línea	H,S	H,S	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4.3	Operaciones auxiliares y mantenimiento	H,S,V	H,S,V	H,S,V	H,S,V	N/A	N/A	S
5	Sistemas comunes							
5.1	Sincronización	H,S	H,S	H,S	H,S	N/A	N/A	S
5.2	Ordenadores de uso general	S,V	S,V	S,V	N/A	N/A	N/A	S
7	Servicios							
7.1	Instalación del servicio	H,S,V	H,S,V	H,S,V	H,S,V	N/A	N/A	S
7.2	Servicio de ingeniería							
7.2	Servicio de ingeniería de redes	H,S,V	H,S,V	H,S,V	H,S,V	N/A	N/A	S
7.2	Servicio de desarrollo de software	S,V	S,V	S,V	N/A	N/A	N/A	S
7.2	Servicio de desarrollo de hardware	H,S	H,S	H,S	N/A	N/A	N/A	S
7.3	Servicio de mantenimiento	H,S,V	H,S,V	H,S,V	H,S,V	N/A	N/A	S
7.4	Reparación del servicio	H,S,V	H,S,V	H,S,V	H,S,V	N/A	N/A	S

8	Componentes y subconjuntos							
8.6	Componentes y herramientas de software	S,V	S,V	S,V	N/A	N/A	N/A	S

Tomado de (Quest Forum, 2014)

Realizando el análisis de la tabla 8, se puede identificar que el Instituto Geofísico cuenta con los mecanismos necesarios para identificar los puntos de impacto del servicio y el reporte oportuno de problemas, haciendo hincapié en la operación y mantenimiento de la red a nivel de hardware y software, pero si se encuentra debilidad en la parte de aplicación de medidas en evaluación en tasas de retorno y medidas en software para mejorar la calidad de los sistemas de comunicaciones.

3.2.4. Medición NPR

Esta medición es realizada con los reportes del estado de salud de las estaciones de monitoreo sismos y de flujos de lodo, tomados en el mes de marzo del 2017.

Para realizar dicha medición el factor de anualización es 13 y NPR4 como indica el manual de ejemplos de Quest Forum (Quest Forum, 2014), dado que los datos son recogidos durante un periodo de tiempo más corto que el número de reportes de problemas de todo un año.

Las mediciones NPR son calculadas mensualmente tal como se muestra en la tabla 9:

Tabla 9.

Notación NPR

Identificador	Valor
Afactor	Cantidad de periodos de cálculo en un año, el cual será de 12 por ser mes calendario.
NPRS	Factor de normalización
Np1	Cantidad de quejas críticas en el periodo de cálculo.
Np2	Cantidad de quejas mayores en el periodo de cálculo.
Np3	Cantidad de quejas menores en el periodo de cálculo.
Np4	Cantidad de quejas en el periodo de cálculo.

Tomado de (Quest Forum, 2014)

Por tanto en las figuras 51, 52,53 ,54 se puede observar que el número de problemas reportados en todas las estaciones del Cotopaxi son $Np4 = 24$, por lo cual este valor será utilizado para realizar dicha medición con la ecuación 3 que se muestra a continuación:

$$NPR4 = \frac{Np4 * 13}{500000} \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$NPR4 = \frac{24 * 13}{500000} = 0.000624$$

RESUMEN DE ESTADO DE SALUD ESTACIONES				
Fecha:	01 DE MARZO DE 2017			
ESTACIÓN / REPETIDORA	UBICACIÓN	TIPO DE ESTACIÓN	PROBLEMAS ENCONTRADOS	POSIBLES SOLUCIONES
La Merced	COTOPAXI	Repetidora	S/N 13 dB. Potencia reflejada 5	Revisar antena Rx Sincholagua
Lasso	COTOPAXI	Cámara	Voltaje 11,94V.	capacidad de tx.
Mariscal Sucre	COTOPAXI	Banda Ancha	Voltaje 11,5V. S/N 21dB	Revisar sistema de alimentación.
Morurco	COTOPAXI	Banda Ancha	Fuera desde el 23 de Febrero.	Mantenimiento de la estación
Pita	COTOPAXI	Repetidora	Señal atenuada.	Mantenimiento de la estación

Figura 50. Resumen de los problemas reportados en las estaciones del volcán Cotopaxi de la semana de 01 de marzo de 2017.

RESUMEN DE ESTADO DE SALUD ESTACIONES				
Fecha:	06 DE MARZO DE 2017			
ESTACIÓN / REPETIDORA	UBICACIÓN	TIPO DE ESTACIÓN	PROBLEMAS ENCONTRADOS	POSIBLES SOLUCIONES
La Merced	COTOPAXI	Repetidora	Potencia reflejada 5	Revisar antena Rx Sincholagua
Lasso	COTOPAXI	Cámara	Voltaje 11,81V.	capacidad de tx.
Mariscal Sucre	COTOPAXI	Banda Ancha	S/N 22dB	Revisar sistema de alimentación.
Morurco	COTOPAXI	Banda Ancha	Fuera desde el 23 de Febrero.	Mantenimiento de la estación
Pita	COTOPAXI	Repetidora	Señal atenuada.	Mantenimiento de la estación
St. 08	COTOPAXI	AFM	Problemas de ingreso debido a la estación 13	Mantenimiento de la estación 13
St. 13	COTOPAXI	Banda Ancha	Reinicio constante.	Mantenimiento de la estación

Figura 51. Resumen de los problemas reportados en las estaciones del volcán Cotopaxi de la semana de 06 de marzo de 2017

RESUMEN DE ESTADO DE SALUD ESTACIONES				
Fecha:	13 DE MARZO DE 2017			
ESTACIÓN / REPETIDORA	UBICACIÓN	TIPO DE ESTACIÓN	PROBLEMAS ENCONTRADOS	POSIBLES SOLUCIONES
Barranca Alta St. 13	COTOPAXI	Repetidora	Reinicio constante.	Mantenimiento de la estación
Lasso	COTOPAXI	Cámara	noches	capacidad de tx.
Mariscal Sucre	COTOPAXI	Banda Ancha	S/N 22dB	Revisar sistema de alimentación.
Morurco	COTOPAXI	Banda Ancha	Fuera desde el 23 de Febrero.	Mantenimiento de la estación
Pita	COTOPAXI	Periodo Corto	Señal atenuada.	Mantenimiento de la estación
San Ramón	COTOPAXI	Banda Ancha	Masas sin centrar	Mantenimiento de la estación
San Ramón St. 08	COTOPAXI	AFM	Problemas de ingreso debido a la estación 13	Mantenimiento de la estación 13

Figura 52. Resumen de los problemas reportados en las estaciones del volcán Cotopaxi de la semana de 13 de marzo de 2017

RESUMEN DE ESTADO DE SALUD ESTACIONES				
Fecha:	20 DE MARZO DE 2017			
ESTACIÓN / REPETIDORA	UBICACIÓN	TIPO DE ESTACIÓN	PROBLEMAS ENCONTRADOS	POSIBLES SOLUCIONES
Lasso	COTOPAXI	Repetidora	Se pierde por las noches	capacidad de tx.
Mariscal Sucre	COTOPAXI	Banda Ancha	Voltaje 11V. S/N 21dB	Revisar sistema de alimentación.
Pita	COTOPAXI	Repetidora	Señal atenuada.	Mantenimiento de la estación
Refugio Norte	COTOPAXI	Repetidora	Fuera de línea	Verificar repetidora
San Joaquín	COTOPAXI	DOAS	Fuera de línea. Sin datos	escaner

Figura 53. Resumen de los problemas reportados en las estaciones del volcán Cotopaxi de la semana de 20 de marzo de 2017

3.2.5. Medición de desempeño

La medición desarrolla en la tabla 10, fue realizada en base a un trabajo de análisis para la auditoría de un sistema de gestión de calidad elaborado por (Zambrano, 2008), con la finalidad de medir el desempeño en el Instituto Geofísico.

Tabla 10.

Medición de desempeño de la información

Medición de desempeño	Valoración				
	0%	25%	50%	75%	100%
Se maneja un procedimiento para recoger, elegir e integrar la información para el seguimiento del desempeño organizacional.				X	
Se determinan indicadores claves de desempeño en la organización.			X		
Se afirma el uso real de la información para apoyar la toma de decisiones operativas y estrategias.				X	
PROMEDIO	66.66%				

Adaptado de (Zambrano, 2008)

En la medición de la tabla 10, se puede observar que la organización recoge y selecciona los datos para el seguimiento diario del desempeño de la organización, sin embargo, no se ha realizado un procedimiento por falta de procesos establecidos y enfocados.

El Instituto Geofísico ha demostrado ser capaz de asegurar el uso efectivo de la información tomando decisiones oportunas ante las amenazas diarias reportadas.

3.2.6. Medición de recolección de la información

Se puede observar en la tabla 11 basada en el análisis del sistema de gestión de calidad de (Zambrano, 2008) que se tiene un procedimiento adecuado de resultados, de tal forma que se cumple con la recolección y análisis de los datos para comprobar la eficacia del sistema de gestión de calidad.

El análisis de tendencias es realizado, pero aún falta por desarrollar procedimientos que permitan un mejor despliegue de los mismos.

Tabla 11.

Análisis de datos recolectados a tiempo real.

Análisis de datos	Valoración				
	0%	25%	50%	75%	100%
Se establece, recopila y analizan los datos para demostrar la capacidad y la eficacia del sistema de gestión de calidad.					x
El análisis de los datos facilita información sobre la satisfacción del cliente, la conformidad con los requisitos del producto, las características y tendencias de los procesos y de los productos, y los proveedores.				x	
Se realiza un análisis de tendencia de las diferencias encontradas en productos no conformes.				x	
Se realiza la recolección y el análisis de la información del desempeño del servicio.					x
Se utiliza la información recolectada					x

para identificar causas y frecuencias de las fallas del servicio.					
Se proporciona la información del servicio a las organizaciones apropiadas para fortalecer el mejoramiento del servicio.				x	
PROMEDIO	75%				

Adaptado de (Zambrano, 2008)

3.3. Resumen de mediciones TL9000 aplicadas al sistema de monitoreo del Instituto Geofísico

En la tabla 12 se puede observar la calidad del servicio entregado durante el ciclo de trabajo operativo en las redes de monitoreo, mostrando respuesta y arreglos en la solución de problemas de manera inmediata en un plazo oportuno de tiempo, cumpliendo las expectativas finales de la organización.

Tabla 12.

Resumen de mediciones TL9000

		Medición Submedición	Símbolo de medición	Aplicabilidad (H / S / V)
5.1	Número de Informes de problemas	NPR		
	Reportes Críticos de problemas por unidad de normalización		NPR1	H,S
	Principales reportes de problemas por unidad de normalización		NPR2	H,S
	Reportes de problemas menores por unidad de		NPR3	H,S

	normalización			
5.2	Tiempo de respuesta a problemas	FRT		
	Informe de problemas importantes		FRT1	H,S
	Informe de problemas menores, fijando el tiempo de respuesta		FRT2	H,S
	Respuesta al tiempo de respuesta.		FRT3	H,S
5.4	Tiempo de entrega a respuestas	OTD		
	Entrega del sistema instalado en el tiempo		OTIS	H,S,V
6.2	Interrupción por ingeniería o instalación	EIO		
	Frecuencia de interrupción causada por la ingeniería		EOF	V
	Frecuencia de interrupción causada por la instalación		IOF	V
8.1.4	Problemas de software	SWIM		S

Adaptado de (Quest Forum, 2006)

Esta evaluación nos permite medir el impacto del servicio y el estado de los elementos que conforman la red, proporcionando una idea robusta de su funcionamiento.

Con respecto al software se ha tratado de buscar nuevas versiones que permitan mejorar el desempeño en cada una de los servicios requeridos para el monitoreo sísmico y de flujo de lodo, realizando esfuerzos para corregir defectos y evitar riesgos de introducir falla en el mismo.

3.4. Verificación con ISO 9001:2000 basado en TL9000

En el anexo 1 se muestra la lista de verificación realizada con ISO 9001:2000 con el objetivo de conocer con mayor detalle el impacto del sistema de calidad en los sistemas de telecomunicaciones del Instituto Geofísico, debido a que estos procesos van relacionados con la norma de calidad TL900, dando soporte al desarrollo de procesos y toma de decisiones.

4. CAPITULO IV. PLANTEAMIENTO DE MEJORAS

Realizados los análisis respectivos en los capítulos 2 y 3 en la situación actual y aplicando la norma, se puede resaltar que existe deficiencia en los puntos que se mencionan a continuación:

- Establecimiento de procesos bajo normas de calidad.
- Definición de indicadores de gestión y seguimiento.
- Control del mantenimiento correctivo y preventivo de la instrumentación.
- Control de registros de evaluación y monitoreo.
- Mejoramiento del monitoreo de red y administración de fallas.

Para cualquier organización la mejora continua es fundamental para su desarrollo, por tal motivo es necesario definir, proyectar e implementar actividades de medición, seguimiento y análisis que permitan utilizar diferentes metodologías de crecimiento.

4.1. Planificación, seguimiento y evaluación

El objetivo fundamental es lograr un mejor desempeño, obteniendo resultados de un proceso continuo, esto significa que debe existir una retroalimentación, aprendizaje y mejoras constantes en la organización, como se muestra en la figura 55.



Figura 54. Planificación, seguimiento y evaluación

Es importante, que el Instituto Geofísico organice sus actividades siguiendo una planificación que permita ejecutar un reporte de problemas de forma continua para dar solución inmediata y dar un seguimiento adecuado a la recopilación y análisis de la información adquirida en tiempo real, teniendo como objetivo fundamental mejorar la eficiencia y efectividad de cada una de ellas

Para realizar la evaluación del estado de salud de cada una de las estaciones, es necesario utilizar un esquema de monitorización activo, debido a que el sistema tendrá la capacidad de inyectar paquetes de prueba dentro de la red y permitirá determinar parámetros muy importantes como son: tiempo de respuesta, muestreos y frecuencias.

4.2. Planteamiento de mejoras

4.2.1. Establecer procesos bajo normas de calidad

Para poder obtener un proceso óptimo de calidad en el Instituto Geofísico, es necesario tomar en consideración las etapas que se mencionan a continuación:

- **Etapa 1: Análisis de la situación actual**

Esta etapa fue realizada en el capítulo 2, por tal motivo se puede indicar que se está cumpliendo, pero es importante tomar en cuenta el punto de partida exacto de la situación de cada una de las estaciones, estableciendo objetivos eficientes para el progreso de los sistemas de comunicaciones y gestión de calidad.

Para conseguir este objetivo es factible recopilar y analizar registros anteriores que permitan efectuar una evaluación continua de la evolución de cada una de las estaciones y sus procesos.

- **Etapa 2: Mapeo de procesos**

Los parámetros de análisis definidos en la situación actual en las estaciones de monitoreo, deben ser establecidos teniendo conocimiento e interacción con todas las áreas del Instituto Geofísico para establecer el tipo de información que influyen a cada área del mismo.

El objetivo de implementar procesos en Instituto Geofísico, permitirá tener una visión clara de las mejoras que se quieren realizar, consiguiendo un funcionamiento óptimo de cada parte del sistema de comunicaciones y gestión de calidad.

Por tal motivo se plantean realizar los siguientes procesos:

- **Procesos de operación:** estos procesos se encargarán de incluir todas las operaciones mensuales realizadas a nivel de red y de gestión, consiguiendo obtener un registro del estado de cada una de las redes que comprende el Instituto Geofísico.

- **Procesos de estrategia:** estos procesos estarán orientados a la creación de nuevos mecanismos de monitoreo de los sistemas de telecomunicaciones, que harán posible adquirir y brindar una información de calidad.
- **Etapa 3: Documentación de política y plan de calidad**

Si bien es cierto en esta investigación no se ha hecho hincapié en la parte de documentación, sin embargo, se debe tomar en cuenta, ya que sin un plan y sin una política de calidad no es posible implementar un sistema de gestión de calidad.

Es por eso que es necesario implementar procedimientos y recursos aplicados de forma específica según el tipo de estación, incluyendo el compromiso de lograr mejora continua, como se indica a continuación:

- Se debe identificar la necesidad (equipos, sistema de alimentación, sistema de comunicación) de cada una de las estaciones.
- Se debe definir los parámetros de evaluación de cada estación según el tipo.
- Se debe establecer un alcance a los objetivos que se tengan con cada estación instalada.
- Se debe realizar una auditoría a partir de su instalación y funcionamiento.
- **Etapa 4: Elaboración de procedimiento e instrucciones de trabajo**

Esta etapa es en donde se va a plasmar todo lo que se tiene que llevar a cabo y los alcances de la actividad de cada uno de los funcionarios del Instituto Geofísico.

Por ello se detallan a continuación las actividades que deben ser realizadas por los funcionarios, para lograr una optimización constante en cada uno de los procesos definidos:

- Involucrarse de lleno a todas las actividades realizadas por el Instituto Geofísico, con la finalidad de aportar con ideas para solucionar los problemas diarios que se presentan.
 - Los funcionarios deben ser capaces de establecer procesos para generar cambio y aprendizaje permanente en la organización.
 - Apoyar a cada uno de los equipos de trabajos para crear posibilidades de aprendizaje a todos los funcionarios del Instituto Geofísico.
- **Etapa 5: Elaboración del manual de calidad**

Se debe preparar un manual de calidad, al momento que se definan y se realicen los procedimientos correspondientes y necesarios para la mejora de cada tipo de estación, tomado en consideración su alcance, instrumentación y objetivos de instalación, para esto se seguirá el proceso que se muestra en la figura 55:

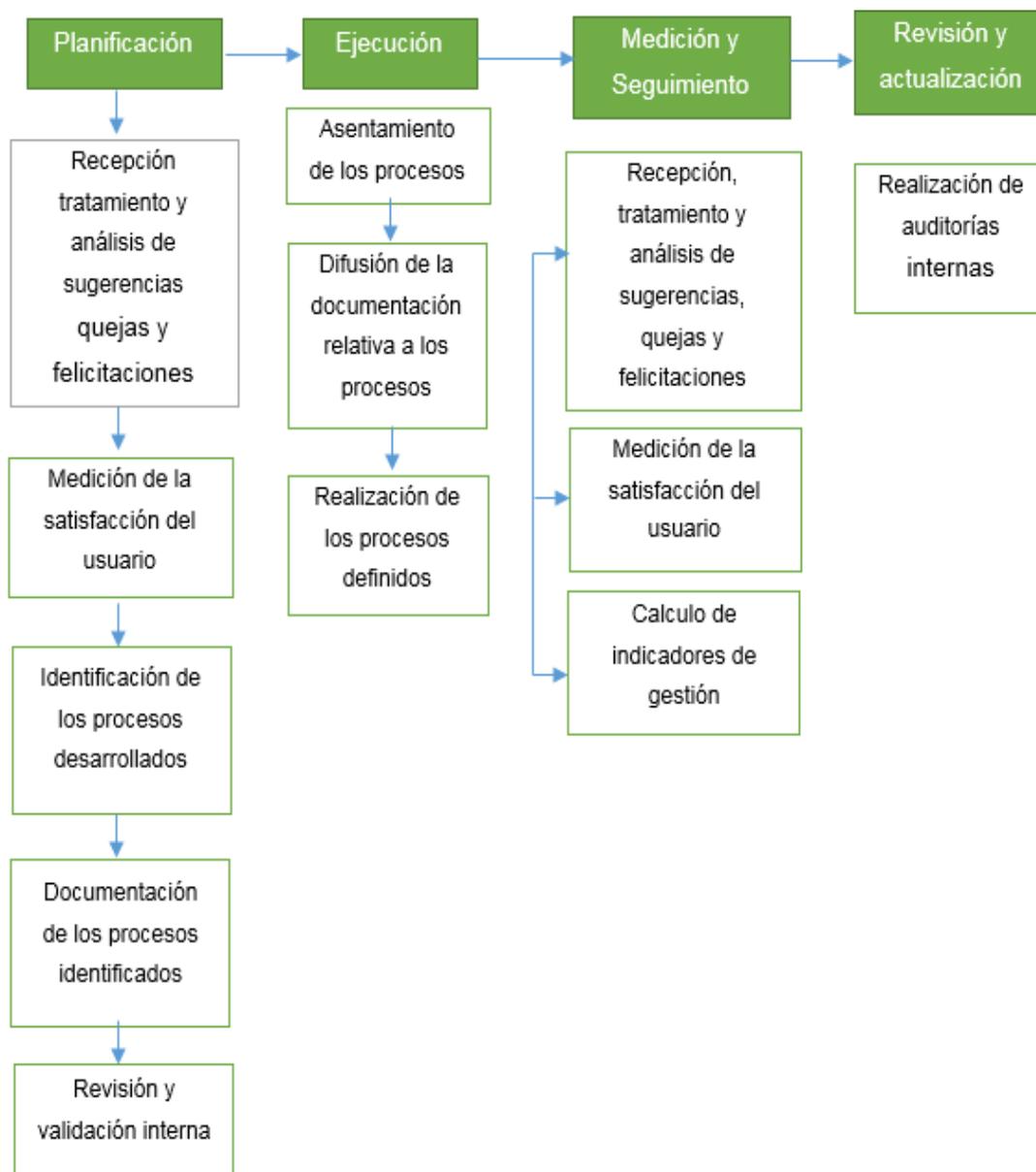


Figura 55. Elaboración del manual de calidad para el Instituto Geofísico

- **Etapa 6: Capacitación**

Se realizará un cronograma de capacitaciones para el monitoreo de los sistemas de telecomunicaciones, mantenimiento correctivo y preventivo de las estaciones de monitoreo con el objetivo de lograr un cambio en el desarrollo de la organización y crear conciencia de lo que se significa trabajar en una institución tan importante para el país.

- **Etapa 7: Implementación**

Una vez ejecutado, desarrollado y agrupado todo lo antes dicho, llega la etapa de la implementación, en donde se debe poner en marcha todo el sistema y el personal debe empezar a trabajar en forma objetiva.

4.2.2. Establecimiento de indicadores de gestión y seguimiento

Establecer indicadores de gestión y seguimiento permitirá al Instituto Geofísico vigilar la calidad del desempeño y funcionamiento de cada una de sus estaciones, los mismos que estarán concentrados en la planificación, ejecución, dirección y medición para visualizar una imagen de eficiencia y calidad.

4.2.2.1. Indicadores de gestión

Un indicador es una relación que existe entre variables cuantitativas o cualitativas, que permiten que se observen las situaciones y las tendencias de cambio generadas en un objeto determinado.

Por tanto, para establecer indicadores se ha evaluado lo realizado en los capítulos 2 y 3, los mismos que han permitido identificar las debilidades en el control de procesos de evaluación.

Los identificadores que se mencionan a continuación han sido tomados por ser sencillos, objetivos y de fácil manejo, adecuándose a las necesidades de la organización y a la evaluación sistemática de los resultados, como se describe en la figura 56.



Figura 56. Control de gestión
Tomado de (Lezama, 2017)

- **Indicadores tácticos:** estos indicadores permitirán establecer controles de monitoreo y medir el desempeño de los objetivos de cada uno de los procesos implementados.
- **Indicadores operativos:** la implementación de estos indicadores permitirán el monitoreo continuo y la medición del cumplimiento de las actividades propias del funcionamiento óptimo de cada proceso.
- **Indicadores de eficiencia:** la ejecución de estos indicadores permitirán medir el grado de realización de las actividades planificadas y el alcance de los resultados esperados en cada periodo de evaluación.
- **Indicadores de efectividad:** la aplicación de estos indicadores harán posible la medición del impacto de la gestión de la red tanto en resultados como en recursos utilizados.

La implementación del sistema de indicadores permitirá al Instituto Geofísico en todo momento medir las desviaciones tanto en la satisfacción de su trabajo como en su relación con los indicadores internos de gestión.

4.2.3. Control del mantenimiento correctivo y preventivo de la instrumentación

Para los trabajos que se realizan en el Instituto Geofísico es importante llevar un buen registro del mantenimiento correctivo y preventivo, ya que eso garantizara la calidad de los productos al momento de realizar una instalación.

Por lo que es necesario tener en claro las siguientes definiciones:

- **Mantenimiento correctivo:** es realizado cuando un equipo se avería, y se tiene como finalidad devolverlo a sus condiciones normales de trabajo.
- **Mantenimiento preventivo:** se realiza la revisión de los elementos del equipo con el fin de detectar a tiempo posibles fallos que afecten en el momento de su instalación. (S.A, 2003)

Para mantener operativa a la red es preciso que todos los equipos sísmicos y de telecomunicaciones se encuentren en óptimas condiciones, por tanto, es necesario hacer una evaluación de los puntos que se mencionan a continuación para validar su calidad y funcionamiento:

1. Inspección de condiciones ambientales.
2. Limpieza externa e interna.
3. Inspección externa e interna.
4. Reemplazo de partes defectuosas.
5. Pruebas funcionales completas.
6. Ajustes y calibración.

4.2.3.1. Mantenimiento preventivo

Este mantenimiento es indispensable para las estaciones que comprenden las redes de monitoreo, por tal motivo se realizaran evaluaciones periódicas

completas a los sistemas de comunicaciones, alimentación y estado de equipos, para garantizar el funcionamiento operativo y continuo de las redes de monitoreo.

4.2.3.2. Mantenimiento correctivo

Estas tareas serán realizadas en respuesta a un aviso de incidencia, o como resultado de la detección de problemas durante las tareas del mantenimiento preventivo.

Dichas tareas consistirán en realizar operaciones de localización de eventos y reparación de problemas, tomando como referencia los puntos que se describen a continuación:

- Consulta continua de alarmas presentadas en el sistema de gestión de red y diagnóstico de posibles daños.
- Localización y reconocimiento de daños de la estación afectada, con reparación o sustitución de algún equipo si es necesario.
- Reparación de todos los daños identificados.
- Ejecución de pruebas y medidas.

4.2.4. Control de registros de evaluación y monitoreo

La implementación de un control de registros permitirá describir y clasificar el cumplimiento de cada plan de trabajo definido, para esto es necesario desarrollar estos registros bajo el siguiente enfoque:

- Verificar el cumplimiento de objetivos, frente a los resultados esperados.
- Explorar y analizar los impactos y efectos no esperados, tanto positivos como negativos.
- Describir, diagnosticar y explicar el proceso o gestión de cada planificación.

Esto admitirá tener una permanente observación y un registro continuo de la ejecución de cada planificación, realizar un análisis y valoración de cada sistema, obteniendo una documentación precisa, específica y oportuna para la institución.

En el contexto de la calidad existen dos tipos de registros, clasificados como técnicos y de calidad, en donde los registros técnicos describen los sucesos en el desarrollo de las actividades técnicas y los resultados obtenidos y los registros de calidad son esencialmente los resultados de las actividades de control de calidad sujetas a las actividades técnicas, este incluye informe de auditorías y las acciones preventivas y correctivas aplicadas a cada sistema. (Andrés Hernández, 2001)

Por tanto, estos registros deben ser llevados de manera que se evite su daño o pérdida. Los registros deben ser elaborados y almacenados en cualquier medio, siempre y cuando se certifique su seguridad y confidencialidad ya que es una información de relevante importancia a nivel nacional.

Es importante fijar periodo de tiempo de conservación de los registros, de modo que puedan ser empleados para futuras auditorias, informes de prueba y registro confidencial.

Los registros deben tener la información suficiente de cada evento registrado, así como la fecha de su ejecución.

4.2.5. Mejoramiento del monitoreo de red y administración de fallas

Esto será implementado con la finalidad de brindar una perspectiva diferente en cuanto al monitoreo de las redes de vigilancia que existen a nivel nacional, tras detectar algunos problemas y dificultades en los dispositivos que conforman la red identificados en los capítulos 2 y 3.

Para esto se definirán procesos que permitan tomar decisiones pertinentes de acuerdo a los problemas identificados en cada estación, por lo cual se debe administrar el rendimiento de la red en dos etapas: monitoreo y análisis.

4.2.5.1. Monitoreo

Según el análisis realizado en los capítulos anteriores, es oportuno reforzar el monitoreo de la red, tomando en consideración los parámetros que se describen a continuación:

- **Utilización de enlaces:** es necesario identificar el ancho de banda utilizado en cada uno de los enlaces de la red para evitar colisiones y caídas de los sistemas de comunicaciones.
- **Caracterización del tráfico:** se deben identificar los tipos de tráfico que transitan por la red con el fin de obtener los datos sobre los servicios de red y el patrón en cuanto a su uso.
- **Porcentaje de transmisión y recepción de información:** es indispensable identificar los elementos de red que más solicitudes tiene y atienden para un mejor control de la red.

4.2.5.2. Análisis

Una vez que se tenga la información mediante la actividad de monitoreo, esta debe ser implementada para determinar el comportamiento de la red y tomar las decisiones pertinentes para mejorar su desempeño.

- **Uso elevado:** si se detecta la utilización de un enlace muy alto, se puede incrementar el ancho de banda o agregar otro enlace para balancear las cargas del tráfico.

- **Tráfico inusual:** con la evaluación de monitoreo oportuno, será posible identificar el tráfico inusual que circula por la red, aportando a la resolución de problemas que afecten al rendimiento de la misma.
- **Elementos de la red:** es importante identificar cada uno de los elementos que existen en la red, ya que puede ayudar a la detección de posibles problemas en la misma.
- **Calidad de servicio:** es necesario garantizar mediante mecanismos técnicos de evaluación: tiempo de respuesta y fallo de los sistemas, índices de solución de problemas y planes de mantenimiento, para conseguir el mejoramiento continuo de la red.
- **Control de tráfico:** este puede ser reenviado o ruteado cuando se detecta alguna saturación por un enlace o cuando se encuentra fuera de servicio.

4.2.5.3. Administración de fallas

Esta administración permitirá la localización y resolución oportuna de las situaciones ajenas a la red, identificando como primer punto la falla de manera inmediata, y a continuación el origen de la misma para considerar las posibles soluciones.

Esta administración será evaluada bajo los siguientes conceptos:

- **Monitoreo de alarmas:** se implementará un sistema de alarma que permita la detección de problemas de la red, basado en un estándar de monitoreo SNMP, ya que este protocolo es utilizado en la mayoría de los fabricantes de equipos de red. Las alarmas tendrán niveles de identificación según el comportamiento de la red ya que pueden tener comportamientos críticos o de mayor y menor grado de importancia.

- **Localización de fallas:** este elemento de evaluación permitirá identificar las causas de las fallas, indicando el lugar del problema y el diagnóstico de la misma.
- **Pruebas de diagnóstico:** este parámetro permitirá determinar el origen de una falla, evaluando conectividad física, conectividad lógica y realizando pruebas de medición.
- **Corrección de fallas:** esto permitirá recuperar las fallas a nivel de red, realizando el reemplazo de recursos, cambios en la configuración de equipos en el caso de ser necesario.
- **Administración de reportes:** esto permitirá conocer el estado actual de cada falla reportada.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En referencia al objetivo general de este trabajo de titulación, el Instituto Geofísico no tiene ninguna información documentada sobre el levantamiento y ejecución de gestión por procesos. Bajo este argumento, se identifica una serie de problemas o debilidades encontradas mediante la búsqueda de información basada en los parámetros de la norma TL9000, análisis de la misma y obtención de resultados. Por tanto, a través del análisis realizado en los capítulos 1 y 2 se ha logrado realizar el planteamiento de mejoras a nivel de monitoreo de red, control de registros, mantenimiento correctivo y preventivo de la red, establecimiento de índices de gestión, que permitirán llevar a cabo el desarrollo continuo y profesional de la organización.

Se logró identificar en el capítulo 1 que el Instituto Geofísico posee una instrumentación que permite obtener, registrar y procesar datos de calidad, que constantemente admiten dar respuesta a las reacciones inesperadas de la naturaleza.

De acuerdo a la caracterización realizada en las 6 estaciones con mejor respuesta sísmica evaluadas en el capítulo 2, el 33.3% no poseen un funcionamiento operativo constante, dado a la presencia de varios factores como por ejemplo, daño en los sistemas de alimentación, problemas en enlaces de radios, por estos y otros motivos se pudo identificar problemas a nivel de monitoreo de red, que debe ser mejorado para solventar y mantener un rendimiento operativo de las redes de monitoreo.

Con el análisis realizado en los diferentes escenarios actual y aplicando criterios de la norma TL900, se pudo identificar que es indispensable determinar, recopilar y analizar los datos apropiados para demostrar la idoneidad y eficiencia del sistema de gestión de calidad.

Identificando las causas que provocan las debilidades detectadas en el desarrollo del trabajo de titulación, se pudo establecer un plan de acciones de mejora para incrementar la eficacia y eficiencia de la gestión de calidad de los sistemas de telecomunicaciones del Instituto Geofísico.

Este estudio permitirá al Instituto Geofísico desarrollar una metodología basada en procesos y normas de calidad con el fin de fortalecer y mejorar sus mecanismos internos en búsqueda de la mejora continua y optimización y buen manejo de sus recursos.

A través de este trabajo se pudieron identificar factores críticos que afectan al monitoreo de las redes, por tanto, fue posible establecer índices operativos de eficiencia, que permitan medir el cumplimiento de cada actividad y su impacto en cada tramo operativo de la red.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda al Instituto Geofísico iniciar con la implementación de los indicadores de gestión mencionados en el capítulo 4, ya que permitirá establecer un sistema de control que vaya desde la correcta comprensión de los hechos hasta la toma de decisiones acertadas para mejorar e innovar el proceso de gestión de calidad que se desee implementar según las necesidades.

El Instituto Geofísico debería tener mayor enfoque a la satisfacción de sus servicios y a la fiabilidad de la información, basándose en técnicas de calidad para llevar a cabo proyectos apoyados en el modelo de ciclo de vida, en donde se detallen roles, responsabilidades y organización de cada planificación, para alcanzar la excelencia en su desarrollo continuo y competitivo.

El Instituto Geofísico debe establecer objetivos estratégicos que equilibren sus necesidades, para incrementar sus niveles de respuesta ante las amenazas

naturales, promoviendo la colaboración de todos los grupos de trabajo, para lograr el incremento de productividad ante un sistema de gestión de calidad.

Es importante para el Instituto Geofísico establecer indicadores de seguimiento de cada objetivo planteado para evitar fallos y asegurar la mejora continua de los procesos y la calidad, por tanto, es importante conocer el estado actual de las estaciones de monitoreo, para identificar cuanto de beneficio tendrá el aplicar la norma de calidad TL9000 para el análisis y evaluación de las mismas.

En referencia a los análisis realizados, cabe señalar que es importante que la medición de los procesos sea debidamente identificada, documentada y monitoreada para asegurar la convivencia continua y promover el aumento de la eficiencia de los procesos establecidos en cada área de trabajo del Instituto Geofísico.

REFERENCIAS

- Ampere. (2015). *Instrumentación y Telemetría*. Recuperado el 11 de marzo del 2017 de <http://www.ampere.com.mx/divisiones/detalle/7/Telemetria-y-Radio-modems>
- Andrés Hernández, M. d. (2001). *Sistemas de calidad y acreditación aplicados a laboratorio de prueba*. Sanfandila.
- Bernal, J. J. (2013). Ciclo PDCA(Planificar,Hacer,Verificar y Actuar!):El circulo de Deming de mejora continua. (G. P. Home, Ed.).
- Buettrich, S. (Octubre de 2007). *Cálculo de radioenlaces*. Recuperado el 15 de marzo del 2017 de <http://www.analfatecnicos.net/archivos/24.CalculoDeRadioenlace.pdf>
- Buitrón, R. D. (2010). *Elaboración de una normativa para el diseño y diagnóstico de sistemas fotovoltaicos residenciales autónomos para el Ecuador*. Escuela Politécnica Nacional, Facultad e Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Quito.
- Cardama, Á. R. (1998). *Antenas*. Catalunya: UPC. Recuperado el 18 de marzo del 2017 de [file:///C:/Users/jmejia/Downloads/ANTENAS%20YAGI-UDA%20IMPRESAS%20DE%20DOBLE%20BANDA%20CARGADAS%20CON%20PARTICULAS%20METAMATERIALES%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/jmejia/Downloads/ANTENAS%20YAGI-UDA%20IMPRESAS%20DE%20DOBLE%20BANDA%20CARGADAS%20CON%20PARTICULAS%20METAMATERIALES%20(1).pdf)
- Chinchilla, A. P. (2012). *Estudios Sismológicos con redes sísmicas locales*. Universidad de Almeria.
- Colombiano, S. G. (2017). *Instrumentación*. Recuperado el 12 de marzo del 2017 de Servicio Geológico Colombiano: <http://seisan.sgc.gov.co/RSNC/index.php/red-de-estaciones/instrumentacion>
- Deming. (2016). Ciclo de mejora continua de Deming. Recuperado el 12 de mayo del 2017 de <http://www.patrimonio.umich.mx/SCGISO9001/descargas/sistema-gestion-calidad.pdf>.
- ECU911. (2016). *Agualongo*. Latacunga. Recuperado el 21 de marzo del 2017 de Cámara ECU911.

- Fernández, A. (2002). *Manual y procedimientos de un sistema de alimentación*. Instituto de Fomento Regional.
- Forum, Q. (2012). *Métricas del Sistema de Gestión de Calidad TL9000* (Vol. 2). España: AENOR.
- García, R. (2013). *Monitoreo, evaluación y desarrollo de indicadores*. ICESI.
- Geofísico, I. (2015). *Instituto Geofísico*. Recuperado el 03 de mayo del 2017 de <http://www.igepn.edu.ec/nosotros>
- Geofísico, I. (2017). *Fotografía de digitalizador Q330*. Quito.
- Geotech Instruments, L. (2011). Recuperado el 18 de marzo del 2017 de <http://www.geoinstr.com/pub/manuals/smart24um.pdf>
- González, S. H. (2013). *Puntos de función ajustados para sistemas de información*. Manizales.
- Google Earth . (2017). *Ubicación de estaciones de lahares en el volcán Cotopaxi*.
- Google Earth. (2017). *Ubicación de estaciones banda ancha en el volcán Cotopaxi*.
- Guralp Systems. (2012). *Guralp CMG-40T*. Recuperado el 14 de mayo del 2017 de http://sismic2.iec.cat/orfeus/instrumentation/info_sheets/guralp_cmg-40t.pdf
- Hart, D. R. (2008). *Geotech Smart24 Data Acquisition System*. California: Sandia Corporation.
- Hernández, A. F. (2001). *Sistemas de calidad y acreditación aplicados a laboratorio de prueba*. Sanfandila.
- Herrizaingo, S. (2010). *Mantenimiento de la red de telecomunicaciones del departamento del Interior*. Biskaia.
- Iba. (2017). *OPC Systems*. Recuperado el 20 de mayo del 2017 de <http://www.directindustry.es/prod/iba-ag/product-69905-1738967.html>
- ISO. (2008). *Norma Internacional ISO 9001-2008*. Ginebra.
- ISO. (2015). *El alcance de la norma ISO 9001, Alcance del sistema de gestión de la calidad (SGC) y el Alcance de la certificación*.
- ISO. (2015). *Sistemas de calidad, fundamentos y vocabulario*. Ginebra, Suiza.

- Kinematics. (2015). *Quanterra*. Recuperado el 14 de mayo del 2017 de <http://www.kinematics.com/p-78-Q330.aspx>
- León, M. F. (2008). *Estudio y Diseño de un sistema triple play con criterios de calidad total para una empresa que brinda servicios por suscripción*. Guayaquil.
- Lezama, I. C. (2017). *Indicadores de Gestión y Aplicaciones de Herramientas Calidad*. Recuperado el 02 de junio del 2017 de <http://www.monografias.com/trabajos55/indicadores-gestion/indicadores-gestion2.shtml>
- López, G. F. (2009). *Estandarización de las herramientas de gestión en las telecomunicaciones*. ESPOL, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, Guayaquil.
- Macías, C. (Febrero de 2009). Implementación de un oscilador controlador por voltaje en base a un microcontrolador con selección de frecuencias para el departamento de geofísica. Quito.
- Nanometrics. (2017). *Instrumentación*. Recuperado el 22 de mayo del 2017 de <http://www.nanometrics.ca/seismology/products/trillium-120-Q-QA>
- Ortiz. (10 de Junio de 2011). *Sistemas y calidad total*. Recuperado el 29 de mayo del 2017 de <http://www.sistemasycalidadtotal.com/calidad-total/15-etapas-implementacion-sistema-gestion-de-calidad-iso-9001/#comment-45>
- Quest Forum. (2006). *TL 9000 Quality Management System Measurements Handbook Appendix A Release 4.0*. QuEST Forum.
- Quest Forum. (2014). *TL 9000 Quality Management System Measurements Handbook NPR Examples*.
- Reftek. (2017). *Intrumentación y Telemetría*. (Reftek, Productor) Recuperado el 9 de Julio de 2017 de <http://reftek.com/products/software/rti-software-suite/rt-view/>
- S.A, E. (2003). *Procedimiento de mantenimiento de equipos y máquinas*.
- Saila, H. (2010). *Mantenimiento de la red de telecomunicaciones del departamento del interior*. Biszkaia.
- Santader, U. (2008). *Guía para el manejo de equipos de telecomunicaciones*.

- Softinventive Lab. (2017). Recuperado el 23 de mayo del 2017 de <https://www.softinventive.com/total-network-monitor/>
- Software Toolbox. (2016). Recuperado el 07 de mayo 2017 de <https://www.softwaretoolbox.com/omniserver/html/omniserver.htm>
- SSR, D. (2007). *Tutorial de Radio Mobile*. Recuperado el 25 de mayo del 2017 de <http://www3.fi.mdp.edu.ar/electronica/catedras/mediosdetransmision/files/ManualRadioMobile.pdf>
- Telecom. (2013). *Mediciones comunes para norma TL9000*.
- Toapanta, R. (2016). *Fotografía lahares*.
- Trimble. (2017). *Equipos Sísmicos*. Recuperado el 21 de mayo del 2017 de <http://www.trimble.com/Infrastructure/Trimble-REF-TEK-130S-01.aspx>
- UNAM. (2015). Recuperado el 25 de mayo del 2017 de <http://www.facmed.unam.mx/emc/computo/infomedic/presentac/modulos/ftp/documentos/calidad.pdf>
- Untiveros, S. (2004). *Metodología para administrar redes*. Recuperado el 11 de mayo del 2017 de http://www.aprendaredes.com/downloads/Como_Administrar_Red.es.pdf
- Veracruzana, U. (2017). *Aspectos de Instrumentación*. Recuperado el 15 mayo del 2017 de <https://www.uv.mx/osv/sismologia/aspectos-de-instrumentacion/>
- Viracucha, E. D. (2013). *Sistema informático para el análisis y procesamiento de señales sísmicas*. Revista EPN.
- Yépez, H. J. (Febrero de 2012). Sistema de alerta temprana y gestión de riesgo natural. *Informativo Politécnico*.
- Zambrano, A. M. (2008). *Diseño y desarrollo de un modelo experimental para la auditoría de sistemas de gestión de calidad de empresas del sector de telecomunicaciones*.

ANEXOS

Evaluación con ISO 9001:2008

Parámetros de evaluación	Lista de Verificación ISO 9001:2008			Observaciones
	C(Cumple)	NC(No Cumple)	Parcialmente	
Requisitos Norma ISO 9001:2008				
4 Sistemas de Gestión de calidad				
4.1Requisitos Generales				
a. Determinar los procesos necesarios para el sistema de gestión de calidad y su aplicación a través de la organización.		x		La organización no tiene desarrollado un plan de gestión por procesos por falta de sistemas de gestión de calidad.
b. Determinar la secuencia e interacción de los procesos		x		La organización no tiene desarrollado un plan de gestión por procesos por falta de sistemas de gestión de calidad.
c. Determinar los criterios y métodos necesarios para asegurarse de que tanto la operación como el control de los procesos sean eficaces.		x		La organización no tiene desarrollado un plan de gestión por procesos por falta de sistemas de gestión de calidad.
d. Asegurarse de la disponibilidad de recursos e información necesarios para apoyar la operación y el seguimiento de	x			Existe disponibilidad de recursos pero no existen procesos establecidos basados en una norma de calidad.

estos procesos				
e. Realizar el seguimiento, la medición y el análisis de estos procesos.		x		No se encuentran establecidos los indicadores de gestión, por lo tanto no existe medición y seguimiento del proceso.
5.4 Planificación				
La dirección debe asegurarse de que los objetivos de la calidad, incluyendo aquéllos necesarios para cumplir los requisitos para el producto, se establezcan en las funciones y los niveles pertinentes dentro de la organización.		x		Se tiene una planificación, pero no se ha definido parámetros de evaluación de calidad.
5.4.2 Planificación del sistema de gestión de calidad				
a) La planificación del sistema de gestión de la calidad se realiza con el fin de cumplir los requisitos, así como los objetivos de la calidad.		x		No se cuenta con un manual de la calidad, flujo gramas, mapas de procesos, plan de la calidad y procedimientos.
b) Se mantiene la integridad del sistema de gestión de la calidad cuando se planifican e implementan cambios en éste.		x		No existe una prueba de cómo se manejan los cambios en el sistema de gestión de la calidad.
6.3 Infraestructura				

La organización debe determinar, proporcionar y mantener la infraestructura necesaria para lograr la conformidad con los requisitos del producto. La infraestructura incluye, cuando sea aplicable:	x			
a) Edificios, espacio de trabajo y servicios asociados.	x			
b) Equipo para los procesos, (tanto hardware como software).	x			
c) Servicios de apoyo (tales como transporte, comunicación o sistemas de información).	x			
7.6 Control de los dispositivos de seguimiento y de medición				
La organización debe determinar el seguimiento y la medición a realizar y los dispositivos de medición y seguimiento necesarios para proporcionar la evidencia de la conformidad del			x	No se tienen definidos procesos, ni control de variables. El seguimiento es realizado de manera empírica, mas no con indicadores en base a objetivos estratégicos

producto con los requisitos determinados.				
La organización debe establecer procesos para asegurarse de que el seguimiento y medición pueden realizarse y se realizan de una manera coherente con los requisitos de seguimiento y medición.		x		
Cuando sea necesario asegurarse de la validez de los resultados, el equipo de medición debe:				
a) Calibrarse o verificarse a intervalos especificados o antes de su utilización, comparado con patrones de medición trazables a patrones de mediciones nacionales o internacionales; cuando no existan tales patrones debe registrarse la base utilizada para la calibración o la verificación.	x			
b) Ajustarse o reajustarse según sea necesario.	x			

c) identificarse para poder determinar el estado de calibración.	x			
d) Protegerse contra ajustes que pudieran invalidar el resultado de la medición.	x			
e) Protegerse contra los daños y el deterioro durante la manipulación, el mantenimiento y el almacenamiento.		x		No se tiene en algunas ocasiones cuidado en la manipulación de equipos cuando se encuentran calibrados.
Además, la organización debe evaluar y registrar la validez de los resultados de las mediciones anteriores cuando se detecte que el equipo no está conforme con los requisitos.	x			
La organización debe tomar las acciones apropiadas sobre el equipo y sobre cualquier producto afectado.		x		Algunos equipos no son reparados de forma inmediata por falta de presupuesto.
Deben mantenerse registros de los resultados de la calibración y la verificación		x		No se llevan registros de los resultados de la calibración y verificación de equipos
Debe confirmarse la capacidad de los				

programas informáticos para satisfacer su aplicación prevista cuando éstos se utilicen en las actividades de seguimiento y medición de los requisitos especificados.	x			
8 Medición, análisis y mejora				
La organización debe planificar e implementar los procesos de seguimiento, medición, análisis y mejora necesarios para:	x			
a) Demostrar la conformidad del producto.	x			
b) Asegurarse de la conformidad del sistema de gestión de la calidad, y		x		No se tienen registros de evaluación de conformidad
c) Mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión de la calidad.		x		No se tienen registros de evaluación de conformidad
8.2 Seguimiento y medición				
8.2.1 Satisfacción del cliente				
Como una de las medidas del desempeño del		x		No se tiene una metodología establecida para el

sistema de gestión de la calidad, la organización debe realizar el seguimiento de la información relativa a la percepción del cliente con respecto al cumplimiento de sus requisitos por parte de la organización.				seguimiento oportuno de la información.
8.2.3 Seguimiento y medición de los procesos				
La organización debe aplicar métodos apropiados para el seguimiento, y cuando sea aplicable, la medición de los procesos del sistema de gestión de la calidad.		x		No se tiene procesos basados en sistemas de gestión de calidad.
Estos métodos deben demostrar la capacidad de los procesos para alcanzar los resultados planificados.	x			Se tienen procesos planificados pero no basados a un sistema de calidad.
Cuando no se alcancen los resultados planificados, deben llevarse a cabo correcciones y acciones correctivas, según sea conveniente.	x			

8.2.4 Seguimiento y medición del producto				
La organización debe hacer el seguimiento y medir las características del producto para verificar que se cumplen los requisitos del mismo.	x			
Esto debe realizarse en las etapas apropiadas del proceso de realización del producto de acuerdo con las disposiciones planificadas	x			
Debe mantenerse evidencia de la conformidad con los criterios de aceptación. Los registros deben indicar la(s) persona(s) que autoriza(n) la liberación del producto		x		No se lleva un registro oportuno y organizado de liberación de productos a campo para la instalación y mantenimiento.
La liberación del producto y la prestación del servicio al cliente no deben llevarse a cabo hasta que se hayan completado satisfactoriamente las disposiciones planificadas, a menos que sean aprobados		x		No se lleva un registro oportuno y organizado de liberación de productos a campo para la instalación y mantenimiento.

de otra manera por una autoridad pertinente y, cuando corresponda, por el cliente.				
8.4 Análisis de datos				
La organización debe determinar, recopilar y analizar los datos apropiados para demostrar la idoneidad y la eficacia del sistema de gestión de la calidad y para evaluar dónde puede realizarse la mejora continua de la eficacia del sistema de gestión de la calidad.	x			Existe análisis de datos, pero no son realizados bajo una norma de calidad.

Tomado de (ISO, 2008)

